

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 330**

51 Int. Cl.:

H04S 5/00 (2006.01)

H04S 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2016 PCT/EP2016/056618**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16156237**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2016 E 16711670 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.02.2019 EP 3257270**

54 Título: **Aparato y procedimiento para el procesamiento de señales estéreo para la reproducción en automóviles, para lograr un sonido tridimensional individual por los altavoces frontales**

30 Prioridad:

27.03.2015 EP 15161402

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

20.06.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HESS, WOLFGANG;
HELLMUTH, OLIVER;
VARGA, STEFAN;
HABETS, EMANUEL;
PLOGSTIES, JAN y
HERRE, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 717 330 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 procedimiento para el procesamiento de señales estéreo para la reproducción en automóviles, para lograr un sonido tridimensional individual por los altavoces frontales

5

[0001] Las formas de realización se refieren a un procesador digital y, de manera específica, a un procesador digital para el procesamiento de una señal, por ejemplo, para la reproducción del sonido tridimensional en vehículos. Algunas formas de realización se refieren a un aparato y un procedimiento para el procesamiento de una señal estéreo para la reproducción en automóviles, para lograr el sonido tridimensional individual por los altavoces frontales.

10

[0002] De manera convencional, un sistema de sonido 3-D de múltiples canales con múltiples altavoces, que consiste en más de 20 altavoces, se utiliza para la reproducción del sonido tridimensional en vehículos. Tal sistema de sonido de múltiples canales con múltiples altavoces comprende en un área frontal del vehículo, un altavoz del canal central, un altavoz del canal derecho frontal y un altavoz del canal izquierdo frontal. El altavoz del canal central puede colocarse en el centro del tablero, en el que los altavoces del canal derecho frontal y el canal izquierdo frontal pueden colocarse en las puertas frontales del vehículo o en las posiciones derecha e izquierda externas en el tablero. Además, el sistema de sonido de múltiples canales con múltiples altavoces comprende en el área trasera del vehículo, un altavoz del canal derecho trasero (o derecho envolvente) y un altavoz del canal izquierdo trasero (o izquierdo envolvente). Los altavoces del canal derecho trasero e izquierdo trasero pueden colocarse en las puertas traseras del vehículo o en las posiciones derecha e izquierda externas en una plataforma trasera del vehículo. Opcionalmente, el sistema de múltiples canales con múltiples altavoces puede comprender al menos un subwoofer (altavoz de graves).

15

20

[0003] Sin embargo, un sistema de sonido 3-D de múltiples canales con múltiples altavoces convencional, requiere un alto esfuerzo de cableado y un alto número de amplificadores de potencia. Además, se requiere un procesamiento de audio complejo con el fin de obtener las señales para los diferentes canales del sistema de sonido de múltiples canales con múltiples altavoces basado en una señal estéreo.

25

[0004] ANDREAS WALTHER ET AL, "Direct-ambient decomposition and upmix of surround signals" (descomposición ambiental directa y mezcla ascendente de señales envolventes), APPLICATIONS OF SIGNAL PROCESSING TO AUDIO AND ACOUSTICS (WASPAA) (APLICACIONES DE PROCESAMIENTO DE SEÑAL A AUDIO Y ACÚSTICA), 2011 IEEE WORKSHOP ON, IEEE, (20111016), doi:10.1109/ASPAA.2011.6082279, ISBN 978-1-4577-0692-9, páginas 277 – 280 describe la descomposición de una señal de audio envolvente de múltiples canales mediante la estimación de componentes de señal ambiental y directa en una mezcla descendente de la señal envolvente. Estas estimaciones se utilizan a continuación para computar filtros para obtener señales envolventes ambientales y directas. Los filtros de extracción de sonido ambiental y directo WD y WA se computan a partir de los espectros de una versión de mezcla descendente estéreo de la señal de entrada envolvente de canal N. Posteriormente, los filtros de extracción de sonido ambiental y directo WD y WA se aplican de forma independiente a la señal de entrada envolvente de canal N, para obtener una señal de sonido ambiental de canal N y una señal de sonido directa de canal N.

30

35

40

[0005] KOWALCZYK KONRAD ET AL, "Parametric Spatial Sound Processing: A flexible and efficient solution to sound scene acquisition, modification, and reproduction" (Procesamiento de sonido espacial paramétrico: una solución flexible y eficaz para la adquisición, modificación y reproducción de escena sonora), IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, EE.UU., vol. 32, no. 2, doi:10.1109/MSP.2014.2369531, ISSN 1053-5888, (20150301), páginas 31 - 42, (20150210) describe la adquisición de sonido espacial y posterior procesamiento. En el lado de grabación, se lleva a cabo un análisis espacial. El análisis espacial proporciona (1) sonidos directos, (2) sonidos difusos y (3) parámetros desde la señal de micrófono. Estos tres componentes, que son generados en el lado de grabación, se utilizan en el lado de reproducción (procesamiento y síntesis) para reproducir las señales de altavoz.

45

50

[0006] FALLER CHRISTOF, "Matrix Surround Revisited" (matriz envolvente re-visitada), AES, 60 EAST 42ND STREET, ROOM 2520 NUEVA YORK 10165-2520, EE.UU., (20070315), páginas 1 – 7 se refiere a la decodificación envolvente de matriz. Una señal estéreo codificada de matriz, por ejemplo, una señal envolvente Dolby, se descompone en un canal de sonido directo y dos canales de sonido ambiental. Estos dos canales de sonido ambiental se acaban de añadir a los canales derecho frontal e izquierdo frontal de las señales de salida envolventes, sin ningún procesamiento de señal adicional anterior a la adición.

55

[0007] GOODWIN MICHAEL ET AL, "Spatial Audio Scene Coding" (codificación de escena de audio espacial), AES CONVENTION 125; OCTUBRE DE 2008, AES, 60 EAST 42ND STREET, ROOM 2520 NUEVA YORK 10165-2520, EE.UU., (20081001) se refiere a una representación de una escena de audio de entrada de una forma que es independiente de cualquier formato de reproducción asumida o pensada. - 1b –

60

[0008] LEE TAEGYU ET AL, "Stereo upmix-based binaural auralization for mobile devices" (auralización

65

binaural basada en mezcla ascendente estéreo para dispositivos móviles), IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, NUEVA YORK, NY, EE.UU., vol. 60, no. 3, doi:10.1109/TCE.2014.6937325, ISSN 0098-3063, (20140801), páginas 411 - 419, (20141028) se refiere a una técnica de mezcla ascendente virtual estéreo a múltiples canales. Una señal primaria, una señal ambiental izquierda y una señal ambiental derecha se introducen en el algoritmo de síntesis binaural basado en mezcla ascendente virtual. De este modo, las señales ambientales independientes se añaden a los canales FL y FR, es decir, las versiones no procesadas de las señales ambientales. Un procesamiento de las señales ambientales se describe solo con respecto a la generación de las señales envolventes.

10 **[0009]** La solicitud de patente US 2014/0064527-A1 describe un aparato para la generación de una señal de salida que tiene al menos dos canales de salida a partir de una señal de entrada que tiene al menos dos canales de entrada. El aparato tiene un descomponedor directo/ambiental, una unidad de modificación ambiental y una unidad de combinación. El descomponedor directo/ambiental está adaptado para descomponer al menos dos canales de entrada de la señal de entrada de tal forma que cada uno de los al menos dos canales de entrada esté descompuesto en una señal de un primer grupo de señal y en una señal de un segundo grupo de señal. La unidad de modificación ambiental está adaptada para modificar una señal del grupo de señal ambiental o una señal derivada de una señal del grupo de señal ambiental para obtener una señal modificada como un primer canal de salida. La unidad de combinación está adaptada para combinar una señal del grupo de señal ambiente o una señal derivada de una señal del grupo de señal ambiental y una señal del grupo de señal directo o una señal derivada de una señal del grupo de señal directa como un segundo canal de salida.

25 **[0010]** VILLE PULKKI "Spatial Sound Reproduction with Directional Audio Coding" (reproducción de sonido espacial con codificación de audio direccional), JOURNAL OF AUDIO ENGINEERING SOCIETY, AES, vol. 55, no. 6, 5 de abril de 2007 (2007-04-05), páginas 503-516, NUEVA YORK, EE.UU." presenta la Codificación de audio direccional (DirAC) como un procedimiento para la representación de sonido espacial, aplicable para diferentes sistemas de reproducción de sonido. En la parte de análisis, la dispersión y dirección de la llegada de sonido se estiman en una única ubicación que depende del tiempo y la frecuencia. En la parte de síntesis, las señales del micrófono se dividen primero en partes difusas y no difusas y se reproducen a continuación mediante el uso de diferentes estrategias. DirAC se desarrolla a partir de una tecnología existente para la reproducción de respuesta al impulso, la reproducción de respuesta al impulso espacial (SIRR) y se describen implementaciones de DirAC para diferentes aplicaciones.

35 **[0011]** Es el objeto de la presente invención, proporcionar un concepto para reproducir una señal estéreo en tres dimensiones en un vehículo, que requiera menos complejidad de integración, un número reducido de altavoces y que tenga demandas de procesamiento del audio reducidas.

40 **[0012]** Este objeto se soluciona por un procesador digital según la reivindicación 1, un sistema de reproducción de altavoz según la reivindicación 7, un procedimiento según la reivindicación 8 y un producto de programa informático según la reivindicación 9.

45 **[0013]** Según el concepto de la presente invención, la etapa de procesamiento del audio del efecto espacial está configurada para llevar a cabo el procesamiento del audio del efecto espacial en la porción ambiental de la señal estéreo, con el fin de añadir un efecto espacial (por ejemplo, al menos una de la dimensión de la etapa acústica y la envolvente acústica) a la señal individual estéreo de la etapa del sonido mediante la combinación de la señal individual estéreo de la etapa del sonido y la señal del efecto espacial.

[0014] El procesador digital comprende una etapa de procesamiento de múltiples canales configurada para procesar la señal estéreo, para obtener una versión procesada de la señal estéreo.

50 **[0015]** La etapa de procesamiento de múltiples canales está configurada para generar una señal individual estéreo de la etapa del sonido (= versión procesada de la señal estéreo), basándose en la señal estéreo. La señal individual estéreo de la etapa del sonido comprende uno o dos canales más que la señal estéreo. La señal individual estéreo de la etapa del sonido se utiliza para generar con el sistema de reproducción de altavoces, al menos dos etapas individuales del sonido estéreo, para al menos dos posiciones de escucha diferentes.

55 **[0016]** La etapa de procesamiento de múltiples canales está configurada para generar una señal individual de la etapa del sonido estéreo, basada en la señal estéreo para generar, por ejemplo, con un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres o cuatro altavoces, al menos dos etapas individuales del sonido estéreo para al menos dos posiciones de escucha diferentes.

60 **[0017]** La etapa de procesamiento del efecto espacial comprende una etapa de binauralización configurada para aplicar filtros binaurales espaciales (o filtros binaurales adaptados para mejorar una dimensión de la etapa acústica, por ejemplo, en al menos uno del ancho de la etapa acústica y la altura de la etapa acústica), a la versión procesada de la porción ambiental de la señal estéreo.

65

[0018] La etapa de binauralización está configurada para aplicar el mismo filtro binaural o filtros binaurales a los canales de la versión procesada de la porción ambiental de la señal estéreo correspondiente a posiciones de escucha diferentes.

5 **[0019]** La etapa de procesamiento del efecto espacial comprende un modificador de la envolvente del oyente configurado para aplicar filtros binaurales de la envolvente del oyente (o filtros binaurales adaptados para mejorar una envolvente acústica (del oyente)), a la versión procesada de la porción ambiental de la señal estéreo.

[0020] La etapa de procesamiento del efecto espacial comprende un decorrelacionador configurado para
10 decorrelacionar la porción ambiental de la señal estéreo, para obtener una señal decorrelacionada.

[0021] La señal decorrelacionada comprende dos o más canales que la señal estéreo.

[0022] La etapa de binauralización está configurada para aplicar los filtros binaurales espaciales a la señal
15 decorrelacionada o una versión procesada de la misma (por ejemplo, procesada por el modificador de la envolvente del oyente).

[0023] El modificador de la envolvente del oyente está configurado para aplicar los filtros binaurales de
20 envolvente a la señal decorrelacionada o a una versión procesada de la misma (por ejemplo, procesada por la etapa de binauralización).

[0024] El procesador digital comprende un sumador, configurado para sumar por canal la versión procesada de la señal estéreo con la señal del efecto espacial.

25 **[0025]** Los filtros binaurales espaciales pueden corresponder a respuestas al impulso de la trayectoria del sonido directa.

[0026] Por ejemplo, los filtros binaurales pueden corresponder a respuestas al impulso de las trayectorias del
30 sonido entre una posición de escucha (o un oyente (por ejemplo, los oídos de un oyente), por ejemplo, representadas por una cabeza de maniquí con uno o más micrófonos colocados o dispuestos en la posición de escucha), y al menos dos fuentes de audio (por ejemplo, altavoces), colocadas o dispuestas en posiciones diferentes con respecto a la posición de escucha. Los filtros binaurales pueden obtenerse, por ejemplo, midiendo las respuestas al impulso de las dos fuentes de audio colocadas en un triángulo estéreo de al menos dos de 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, 100°, 110° y 120° con respecto a la posición de escucha y determinando una convolución de
35 las respuestas al impulso medidas.

[0027] Los filtros binaurales de la envolvente del oyente pueden corresponder a las respuestas de impulso de la sala binaural.

40 **[0028]** Por ejemplo, el filtro binaural puede corresponder a una respuesta al impulso de una sala que rodea (por ejemplo, a un lado y/o detrás) una posición de escucha (o un oyente (por ejemplo, los oídos de un oyente), por ejemplo, representada por una cabeza de maniquí con uno o más micrófonos colocados o dispuestos en la posición de escucha). El filtro binaural puede obtenerse, por ejemplo, midiendo una respuesta al impulso entre al menos una fuente de audio (por ejemplo, altavoz) colocada a un lado o detrás de la posición de escucha.

45 **[0029]** El modificador de la envolvente del oyente está configurado para aplicar diferentes filtros binaurales a los canales de la señal estéreo o la versión procesada de la misma, que corresponden a diferentes posiciones de escucha.

50 **[0030]** En las formas de realización, la etapa de procesamiento del efecto espacial puede comprender una etapa de retraso configurada para retrasar una versión procesada de la porción ambiental de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por al menos uno de la etapa de binauralización y el modificador de la envolvente del oyente.

[0031] En las formas de realización, la etapa de procesamiento del efecto espacial puede comprender una
55 etapa de ajuste de la intensidad del efecto espacial configurada para ajustar una intensidad del efecto espacial de una versión procesada de la porción ambiental de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por al menos uno de la etapa de binauralización y el modificador de la envolvente del oyente.

[0032] En las formas de realización, la etapa de procesamiento del efecto espacial puede comprender una
60 etapa de ajuste del efecto de la dimensión de la etapa acústica, configurada para ajustar una intensidad del efecto de la dimensión de la etapa acústica de una versión procesada de la porción ambiental de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por la etapa de binauralización.

[0033] En las formas de realización, la etapa de procesamiento del efecto espacial puede comprender una
65 etapa de ajuste del efecto de la envolvente del oyente configurada para ajustar una intensidad del efecto de una

versión procesada de la porción ambiental de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por el modificador de la envolvente del oyente.

5 **[0034]** En las formas de realización, la señal del efecto espacial proporcionada por la etapa del efecto espacial puede ser una versión procesada de la porción ambiental de la señal del efecto estéreo procesada por al menos uno de la etapa de binauralización y el modificador de la envolvente del oyente, y opcionalmente, procesarse de manera adicional por al menos una de la etapa de retraso y la etapa de ajuste del efecto (por ejemplo, etapa de ajuste de la intensidad del efecto espacial, etapa de ajuste del efecto de la dimensión de la etapa acústica o etapa de ajuste del efecto de la envolvente del oyente).

10 **[0035]** Las formas de realización adicionales se refieren a un sistema de reproducción de altavoces para un vehículo. El sistema comprende el procesador digital descrito anteriormente y tres o cuatro altavoces frontales configurados para reproducir la señal proporcionada por el procesador digital.

15 **[0036]** Las formas de realización de la presente invención se describen en esta invención haciendo referencia a las figuras anexas.

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador digital según una forma de realización; La Figura 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador digital según una forma de realización adicional;

20 La Figura 3 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador digital según una forma de realización adicional;

La Figura 4 muestra una vista esquemática de una disposición de medición para obtener los filtros binaurales del modificador de la envolvente del oyente, según una forma de realización;

25 La Figura 5 muestra una vista superior esquemática de un vehículo con un sistema de reproducción de altavoces, que comprende un procesador digital y cuatro altavoces, según una forma de realización;

La Figura 6 muestra una vista superior esquemática del vehículo con el sistema de reproducción de altavoces mostrado en la Figura 5 que indica además la dimensión de la etapa acústica y la envolvente del oyente;

30 La Figura 7 muestra una vista esquemática de una estructura de procesamiento del filtro de las etapas de binauralización y modificación de la envolvente de la etapa de procesamiento del efecto espacial; y

La Figura 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para el procesamiento de una señal, según una forma de realización.

35 **[0037]** Los elementos iguales o equivalentes o los elementos con una funcionalidad igual o equivalente se denotan en la siguiente descripción mediante números de referencia iguales o equivalentes.

[0038] En la siguiente descripción, una pluralidad de detalles se expone para proporcionar una explicación más completa de las formas de realización de la presente invención. En otras palabras, las estructuras y dispositivos bien conocidos se muestran en forma de diagrama de bloques más que en detalle, con el fin de evitar oscurecer las formas de realización de la presente invención. En la parte restante de la descripción, el término "múltiples canales" se leerá "estéreo".

45 **[0039]** La Figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procesador digital 100 según una forma de realización. El procesador digital 100 comprende un extractor de la porción del sonido ambiental 102 y una etapa del procesamiento del sonido del efecto espacial 104. El extractor de la porción del sonido ambiental 102 se configura para extraer una porción ambiental de una señal de múltiples canales 106. La etapa del procesamiento del sonido del efecto espacial 104 se configura para generar una señal del efecto espacial 108, basada en la porción ambiental 110 de la señal de múltiples canales. El procesador digital 100 se configura para combinar la señal de múltiples canales 106 o una versión procesada 112 de la señal de múltiples canales con la señal del efecto espacial 50 108.

[0040] Como se muestra en la Figura 1, el procesador digital 100 comprende una etapa de procesamiento del audio de múltiples canales 114, configurada para procesar la señal de múltiples canales 106, para obtener la versión procesada 112 de la señal de múltiples canales. Así, el procesador digital 100 está configurado para combinar la 55 versión procesada 112 de la señal de múltiples canales y la señal del efecto espacial 108, por ejemplo, utilizando una etapa de combinación 116.

[0041] La etapa de procesamiento del audio de múltiples canales 114 puede configurarse para generar una señal individual de múltiples canales de la etapa del sonido 112 (= versión procesada de la señal de múltiples canales), basada en la señal de múltiples canales 106. La señal de la etapa del sonido de múltiples canales individual 112 puede utilizarse para generar, por ejemplo, con un sistema de reproducción de altavoces, al menos dos etapas del sonido de múltiples canales individuales para al menos dos posiciones de escucha diferentes.

[0042] La etapa de procesamiento del audio del efecto espacial 104 puede configurarse para realizar el 65 procesamiento del audio del efecto espacial en la porción ambiental de la señal de múltiples canales 106, con el fin

de añadir un efecto espacial (por ejemplo, al menos uno de la dimensión de la etapa acústica y la envolvente acústica), a la señal de la etapa del sonido de múltiples canales individual 112, combinando la señal de la etapa del sonido de múltiples canales individual 112 y la señal del efecto espacial 108.

5 **[0043]** La dimensión de la etapa acústica (ASD) describe la combinación del ancho de la etapa acústica (extensión horizontal del campo del sonido enfrente del oyente), y la altura de la etapa acústica (extensión espacial vertical del campo del sonido enfrente del oyente).

[0044] La envolvente del oyente (LEV), describe la envolvente acústica (circundante) por el sonido del oyente
10 percibido a los lados y detrás del oyente.

[0045] En lo siguiente, se describen las formas de realización que están dirigidas a reproducir una señal estéreo en un vehículo. De este modo, la etapa de procesamiento de múltiples canales 114 está configurada para generar una señal de la etapa del sonido estéreo individual 112, basada en la señal estéreo 106 para generar con un sistema de reproducción de altavoces, al menos dos etapas del sonido estéreo individuales para al menos dos
15 posiciones de escucha diferentes, es decir, una posición del conductor y una posición del pasajero frontal.

[0046] Con detalle, la reproducción de las señales de entrada estéreo como señales del sonido tridimensional en un vehículo (por ejemplo, automóvil), puede lograrse por dos pares de altavoces montados en un tablero enfrente
20 de los oyentes (o tres altavoces = uno central y dos altavoces montados cerca del pilar A en el tablero). La extensión espacial acústica de la etapa del sonido enfrente del oyente puede percibirse horizontalmente en el ancho y verticalmente en la altura, la envolvente espacial acústica se percibe a los lados y en la parte trasera, es decir, se genera la profundidad espacial y el entorno espacial.

25 **[0047]** La idea básica es superponer una etapa del sonido estéreo estándar de última tecnología, estable, que también pueda reproducirse como una señal estéreo (independiente), mediante el procesamiento del sonido ambiental, añadiendo un campo del sonido tridimensional. La información del sonido ambiental puede calcularse de la señal estéreo original 106 (extrayendo la información espacial de la señal estéreo), puede binauralizarse y formarse espacialmente mediante las respuestas al impulso medidas modificadas y el procesamiento espectral. Así,
30 al menos uno de la altura de la etapa acústica, el ancho de la etapa acústica y el sonido envolvente pueden procesarse dependiendo de la mezcla de la señal de origen con los filtros digitales estáticos, que pueden ajustarse para la percepción espacial individual óptima en el ancho y altura de la etapa y la envolvente.

[0048] Después de una o más etapas de retraso, la intensidad del efecto tridimensional puede ajustarse (o ponderarse) antes de que esta señal 108 se mezcle por encima de la señal de audio de la etapa frontal del sonido
35 estéreo 112. Una unidad de generación de la salida puede mandar las señales a dos pares de altavoces o tres altavoces montados enfrente de los dos asientos frontales en el tablero de un automóvil.

[0049] En lo siguiente, un procesamiento en serie del algoritmo tridimensional se describe con respecto a la
40 Figura 2, y un procesamiento paralelo del algoritmo tridimensional, que permite una mejor escalabilidad del campo del sonido tridimensional, se describe con respecto a la Figura 3.

[0050] La Figura 2 muestra un diagrama de bloques esquemático del procesador de audio 100 según una forma de realización adicional. El procesador del sonido 100 comprende el extractor de la porción del sonido
45 ambiental (descomposición del sonido directo/ambiental) 102, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 y la etapa de combinación 116.

[0051] La decorrelación de los dos canales de entrada puede utilizarse para ambos canales centrales únicamente, o también para todos los cuatro canales. La binauralización de la etapa frontal puede hacerse por las
50 respuestas al impulso binaural de la sala medidas y sintonizadas, medidas en una sala estándar, por ejemplo, un estudio o una sala de estar.

[0052] En detalle, como se muestra en la Figura 2, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 comprende un decorrelacionador 120 configurado para decorrelacionar la porción ambiental 110 de la señal estéreo,
55 para obtener una señal decorrelacionada 122. La señal decorrelacionada 122 comprende cuatro canales.

[0053] Además, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 comprende una etapa de binauralización 124. La etapa de binauralización 124 puede configurarse para aplicar los filtros binaurales espaciales (o filtros binaurales adaptados para mejorar una dimensión de la etapa acústica, por ejemplo, al menos uno del ancho de la
60 etapa acústica y la altura de la etapa acústica) a la porción ambiental 110 de la señal estéreo o una versión procesada de la misma, por ejemplo, a la señal decorrelacionada 122 en la forma de realización mostrada en la Figura 2.

[0054] La etapa de binauralización 124 o el bloque de binauralización consiste en filtros binaurales idénticos
65 para el asiento del conductor y el asiento del copiloto. Debido a los filtros espaciales idénticos y a las posiciones

simétricas de los altavoces, el procesamiento de sintonización acústica se simplifica en gran medida, puesto que los ajustes para ambos asientos son idénticos. Estos filtros binaurales pueden medirse de manera acústica en salas como se ha descrito anteriormente. Para la etapa de binauralización, puede utilizarse una sala estándar o un automóvil para la medición. Ahí, dos altavoces pueden colocarse de manera simétrica enfrente de una cabeza de maniquí montada en un torso o un usuario. Las respuestas al impulso de esos altavoces pueden medirse. Estos pares de altavoces pueden colocarse en un triángulo estéreo a 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, 100°, 110° o 120°, en relación con la dirección frontal del oyente. Sin embargo, también pueden utilizarse filtros simulados generados por una simulación en una sala acústica. La convolución de estas respuestas al impulso en la forma de filtros de respuesta al impulso finita (FIR equivalentes a las respuestas al impulso binaural de la sala), puede hacerse en el dominio del tiempo, el dominio de la frecuencia (procedimientos overlap-save u overlap-add) o en el dominio del blanco de filtros QMF (QMR = filtro espejo en cuadratura), véase la estructura de procesamiento del filtro de la Figura 7.

[0055] La versión procesada 126 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por la etapa de binauralización 124, comprende uno o dos canales más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 126 procesada por la etapa de binauralización 124, puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces, o para el procesamiento adicional).

[0056] Además, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 comprende un modificador de la envolvente del oyente 128, configurado para aplicar los filtros binaurales de envolvente del oyente (o filtros binaurales adaptados para mejorar una envolvente acústica (del oyente)) a la porción ambiental 110 de la señal de múltiples canales o una versión procesada de la misma, por ejemplo, a la señal 126 procesada por la etapa de binauralización 126 en la forma de realización mostrada en la Figura 2.

[0057] Para el modificador de la envolvente 128 (o el bloque de modificación de la envolvente o etapa de envolvente), puede utilizarse una medición dentro del automóvil que mide las respuestas al impulso de los altavoces detrás del oyente. En estas mediciones, una cabeza de maniquí en un torso [Hess, W. y J. Weishäupl, "Replication of Human Head Movements in 3 Dimensions by a Mechanical Joint", en Proc. ICASA International Conference on Spatial Acoustics, Erlangen, Alemania, 2014.], un micrófono esférico o un baffle (deflector) [Jecklin, J.: "A different way to record classical music", en J. Audio Eng. Soc, Vol. 29 tomo 5 pp., 329 – 332, 1981], puede utilizarse para asegurar una separación del canal de audio del canal de medición del oído izquierdo y derecho. En el automóvil, la cabeza de maniquí o el micrófono puede colocarse en el asiento frontal. En cada asiento frontal, puede hacerse una medición, de manera que pueden medirse dos respuestas diferentes al impulso binaural desde la sala. Un altavoz puede medirse o una combinación de más de uno, véase la Figura 4. Véase la estructura de procesamiento del filtro en la Figura 7.

[0058] La versión procesada 130 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por el modificador de la envolvente 128 comprende al menos un canal más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 126 procesada por el modificador de la envolvente 128 puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces, o para un procesamiento adicional).

[0059] Además, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 puede comprender una etapa de retraso 132, configurada para retrasar una versión procesada de la porción ambiental 110 de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por al menos uno de la etapa de binauralización 124 y el modificador de la envolvente del oyente 128, por ejemplo, la señal 130 procesada por el modificador de la envolvente 128 en la forma de realización mostrada en la Figura 2.

[0060] La versión procesada 134 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por la etapa de retraso 132 comprende al menos un canal más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 134 procesada por la etapa de retraso puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces).

[0061] Además, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 puede comprender una etapa de ajuste de la intensidad del efecto espacial 136, configurada para ajustar una intensidad del efecto espacial de una versión procesada de la porción ambiental 110 de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por al menos uno de la etapa de binauralización 124 y el modificador de la envolvente del oyente 128, o una versión procesada adicional de la misma, por ejemplo, la señal 134 procesada por la etapa de retraso 134 en la forma de realización mostrada en la Figura 2.

[0062] La versión procesada 138 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por la etapa de ajuste de la intensidad del efecto espacial 136 comprende uno o dos canales más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 138 procesada por la etapa de ajuste de la intensidad del efecto espacial 136, puede comprender

tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces, o para un procesamiento adicional).

5 **[0063]** La señal del efecto espacial 108 proporcionada por la etapa del efecto espacial 104 es una versión procesada de la porción ambiental 110 de la señal estéreo procesada por al menos uno de la etapa de binauralización 124 y el modificador de la envolvente del oyente 128, y procesarse opcionalmente de manera adicional por al menos una de la etapa de retraso 132 y la etapa de ajuste de la intensidad del efecto espacial 136, por ejemplo, la señal 138 procesada por la etapa de ajuste de la intensidad del efecto espacial 136.

10

[0064] El procesador del sonido 100 puede comprender, además, una etapa de procesamiento estéreo (generación de la etapa frontal) 114, configurada para generar una señal individual de la etapa del sonido estéreo 112, basada en la señal estéreo 106, para generar con un sistema de reproducción de altavoces que tiene tres o cuatro altavoces, al menos dos etapas del sonido estéreo individuales para al menos dos posiciones de escucha diferentes, es decir, una posición del conductor y una posición del pasajero frontal.

15 **[0065]** La señal individual de la etapa del sonido estéreo 112 proporcionada por la etapa de procesamiento estéreo 114, puede comprender al menos un canal más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal individual de la etapa del sonido estéreo 112 puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces).

20 **[0066]** La etapa de combinación 116, por ejemplo, sumador, puede configurarse para combinar por canal la señal individual de la etapa del sonido estéreo 112 y la señal del efecto espacial 108, es decir, la señal individual de la etapa del sonido estéreo 112 y la señal del efecto espacial 108 pueden comprender el mismo número de canales.

25 **[0067]** La señal 140 proporcionada por la etapa de combinación 116, puede comprender al menos un canal más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 140 proporcionada por la etapa de combinación 116 puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces).

30 **[0068]** El procesador del sonido 100 puede comprender una unidad de generación de salida de cuatro canales 142 configurada para generar una señal de salida de cuatro canales 144, que comprende cuatro canales (izquierdo izquierdo (LL), izquierdo derecho (LR), derecho izquierdo (RL), derecho derecho (RR)) (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces), basada en la señal 140 procesada por la etapa de combinación 116.

35 **[0069]** De manera alternativa, el procesador del sonido 100 puede comprender una unidad de generación de salida de tres canales 146 configurada para generar una señal de salida de tres canales 148, que comprende tres canales (izquierdo (LL), central (CNTR), derecho (RR)) (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces), basado en la señal 140 procesada por la etapa de combinación 116.

40 **[0070]** La Figura 3 muestra un diagrama de bloques esquemático del procesador de audio 100 según una forma de realización adicional. El procesador del sonido 100 comprende el extractor de la porción del sonido ambiental (descomposición del sonido directo/ambiental) 102, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 y la etapa de combinación 116.

45 **[0071]** La unidad de descomposición del sonido directo/ambiental 102 funciona como una unidad de procesamiento dinámica, dependiente de la señal de entrada. Estos algoritmos son bien conocidos a partir de la bibliografía, véase por ejemplo [WALTHER ANDREAS ET AL: "Direct-ambient decomposition and upmix of surround signals", APPLICATIONS OF SIGNAL PROCESSING TO AUDIO AND ACOUSTICS (WASPAA), 2811 IEEE WORKSHOP ON, IEEE, 16 de Octubre del 2011] y [GAMPP PATRICK; HABETS EMANUEL; KRATZ MICHAEL; UHLE CHRISTIAN: APPARATUS AND METHOD FOR MULTICHANNEL DIRECT-AMBIENT DECOMPOSITION FOR AUDIO SIGNAL PROCESSING, Familia de Patentes números: 57367305 (WO14135235A1), publicada en 55 20131023]. Todos los algoritmos siguientes son de naturaleza estática. Únicamente los filtros estáticos y la convolución en bloques de baja latencia (por ejemplo, procedimiento overlap-add u overlap-save) se utilizan para formar la señal a través de los filtros digitales de la respuesta al impulso finita en el bloque de "Binauralización" y "Modificación de la envolvente".

60 **[0072]** En detalle, como se muestra en la Figura 3, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 puede comprender un decorrelacionador 120 configurado para decorrelacionar la porción ambiental 110 de la señal estéreo, para obtener una señal decorrelacionada 122. La señal decorrelacionada 122 comprende cuatro canales.

[0073] Además, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 comprende una etapa de binauralización 65 124. La etapa de binauralización 124 puede configurarse para aplicar los filtros binaurales espaciales (o los filtros

binaurales adaptados para mejorar una dimensión de la etapa acústica, por ejemplo, al menos uno del ancho de la etapa acústica y la altura de la etapa acústica) a la porción ambiental 110 de la señal estéreo o una versión procesada de la misma, por ejemplo, para la señal decorrelacionada 122 en la forma de realización mostrada en la Figura 3.

5

[0074] La etapa de binauralización 124 o el bloque de binauralización puede consistir en filtros binaurales idénticos para el asiento del conductor y el asiento del copiloto. Estos filtros pueden medirse de manera acústica en salas como se ha descrito anteriormente. Para la etapa de binauralización, puede utilizarse una sala estándar para la medición. Hay dos altavoces que pueden colocarse de manera simétrica enfrente de una cabeza de maniquí montada en un torso o un usuario. Las respuestas al impulso de esos altavoces pueden medirse. Estos pares de altavoces pueden colocarse en un triángulo estéreo en 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, 100°, 110° o 120° en relación con la dirección frontal del oyente. La convolución de los filtros de la respuesta al impulso finita (FIR = respuestas al impulso binaural de la sala) puede hacerse en el dominio del tiempo, el dominio de la frecuencia (procedimiento overlap-save u overlap-add) o en el dominio del banco de filtros QMF (QMR = filtro espejo en cuadratura), véase la estructura de procesamiento del filtro de la Figura 7.

[0075] La versión procesada 126 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por la etapa de binauralización 124, puede comprender al menos un canal más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 126 procesada por la etapa de binauralización 124 comprende tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces, o para un procesamiento adicional).

[0076] Además, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 puede comprender un modificador de la envolvente del oyente 128, configurado para aplicar filtros binaurales de envolvente del oyente (o filtros binaurales adaptados para mejorar una envolvente acústica (del oyente)) a la porción ambiental 110 de la señal estéreo o una versión procesada de la misma, por ejemplo, a la señal decorrelacionada 122 en la forma de realización mostrada en la Figura 3.

[0077] Para el modificador de la envolvente 128 (o bloque de modificación de la envolvente o etapa de envolvente), puede utilizarse una medición dentro del automóvil que mide las respuestas al impulso de los altavoces detrás del oyente. En estas mediciones, puede utilizarse una cabeza de maniquí en un torso [Hess, W. y J. Weishäupl, "Replication of Human Head Movements in 3 Dimensions by a Mechanical Joint", en Proc. ICSA International Conference on Spatial Acoustics, Erlangen, Alemania, 2014], un micrófono esférico o un baffle [Jecklin, J.: "A different way to record classical music", en J. Audio Eng. Soc, Vol. 29 tomo 5 pp., 329 – 332, 1981], para asegurar una separación del canal de audio del canal de medición del oído izquierdo y derecho. En el automóvil, la cabeza de maniquí o el micrófono puede colocarse en el asiento frontal. En cada asiento frontal, puede hacerse una medición, de manera que pueden medirse diferentes respuestas al impulso binaural de la sala. Un altavoz puede medirse o una combinación de más de uno, véase la Figura 4. Véase la estructura de procesamiento del filtro de la Figura 7.

40

[0078] La versión procesada 130 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por el modificador de la envolvente 128 comprende al menos uno o dos canales más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 126 procesada por el modificador de la envolvente 128 puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces, o para un procesamiento adicional).

[0079] Además, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 puede comprender una primera etapa de retraso 132_1 configurada para retrasar una versión procesada de la porción ambiental 110 de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por la etapa de binauralización 124 en la forma de realización mostrada en la Figura 3, y una segunda etapa de retraso 132_2 configurada para retrasar una versión procesada de la porción ambiental 110 de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por el modificador de la envolvente 128 en la forma de realización mostrada en la Figura 3.

[0080] La versión procesada 134_1 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por la primera etapa de retraso 132_1 y la versión procesada 134_2 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por la segunda etapa de retraso 132_2 comprenden cada una, uno o dos canales más que la señal estéreo. Por ejemplo, las señales 134_1 y 134_2 procesadas por la primera y segunda etapas de retraso 132_1 y 132_2, pueden comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces).

[0081] Además, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 puede comprender una etapa de ajuste del efecto de la dimensión de la etapa acústica 136_1 configurada para ajustar una intensidad del efecto de la dimensión de la etapa acústica de una versión procesada de la porción ambiental 110 de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por la etapa de binauralización 124 o una versión procesada adicional de la misma, por ejemplo,

65

la señal 134_1 procesada por la primera etapa de retraso 132_1.

- 5 **[0082]** La versión procesada 138_1 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por la etapa de ajuste del efecto de la dimensión de la etapa acústica 136_1 comprende uno o dos canales más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 138_1 procesada por la etapa de ajuste del efecto de la dimensión de la etapa acústica 136_1 puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces).
- 10 **[0083]** Además, la etapa de procesamiento del efecto espacial 104 puede comprender una etapa de ajuste del efecto de la envolvente del oyente 136_2, configurada para ajustar la intensidad del efecto de una versión procesada de la porción ambiental 110 de la señal estéreo, por ejemplo, procesada por el modificador de la envolvente del oyente 128 o una versión procesada adicional de la misma, por ejemplo, la señal 134_2 procesada por la segunda etapa de retraso 132_2 en la forma de realización mostrada en la Figura 3.
- 15 **[0084]** La versión procesada 138_2 de la porción del sonido ambiental 110 de la señal estéreo procesada por la etapa de ajuste del efecto de la envolvente del oyente 136_2 comprende uno o dos canales más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 138_2 procesada por la etapa de ajuste del efecto de la envolvente del oyente 136_2 puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces).
- 20 **[0085]** La señal del efecto espacial 108 proporcionada por la etapa del efecto espacial 104 es una versión procesada de la porción ambiental 110 de la señal estéreo procesada por la etapa de binauralización 124 y el modificador de la envolvente del oyente 128, y procesarse opcionalmente de manera adicional por al menos una de la primera etapa de retraso 132_1, la segunda etapa de retraso 132_2, la etapa de ajuste del efecto de la dimensión de la etapa acústica 136_1 y la etapa de ajuste del efecto de la envolvente del oyente 136_2 o una combinación de esas señales, por ejemplo, una combinación de las señales 138_1 y 138_2 procesada por la etapa de ajuste del efecto de la dimensión de la etapa acústica 136_1 y la etapa de ajuste del efecto de la envolvente del oyente 136_2
- 25 en la forma de realización mostrada en la Figura 3. Causada por las diferentes trayectorias de la señal, la intensidad del efecto ASD y LEV puede ajustarse de manera independiente, de manera que puede sintonizarse un efecto 3-D individual que comprende el efecto 3-D de la etapa frontal y el efecto 3-D circundante (o que envuelve desde los lados y la parte posterior).
- 30 **[0086]** El procesador del sonido 100 puede comprender, además, una etapa de procesamiento estéreo (generación de la etapa frontal) 114 configurada para generar una señal individual de la etapa del sonido estéreo 112, basada en la señal estéreo 106 para generar con un sistema de reproducción de altavoces que tiene tres o cuatro altavoces, al menos dos etapas del sonido estéreo individuales para al menos dos posiciones de escucha diferentes, es decir, una posición del conductor y una posición del pasajero frontal.
- 35 **[0087]** La señal individual de la etapa del sonido estéreo 112 proporcionada por la etapa de procesamiento estéreo 114 comprende uno o dos canales más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal individual de la etapa del sonido estéreo 112 puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces).
- 40 **[0088]** La etapa de combinación 116, por ejemplo, sumador, se configura para combinar por canal la señal individual de la etapa del sonido estéreo 112 y la señal del efecto espacial 108, es decir, la señal individual de la etapa del sonido estéreo 112 y la señal del efecto espacial 108 pueden comprender el mismo número de canales.
- 45 **[0089]** La señal 140 proporcionada por la etapa de combinación 116 puede comprender al menos un canal más que la señal estéreo. Por ejemplo, la señal 140 proporcionada por la etapa de combinación 116 puede comprender tres canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces) o cuatro canales (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces).
- 50 **[0090]** El procesador del sonido 100 puede comprender una unidad de generación de salida de cuatro canales 142 configurada para generar una señal de salida de cuatro canales 144, que comprende cuatro canales (izquierdo izquierdo (LL), izquierdo derecho (LR), derecho izquierdo (RL), derecho derecho (RR)) (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende cuatro altavoces), basada en la señal 140 procesada por la
- 55 etapa de combinación 116.
- 60 **[0091]** De manera alternativa, el procesador del sonido 100 puede comprender una unidad de generación de salida de tres canales 146 configurada para generar una señal de salida de tres canales 148 que comprende tres canales (izquierdo (LL), central (CNTR), derecho (RR)) (por ejemplo, para un sistema de reproducción de altavoces que comprende tres altavoces), basada en la señal 140 procesada por la etapa de combinación 116.
- 65

[0092] La Figura 4 muestra una vista esquemática de una disposición de medición para obtener los filtros binaurales del modificador de la envolvente del oyente, según una forma de realización.

5 **[0093]** En otras palabras, la Figura 4 muestra una medición de los filtros (FIR = respuestas al impulso binaural de la sala) para la trayectoria de envolvente del oyente (LEV). La cabeza de maniquí puede colocarse en uno de los asientos frontales 150_1 y 150_2.

[0094] Como se describe en la Figura 4, para las mediciones, pueden utilizarse los altavoces detrás de los
10 asientos frontales 150_1 y 150_2 para el proceso de medición. En las puertas traseras del vehículo 152_1 y 152_2, colocados en los asientos traseros 154 transmitiendo hacia los lados, al frente o hacia arriba, colocados encima del respaldo de los asientos traseros 156, colocados encima de la plataforma trasera 158 transmitiendo hacia el frente o hacia atrás, colocados en la plataforma trasera o encima de ella 160 transmitiendo hacia arriba.

15 **[0095]** La Figura 5 muestra una vista superior esquemática de un vehículo 200 con un sistema de reproducción de altavoces 202 que comprende el procesador digital 100 y cuatro altavoces 204, 206, 208, 210.

[0096] El sistema de reproducción de altavoces 200 puede configurarse para reproducir la señal procesada por el procesador digital 100, por ejemplo, la señal proporcionada por la unidad de salida de generación de cuatro
20 canales 142, utilizando los cuatro altavoces 204, 206, 208, 210. Así, cada uno de los altavoces 204, 206, 208, 210 puede utilizarse para reproducir uno de los canales de la señal procesada por el procesador digital 100.

[0097] Cada uno de los altavoces 204, 206, 208, 210 puede comprender un altavoz controlador (por ejemplo, un controlador de intervalo completo o un controlador de intervalo ancho), o una pluralidad de altavoces
25 controladores para diferentes bandas de frecuencia (por ejemplo, un controlador de alta frecuencia (tweeter) y un controlador de frecuencia media; un controlador de alta frecuencia (tweeter) y un woofer (bafle); o un controlador de alta frecuencia (tweeter), un controlador de frecuencia media y un woofer).

[0098] Los dos altavoces 204 y 206 pueden dirigirse hacia una primera posición de escucha (por ejemplo, posición del conductor) 212 y puede utilizarse para reproducir los canales derecho e izquierdo de una etapa frontal
30 estéreo generando un primer campo de sonido 216 para la primera posición de escucha 212, en el que los dos altavoces 208 y 210 pueden dirigirse hacia una segunda posición de escucha (por ejemplo, posición del pasajero en el frente) 214 y puede utilizarse para reproducir los canales derecho e izquierdo de una etapa frontal estéreo, generando un segundo campo de sonido 218 para la segunda posición de escucha 214.

[0099] Como se muestra de manera ejemplar en la Figura 5, el vehículo 200 puede ser un automóvil. El
35 automóvil puede comprender al menos un asiento del conductor 220 y un asiento del pasajero frontal 222. Así, una posición del conductor 212 puede definirse por una posición del asiento del conductor 220, en la que una posición del pasajero frontal 214 puede definirse por una posición del asiento del pasajero frontal 222. Por ejemplo, la
40 posición del conductor 212 puede corresponder (o ser) una posición en la cual se colocaría una cabeza de un conductor que está sentado en el asiento del conductor 220. De manera similar, la posición del pasajero frontal 214 puede corresponder (o ser) una posición en la cual se colocaría una cabeza del pasajero frontal que está sentado en el asiento del pasajero frontal 222.

45 **[0100]** Naturalmente, el automóvil puede comprender, además, al menos dos asientos traseros o al menos un asiento corrido trasero para al menos dos pasajeros más. Como se vuelve obvio a partir de la Figura 5, en este caso, el primer y segundo campos de sonido 216 y 218 también están dirigidos hacia las posiciones del pasajero traseras colocadas detrás de las posiciones del conductor y de pasajero frontales 212 y 214, por ejemplo, hacia los pasajeros
50 de atrás que están sentados detrás del conductor (asiento) y del pasajero frontal (asiento), respectivamente.

[0101] También, en los asientos detrás del conductor y el pasajero frontal, la señal del sonido 3-D virtual puede percibirse, puesto que la posición para los altavoces que presentan el sonido también es simétrica como en el
asiento frontal, sin embargo, la distancia es mayor. Ambos asientos están en una hilera con respecto al sistema de altavoces en la parte frontal.

55 **[0102]** Los altavoces 204, 206, 208, 210 pueden colocarse, por ejemplo, en un tablero 224 del vehículo 200.

[0103] En otras palabras, la Figura 5 muestra las hileras de escucha en el vehículo, se muestra el ejemplo utilizando cuatro altavoces en el tablero. Los dos altavoces centrales pueden reemplazarse también por un altavoz
60 central.

[0104] La Figura 6 muestra una vista superior esquemática de un vehículo 200 con el sistema de reproducción de altavoces 202 mostrado en la Figura 5. Además de la Figura 5, en la Figura 6 la dimensión de la etapa acústica y la envolvente del oyente se indican por las flechas 230 y 232, respectivamente. En otras palabras,
65 la Figura 6 muestra el audio tridimensional. La dimensión espacial acústica ASD y LEV, ASD (dimensión de la etapa

acústica) para el ancho y la altura frontales, LEV para la profundidad espacial.

[0105] La Figura 7 muestra una vista esquemática de una estructura de procesamiento del filtro de las etapas de binauralización y modificación de la envolvente de la etapa de procesamiento del efecto espacial. Una primera trayectoria del sonido entre una primera fuente del sonido (por ejemplo, primer altavoz) 250 y un primer oído 252 de una persona que escucha 254, pueden describirse por el coeficiente H_{11} , una segunda trayectoria del sonido entre la primera fuente de sonido 250 y un segundo oído 256 del oyente 254 puede describirse por el coeficiente H_{21} , una tercera trayectoria del sonido entre una segunda fuente de sonido (por ejemplo, segundo altavoz) 258 y el primer oído 252 del oyente puede describirse por el coeficiente H_{12} , y una cuarta trayectoria del sonido entre la segunda fuente del sonido 258 y el segundo oído 256 del oyente 254 puede describirse por el coeficiente H_{22} .

[0106] La Figura 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 300 para procesar una señal, según una forma de realización. El procedimiento 300 comprende un paso 302 de extracción de una porción ambiental de una señal estéreo; un paso 304 de generación de una señal del efecto espacial basada en la porción ambiental de la señal estéreo; y un paso 306 de combinación de la señal estéreo o una versión procesada de la misma con la señal del efecto espacial.

[0107] Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, está claro que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, en el que un bloque o dispositivo corresponde a un paso o característica del procedimiento de un paso del procedimiento. De manera análoga, los aspectos descritos en el contexto de un paso del procedimiento también representan una descripción de un bloque o punto o característica correspondiente de un aparato correspondiente. Algunos o todos los pasos del procedimiento pueden ser ejecutados por (o mediante el uso de) un aparato de hardware, como por ejemplo, un microprocesador, un ordenador programable o un circuito electrónico. En algunas formas de realización, una o más de las etapas más importantes del procedimiento pueden ser ejecutadas por tal aparato.

[0108] Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las formas de realización de la invención pueden implementarse en hardware o en software. La implementación puede realizarse utilizando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo, un disco flexible, un DVD, un Blu-Ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, que tengan señales de control legibles electrónicamente almacenadas en los mismos, que cooperen (o sean capaces de cooperar) con un sistema informático programable de manera que se realice el procedimiento respectivo. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por ordenador.

[0109] Algunas formas de realización según la invención comprenden un soporte de datos que tiene señales de control legibles electrónicamente, que es capaz de cooperar con un sistema informático programable, de manera que se realice uno de los procedimientos descritos en esta invención.

[0110] Generalmente, las formas de realización de la presente invención pueden implementarse como un producto de programa informático con un código del programa, el código del programa es operativo para realizar uno de los procedimientos, cuando el producto del programa informático se ejecuta en un ordenador. El código del programa puede almacenarse, por ejemplo, en un soporte legible por máquina.

[0111] Otras formas de realización comprenden el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención, almacenados en un soporte legible por máquina.

[0112] En otras palabras, una forma de realización del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un programa informático que tiene un código del programa para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

[0113] Una forma de realización adicional de los procedimientos inventivos es, por lo tanto, un soporte de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por ordenador) que comprende, registrado en el mismo, el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. El soporte de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio registrado son típicamente tangibles y/o no transitorios.

[0114] Una forma de realización adicional del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. El flujo de datos o la secuencia de señales puede configurarse, por ejemplo, para transferirse a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.

[0115] Una forma de realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, un ordenador, o un dispositivo lógico programable, configurado o adaptado para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención.

[0116] Una forma de realización adicional comprende un ordenador que tiene instalado en el mismo el

programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención.

5 **[0117]** Una forma de realización adicional según la invención, comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, de manera electrónica u óptica), un programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención a un receptor. El receptor puede, por ejemplo, ser un ordenador, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o similar. El aparato o sistema puede, por ejemplo, comprender un servidor de archivos para transferir el programa informático al receptor.

10 **[0118]** En algunas formas de realización, puede utilizarse un dispositivo lógico programable (por ejemplo, una matriz de puertas programable por campo) para realizar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en esta invención. En algunas formas de realización, una matriz de puertas programable por campo puede cooperar con un microprocesador con el fin de realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. Generalmente, los procedimientos son realizados de manera preferida por cualquier aparato de hardware.

15 **[0119]** El aparato descrito en esta invención puede implementarse utilizando un aparato de hardware, o utilizando un ordenador, o utilizando una combinación de un aparato de hardware y un ordenador.

20 **[0120]** El aparato descrito en esta invención, o cualquier componente del aparato descrito en esta invención, puede implementarse al menos parcialmente en hardware y/o en software.

[0121] Los procedimientos descritos en esta invención pueden realizarse utilizando un aparato de hardware, o utilizando un ordenador, o utilizando una combinación de un aparato de hardware y un ordenador.

25 **[0122]** Los procedimientos descritos en esta invención, o cualquier componente del aparato descrito en esta invención, pueden realizarse al menos parcialmente por hardware y/o por software.

REIVINDICACIONES

1. Procesador digital (100) para un sistema de reproducción de altavoces (202), con exactamente tres o cuatro altavoces frontales, comprendiendo el procesador digital (100):
- 5 un extractor de la porción ambiental (102) configurado para extraer una porción ambiental (110) de una señal estéreo (106);
 una etapa de procesamiento del efecto espacial (104), configurada para generar una señal del efecto espacial (108) basada en la porción ambiental (110) de la señal estéreo (106); y
- 10 una etapa de procesamiento de múltiples canales (114) configurada para generar una versión procesada (112) de la señal estéreo (106),
 en el que la versión procesada (112) de la señal estéreo comprende exactamente uno o dos canales más que la señal estéreo (106);
 en el que la etapa de procesamiento de múltiples canales (114) se configura para generar una señal de la etapa del
- 15 sonido estéreo individual como la versión procesada de la señal estéreo (112) de la señal estéreo (106), para generar con el sistema de reproducción de altavoces (202) al menos dos etapas del sonido estéreo individuales para al menos dos posiciones de escucha diferentes,
 en el que la etapa de procesamiento del efecto espacial (104) comprende un decorrelacionador (120) configurado para decorrelacionar la porción ambiental (110) de la señal estéreo (106), para obtener una señal decorrelacionada
- 20 (122) que comprende dos canales más que la señal estéreo (106),
 en el que la etapa de procesamiento del efecto espacial (104) comprende, además, una etapa de binauralización (124) configurada para aplicar los mismos filtros binaurales espaciales a los canales de la señal decorrelacionada (122) correspondiente al menos a dos posiciones de escucha diferentes,
 en el que la etapa de procesamiento del efecto espacial (104) comprende, además, un modificador de la envolvente
- 25 del oyente (128) conectado tanto en paralelo como en serie con la etapa de binauralización, estando el modificador de la envolvente del oyente (128) configurado para aplicar diferentes filtros binaurales tanto
- a los canales de la señal decorrelacionada (122) que corresponden al menos a dos posiciones de escucha diferentes, cuando la etapa de binauralización (124) y el modificador de la envolvente del oyente (128) están
- 30 conectados en paralelo o a los canales de salida de la etapa de binauralización (124) que corresponde al menos a dos posiciones de escucha diferentes, cuando la etapa de binauralización (124) y el modificador de la envolvente del oyente (128) están conectados en serie,
- en el que el procesador digital (100) comprende además un sumador configurado para añadir por canal la versión
- 35 procesada de la señal estéreo (112) con la señal de efecto espacial (108) para obtener una señal para exactamente tres o cuatro altavoces frontales.
2. Procesador digital (100) según la reivindicación 1, en el que los filtros binaurales espaciales de la etapa de binauralización (124) corresponden a las respuestas al impulso binaural de la trayectoria del sonido directo.
- 40 3. Procesador digital (100) según la reivindicación 1 o 2, en el que los filtros binaurales de la envolvente del oyente del modificador de la envolvente del oyente (128) corresponden a las respuestas al impulso de la sala binaural.
- 45 4. Procesador digital (100) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa de procesamiento del efecto espacial (104) comprende una etapa de retraso (132, 132_1, 132_2) configurada para retrasar una señal (126) procesada de la etapa de binauralización (124) o para retrasar una señal (130) procesada por el modificador de la envolvente del oyente (128).
- 50 5. Procesador digital (100) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de binauralización (124) y el modificador de la envolvente del oyente (128) están conectados en serie; y
- en el que la etapa de procesamiento del efecto espacial (104) comprende una etapa de ajuste de la intensidad del efecto espacial (136) configurada para ajustar una intensidad del efecto espacial proporcionada por la conexión en
- 55 serie de la etapa de binauralización (124) y el modificador de la envolvente del oyente (128).
6. Procesador digital (100) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de binauralización (124) y el modificador de la envolvente del oyente (128) están conectados en paralelo;
- 60 en el que la etapa de procesamiento del efecto espacial (104) comprende una etapa de ajuste del efecto de la dimensión de la etapa acústica (136_1) configurada para ajustar una intensidad del efecto de una señal (126) procesada por la etapa de binauralización (124) o una versión procesada adicional (134_1) de la misma; y
 en el que la etapa de procesamiento del efecto espacial (104) comprende una etapa de ajuste del efecto de la envolvente del oyente (136_2) configurada para ajustar una intensidad del efecto de una señal (130) proporcionada
- 65 por el modificador de la envolvente del oyente (128) o una versión procesada adicional de la misma (134_2).

7. Sistema de reproducción de altavoz (202) para un vehículo, comprendiendo el sistema:

un procesador digital (100) según una de las reivindicaciones 1 a 6;

5 en el que exactamente tres o cuatro altavoces frontales (204,206,208,210) están configurados para reproducir una señal obtenida por la adición de la versión procesada de la señal estéreo (112) y la señal de efecto espacial (108).

8. Procedimiento (300) para el procesamiento de señales para un sistema de reproducción de altavoces (202) con exactamente tres o cuatro altavoces frontales, comprendiendo el procedimiento:

10

extraer (302) una porción ambiental (110) de una señal estéreo (106);

generar (304) de una señal del efecto espacial (108) basada en la porción ambiental (110) de la señal estéreo (106);
y

generar una versión procesada (112) de la señal estéreo (106);

15 en el que la versión procesada (112) de la señal estéreo (106) comprende exactamente uno o dos canales más que la señal estéreo (106),

en el que la etapa de generación de la versión procesada (112) de la señal estéreo (106) comprende la generación de una señal de la etapa del sonido estéreo individual como la versión procesada de la señal estéreo a partir de la señal estéreo, para generar con el sistema de reproducción de altavoces al menos dos etapas del sonido estéreo

20 individuales para al menos dos posiciones de escucha diferentes,

en el que la etapa de generación (304) de la señal del efecto espacial (108) comprende la decorrelación de la porción ambiental (110) de la señal estéreo (106) para obtener una señal decorrelacionada (122), comprendiendo la señal decorrelacionada (122) dos canales más que la señal estéreo (106),

25 en el que la etapa de generación (304) de la señal del efecto espacial (108) comprende, además, una etapa de binauralización (124) configurada para aplicar los mismos filtros binaurales espaciales a los canales de la señal decorrelacionada (122) que corresponden al menos a dos posiciones de escucha diferentes,

en el que la etapa de generación (304) de la señal del efecto espacial (108) comprende, además, la aplicación de una modificación de la envolvente del oyente (128) tanto en paralelo con o después de la etapa de binauralización

30 (124), aplicando la etapa de aplicación de una modificación de la envolvente del oyente (128) diferentes filtros binaurales tanto

a los canales de la señal decorrelacionada (122) correspondientes al menos a dos posiciones de escucha diferentes, cuando la etapa de binauralización (124) y la etapa de modificación de la envolvente del oyente (128) se aplican en

35 paralelo, o

a los canales generados a partir de la etapa de binauralización (124) que corresponden al menos a dos posiciones de escucha diferentes, cuando la etapa de modificación de la envolvente del oyente (128) se aplica después de la etapa de binauralización (124),

40 comprendiendo el procedimiento, además, la adición (306) de una manera inteligente de canal de la versión procesada (112) de la señal estéreo (106) con la señal del efecto espacial (108) para obtener una señal (140) para exactamente tres o cuatro altavoces frontales.

9. Producto de programa informático que comprende instrucciones que, cuando el programa es

45 ejecutado por un ordenador da lugar a que el ordenador lleve a cabo el procedimiento según la reivindicación 8.

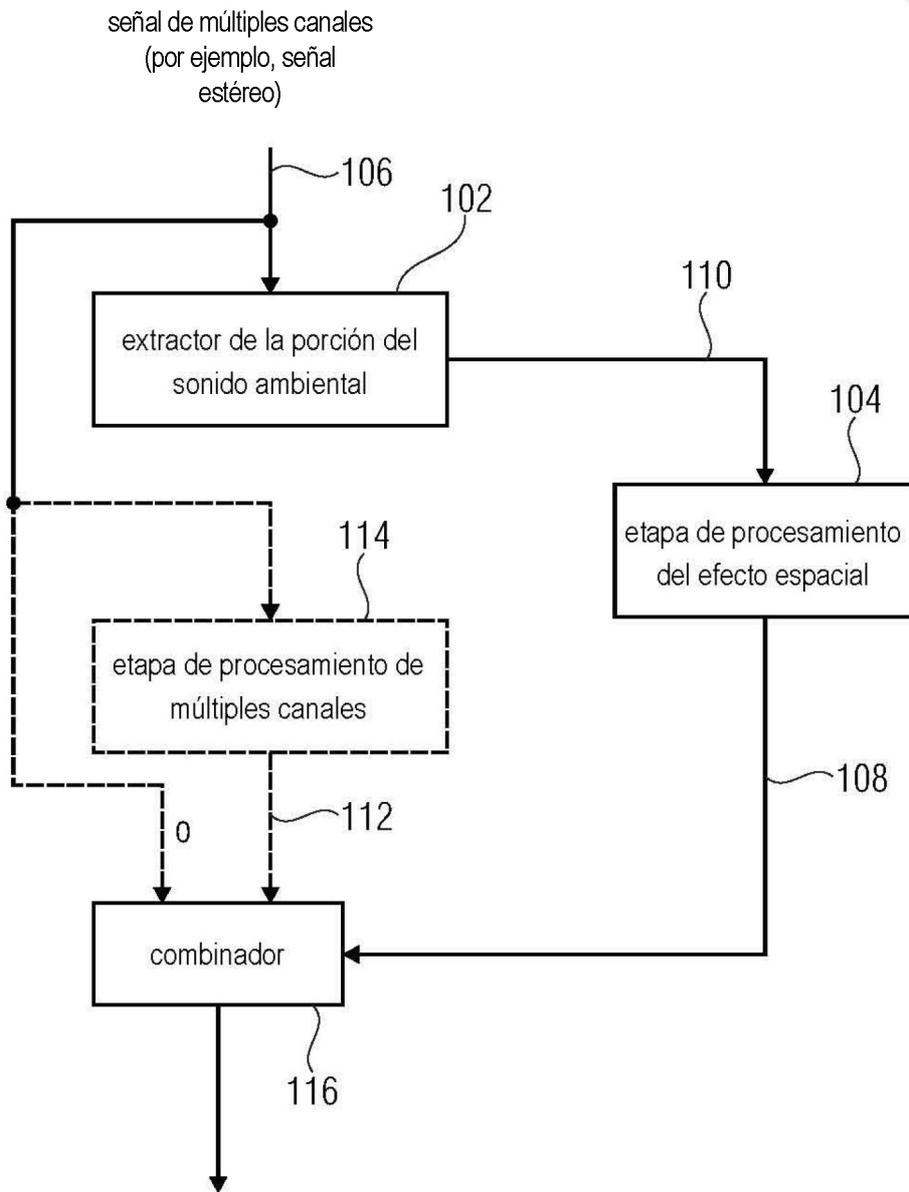


FIGURA 1

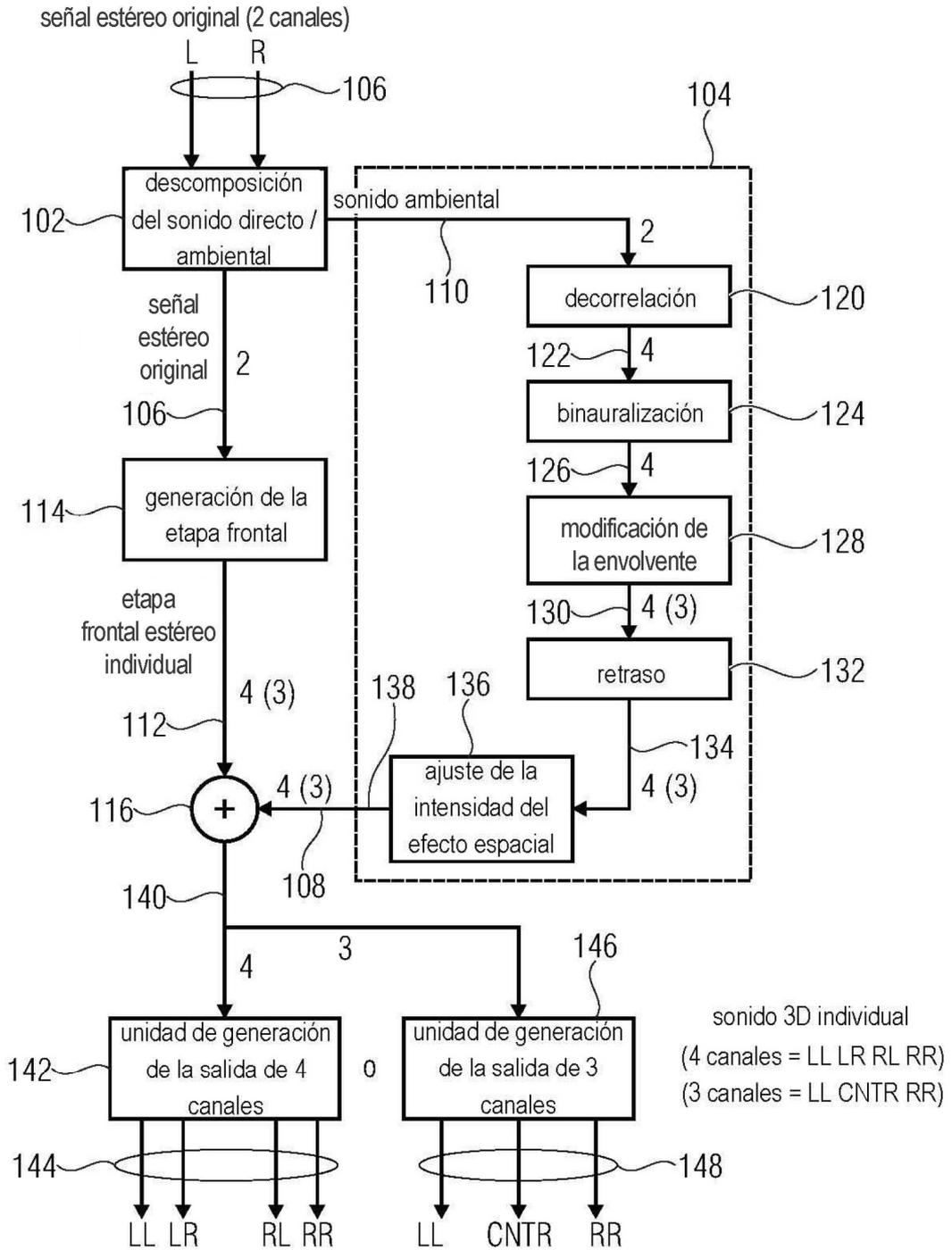


FIGURA 2

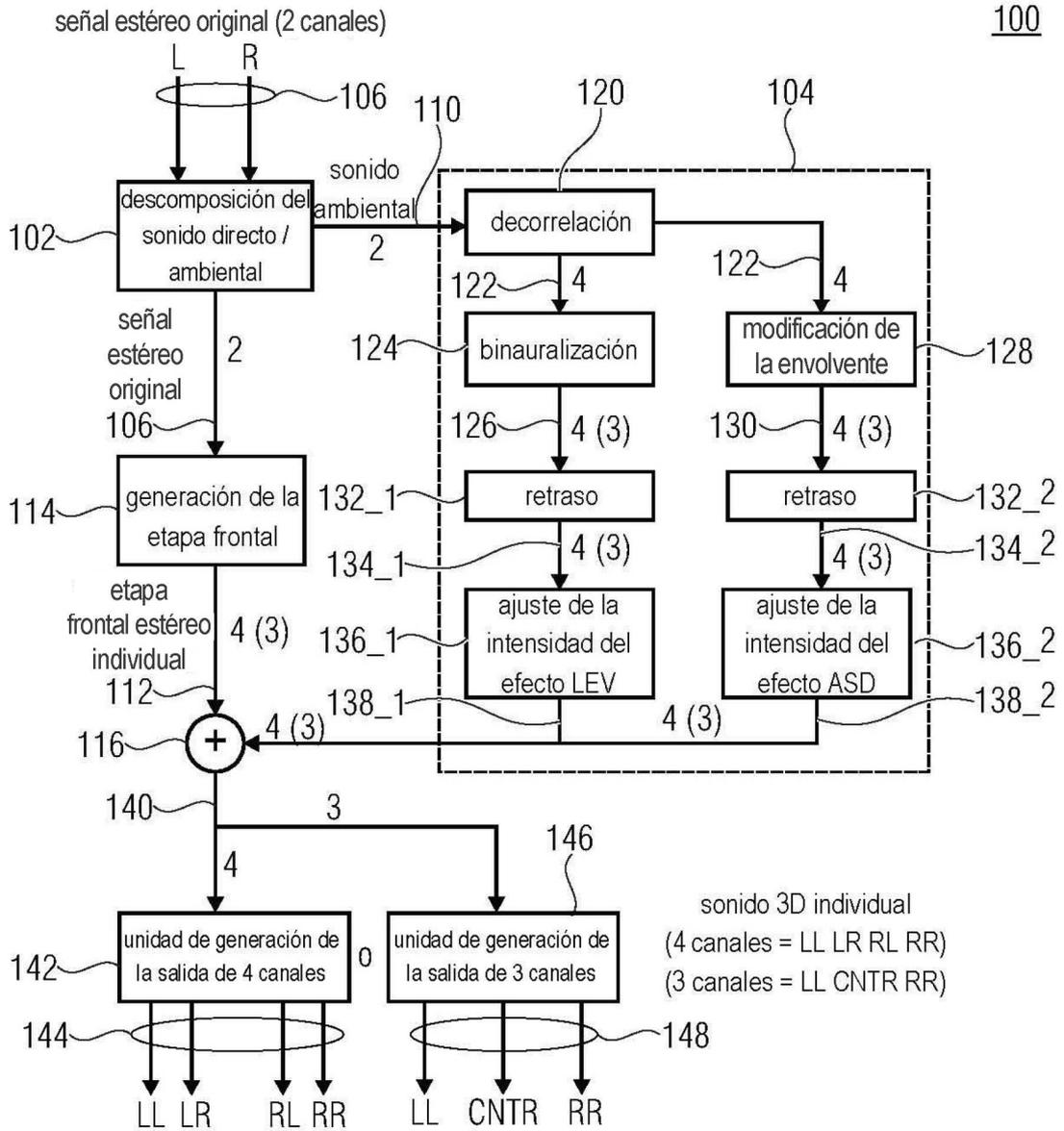


FIGURA 3

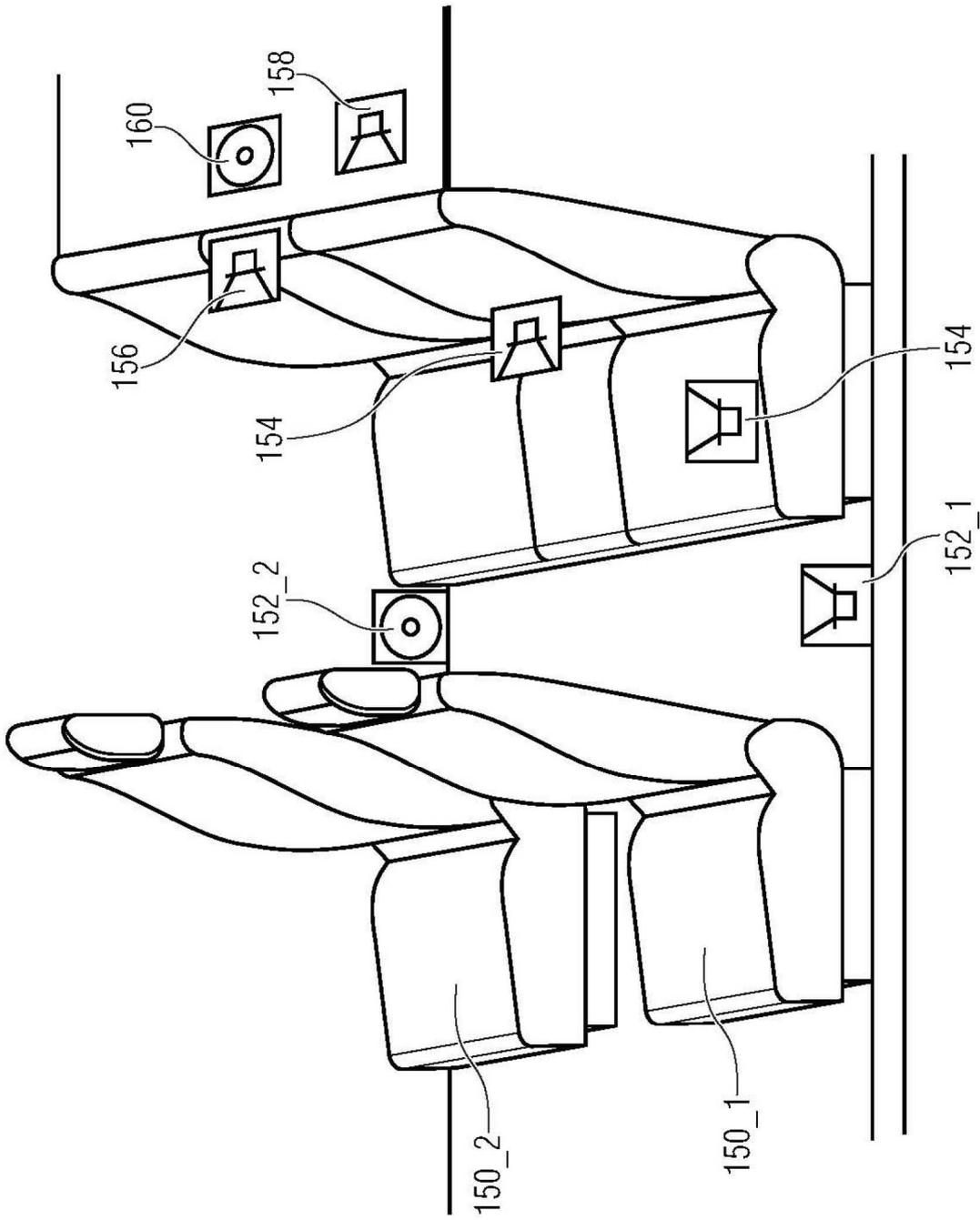


FIGURA 4

202

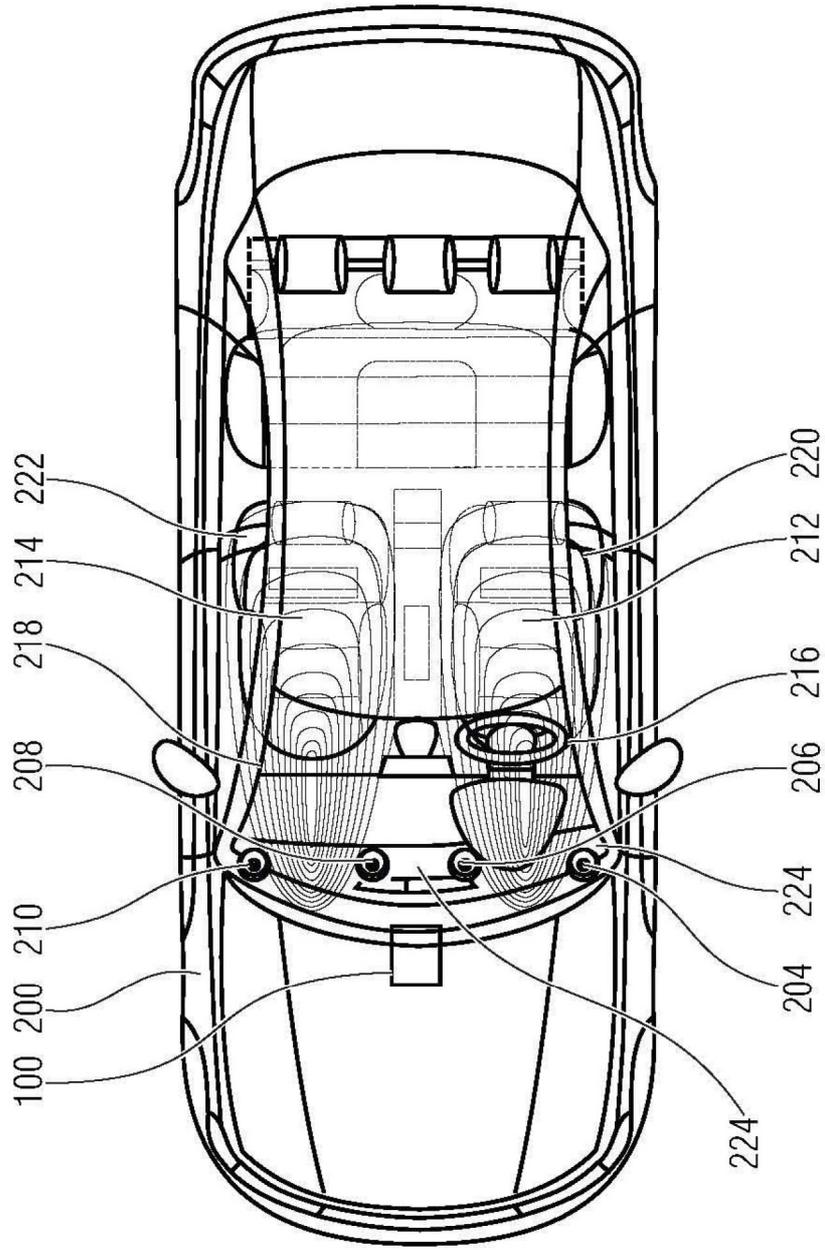


FIGURA 5

202

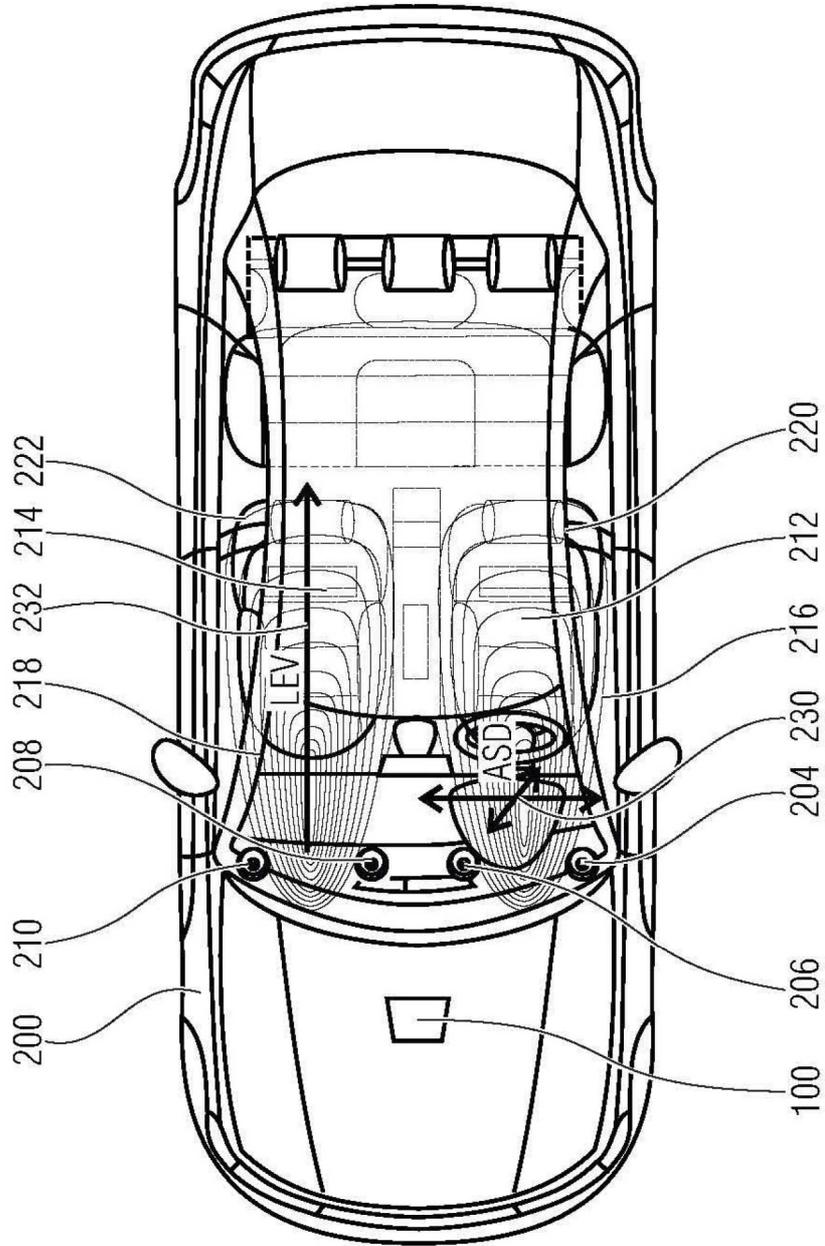


FIGURA 6

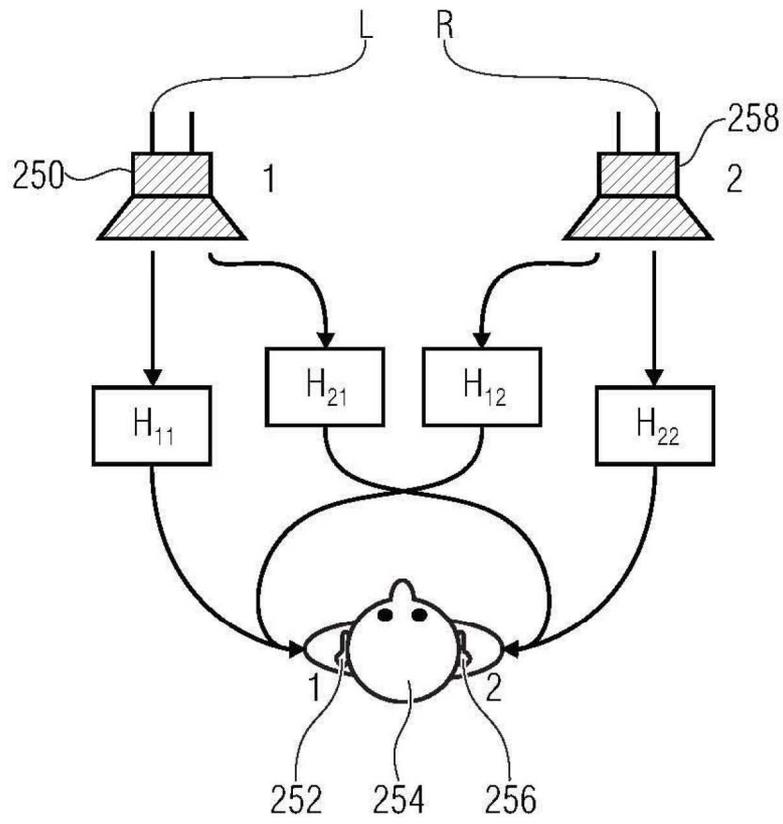


FIGURA 7

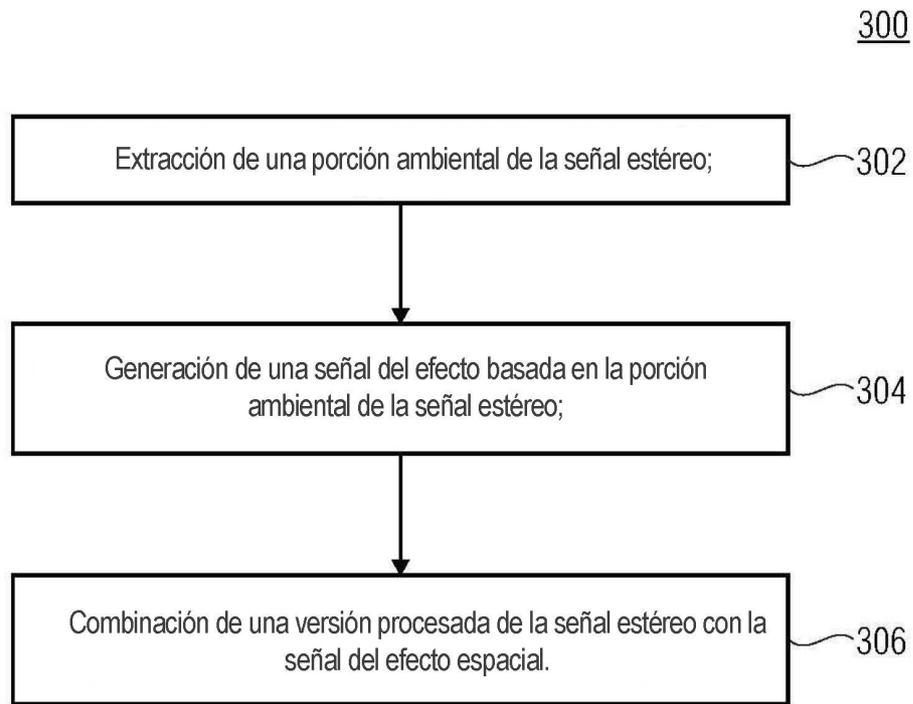


FIGURA 8