

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 954 317**

51 Int. Cl.:

G10H 1/36 (2006.01)

H04S 7/00 (2006.01)

G10K 15/08 (2006.01)

G10H 1/00 (2006.01)

H04R 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2018** **E 18382220 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2023** **EP 3547305**

54 Título: **Técnica de reverberación para audio 3D**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.11.2023

73 Titular/es:

FUNDACIÓ EURECAT (100.0%)
Parc Tecnològic del Vallès Av. Universitat
Autònoma N. 23
08290 Cerdanyola del Vallès (Barcelona), ES

72 Inventor/es:

GARRIGA TORRES, ADAN AMOR;
PÉREZ-LÓPEZ, ANDRÉS;
ERRUZ LÓPEZ, GERARD;
SCHMELE, TIMOTHY;
SAYIN, UMUT;
DE MUYNKE, JULIEN;
REPPPEL, NIKLAS y
FARRAN MASANA, ANTONIO

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 954 317 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

Técnica de reverberación para audio 3D

5

La presente invención está dirigida al sector del audio. En concreto, se refiere al procesamiento de objetos de sonido y de audio 3D en el espacio de entornos acústicos. Los campos de aplicación son: producciones audiovisuales, video juegos, realidad virtual y producciones musicales.

10 ANTECEDENTES

Las herramientas de codificación de audio espacial son bien conocidas y están estandarizadas, tal como el estándar MPEG envolvente (MPEG surround). La codificación de audio espacial parte de una entrada multicanal de la fuente original, por ejemplo con 5 o 7 canales. Cada uno de los canales puede alimentar un altavoz de un sistema de reproducción. Esto se denomina audio espacial basado en canales. Por ejemplo, se puede enviar un canal al altavoz izquierdo del sistema de reproducción, otro al altavoz central, otro al altavoz derecho, otro al altavoz envolvente izquierdo, otro al altavoz envolvente derecho y otro al subwoofer.

15

El codificador de audio espacial puede derivar uno o más canales de reducción (down-mix channels) (tales como los estéreo correspondientes) y, además, puede calcular datos paramétricos tales como diferencias de nivel entre canales, diferencias de fase, retardos de tiempo, etc. Los canales de reducción (down-mix channels) junto con la información paramétrica se pueden transmitir a un descodificador para obtener finalmente los canales de salida que más se aproximen a la entrada original. La ubicación de los altavoces del sistema de reproducción puede estar definida por estándares, como en el caso de los estándares de formato de sonido envolvente 5.1 o 7.1.

20

25 Las herramientas para la codificación espacial de objetos de sonido también son conocidas en la técnica. A diferencia del audio espacial basado en canales, la codificación de objetos parte de objetos de sonido que no son vinculados automáticamente a una determinada configuración de reproducción. El posicionamiento de los objetos de sonido en la reproducción es flexible y puede ser modificado por el usuario a través de cierta información de renderización transmitida al descodificador. Además, la información de renderización puede incluir cierta información de posición que varía con el tiempo para que el objeto de sonido pueda seguir una trayectoria a lo largo del tiempo.

30

Para obtener una cierta compresión de datos, los objetos de sonido se pueden codificar utilizando un codificador espacial que calcula, a partir de los objetos iniciales, uno o más canales del proceso de reducción (down mixing process). Además, el codificador puede calcular información paramétrica que represente características tales como la diferencia de nivel entre objetos, la diferencia de coherencia acústica, etc. Estos datos paramétricos se pueden calcular para ventanas individuales de espacio/frecuencia, lo que significa que los datos paramétricos se pueden obtener para cada trama (cada 1024 o 2048 muestras, por ejemplo) y para cada banda de frecuencia (24, 32 o 24 bandas en total). Por ejemplo, cuando una pieza de audio tiene 20 tramas y se subdivide en 32 bandas de frecuencia, el número de ventanas es igual a 640.

35

En sistemas de audio 3D puede ser deseable proporcionar la impresión espacial como si la señal de audio se escuchara en una sala concreta (un edificio emblemático tal como un teatro o una ópera específica). En esta situación, se debe proporcionar una respuesta al impulso de la sala en base a, por ejemplo, mediciones in situ. Esta función de respuesta se debe utilizar para procesar el audio antes de su renderización. Las primeras reflexiones y la cola reverberante de la función de respuesta al impulso se suelen procesar por separado.

45

Es un objeto de la presente invención proporcionar una aproximación al procesamiento de las funciones de respuesta al impulso espacial para obtener genuinamente una reverberación espacial a partir de mediciones (o, como ejemplo no reivindicado, mediante simulaciones) de las denominadas respuestas espaciales de sala (SRR: Spatial Room Responses) que contienen características direccionales, y el tratamiento separado de las primeras reflexiones y la cola reverberante.

50

Se presentan procedimientos para mejorar el procesamiento de las respuestas espaciales de sala (SRR) para objetos de sonido. En lo sucesivo, el término "objeto de sonido" se referirá a señales de audio y a los metadatos asociados que pueden haber sido creados sin referencia a un determinado sistema de reproducción. Los metadatos asociados pueden incluir los datos de posición del objeto de sonido, datos de nivel de sonido (ganancias), tamaño de fuente, trayectoria, etc. El término "renderización" se refiere al proceso de transformación de los objetos de sonido en señales de potencia para los altavoces en algún sistema de reproducción concreto. El proceso de renderización se puede llevar a cabo, al menos en parte, en función de los metadatos asociados, del sistema de reproducción o de metadatos procedentes del usuario. Los datos del sistema de reproducción pueden incluir una indicación del número de altavoces y los datos de ubicación de cada uno de los altavoces. Los datos de usuario pueden incluir la posición en cada instante de tiempo del usuario dentro del espacio de reproducción, así como la orientación de su cabeza.

60

El documento US2016255452 divulga un aparato para comprimir datos de campo de sonido de una zona. HUGENG HUGGEN ET AL: "Enhanced three-dimensional HRIRs interpolation for virtual auditory space".

5 El documento US 2017/353790 describe un procedimiento para auralizar un dispositivo de múltiples micrófonos.

RESUMEN

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

10 En un primer aspecto, se propone un procedimiento de aplicar una reverberación tridimensional a un objeto de sonido en una posición seleccionada por un usuario en una sala de sonido, originándose el objeto de sonido desde una posición del objeto de sonido. El procedimiento comprende recibir una señal procedente del objeto de sonido; calcular una señal de respuesta espacial de sala (SRR) correspondiente a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario; y realizar una operación de convolución en el tiempo entre la señal procedente del objeto de
15 sonido y la señal de respuesta SRR calculada para calcular una señal reverberada.

El procedimiento se basa en el procesamiento de cada objeto de sonido con una red de respuestas SRR con el fin de incorporar la acústica de un determinado entorno acústico al objeto de sonido preservando la ubicación en el espacio. El procedimiento que se propone procesa el audio en función de las respuestas espaciales de una sala,
20 respuestas SRR (Spatial Room Responses), su posterior codificación y envío a una unidad de procesamiento, un renderizador binaural, y en última instancia en un codificador y decodificador de audio.

En la invención, el cálculo de una señal de respuesta SRR que corresponde a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario comprende interpolar señales de respuesta SRR existentes. Las señales de respuesta
25 SRR existentes se almacenan en una base de datos y se recuperan de la base de datos en base a metadatos asociados con la posición del usuario. Por ejemplo, la posición seleccionada por el usuario puede ser en forma de coordenadas y las señales de respuesta SRR existentes se pueden almacenar junto con coordenadas que corresponden a la posición en la que fueron capturadas. Dichas coordenadas pueden corresponder a posiciones muestreadas en la sala. Se pueden seleccionar señales de respuesta SRR existentes (almacenadas) que
30 corresponden a posiciones más cercanas a la posición seleccionada para la interpolación.

En la invención, las señales de respuesta SRR existentes pueden ser medidas por un micrófono 3D a distintas distancias con respecto de la posición del objeto de sonido. De este modo, se puede generar una red de señales de
35 respuesta SRR. La red de respuestas SRR correspondiente al entorno acústico que se desea reproducir también puede ser medido mediante micrófonos especializados o sondas intensimétricas, en el caso de entornos reales, tanto para entornos reales como virtuales. La red de respuestas SRR consiste en un conjunto de funciones de respuesta espacial distribuidas en el entorno acústico a reproducir. Este conjunto de funciones se puede calcular en una red euclidiana o se puede distribuir en el espacio según otras geometrías. En la invención las señales de
40 respuesta SRR existentes son medidas en posiciones de cilindros coaxiales. El procedimiento que se propone contempla cualquier valor para la cantidad de señales de respuesta SRR aunque a mayor densidad se obtendrá una mejor percepción acústica final.

El procedimiento que se propone se basa en el procesamiento de cada objeto de sonido junto con una función derivada a partir del conjunto de respuestas SRR que corresponden a la ubicación espacial de dicho objeto de
45 sonido.

Como ejemplo útil para comprender la invención, esta función se puede obtener siguiendo el procedimiento denominado barrido de amplitudes basado en vectores (Vector Based Amplitude Panning), que permite hacer un
50 barrido (panning) de una fuente con respecto a cualquier posición que pertenece a la superficie de un triángulo definido por tres altavoces. Consiste en calcular las ganancias adecuadas de la señal de cada altavoz para que la fuente de sonido parezca estar en la posición deseada, dada la ubicación exacta de estos 3 altavoces. Esto se puede ver como una combinación lineal de la misma señal reproducida por 3 altavoces próximos entre sí.

De forma similar, según la invención, la respuesta SRR que corresponde a la ubicación deseada se puede calcular
55 como una combinación lineal de las 3 respuestas SRR vecinas que se han registrado previamente, dada su posición en el espacio. Dado que toda la zona abarcada por las mediciones de respuesta SRR se puede dividir en triángulos individuales sin solapamientos, la combinación de respuestas SRR que se ha descrito anteriormente se puede realizar en toda la zona abarcada por las mediciones de respuesta SRR seleccionando el triángulo al que pertenece la ubicación deseada. Las respuestas SRR se pueden calcular entonces para cualquier posición perteneciente a la
60 superficie de cualquier triángulo formado por 3 respuestas SRR medidas.

Como en la invención las respuestas SRR se han medido a diferentes distancias con respecto de la posición de escucha, es decir, la posición del micrófono, este procedimiento puede ser extendido fácilmente al volumen de un

tetraedro formado por 4 respuestas SRR medidas a diferentes distancias. Teniendo en cuenta que todo el volumen abarcado por las respuestas SRR medidas a diferentes distancias se puede dividir en tetraedros individuales sin solapamientos, este procedimiento permite calcular la respuesta SRR que corresponde a cualquier posición perteneciente a todo el volumen abarcado por el conjunto de respuestas SRR medidas. A veces se denomina
5 "interpolación tetraédrica".

Una vez calculada, la función derivada a partir de las respuestas SRR se puede procesar con el correspondiente objeto de sonido. Este procesamiento se puede dividir en dos partes: una correspondiente a la primera parte de la función que contiene las primeras reflexiones; y una segunda parte de la función que incorpora la cola reverberante.
10

En una solución alternativa según la invención, la interpolación de valores de respuesta SRR existentes comprende realizar una interpolación bi-triangular entre valores de respuesta SRR existentes. La realización de una interpolación bi-triangular puede comprender identificar tres puntos de medición en una superficie de dos cilindros coaxiales vecinos, siendo los tres puntos de medición los más cercanos a la posición del objeto de sonido que ha
15 seleccionado el usuario; realizar una triangulación en las superficies de los cilindros coaxiales vecinos.

En algunos ejemplos, la realización de una triangulación en una superficie de cilindro puede comprender combinar correspondientes señales de respuesta SRR en los puntos identificados con pesos que dependen de la distancia real entre la posición de medición de respuesta SRR y la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el
20 usuario.

En la invención, las señales de respuesta SRR son señales de respuesta a impulso de sala (RIR: room impulse response) en tres dimensiones.

25 Según la reivindicación 6 de la invención, se proporciona un dispositivo para aplicar una reverberación tridimensional a un objeto de sonido en una posición seleccionada por un usuario en una sala de sonido, originándose el objeto de sonido desde una posición del objeto de sonido.

En algunos ejemplos, el procesador de reverberación puede estar configurado para realizar la operación de convolución en el tiempo entre el objeto de sonido y la señal de respuesta SRR tridimensional calculada a medida que el objeto de sonido cambia de posición, es decir, a medida que se mueve, en la sala de sonido. Se pueden calcular diferentes señales de respuesta SRR en diferentes posiciones lo que resulta, cada vez, en diferentes operaciones de convolución e interpolaciones. La operación de convolución en el tiempo se puede realizar de forma continua, a medida que el objeto de sonido se mueve, o en posiciones discretas muestreadas.
30

En algunos ejemplos, el dispositivo puede ser conectable a una base de datos que almacena señales de respuesta SRR existentes. La lógica de respuestas SRR puede estar configurada para identificar y recuperar señales de respuesta SRR existentes en la base de datos asociadas con la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario.
35

Los procedimientos mencionados en el presente documento se pueden implementar mediante hardware, firmware, software y/o combinaciones de los mismos. Por ejemplo, algunos aspectos de la invención se pueden implementar en un aparato que incluye un sistema de interfaz y un sistema lógico. El sistema de interfaz puede incluir una interfaz de usuario y/o una interfaz de red. En algunas implementaciones, el aparato puede incluir un sistema de memoria. El
40 sistema de interfaz puede incluir al menos una interfaz entre el sistema lógico y el sistema de memoria.

El sistema lógico puede incluir al menos un procesador, tal como un procesador con uno o múltiples chips, un procesador de señales digitales (DSP: digital signal processor), un circuito integrado específico (ASIC: specific integrated circuit), una matriz de puertas programables (FPGA: programmable gate array), u otros dispositivos
50 lógicos programables, puertas discretas o transistores lógicos, componentes de hardware discretos y/o combinaciones de los mismos.

En algunas implementaciones, el sistema lógico puede ser capaz de recibir, a través del sistema de interfaz, datos de audio procedentes de objetos de sonido. Los objetos de sonido pueden incluir señales de audio y metadatos
55 asociados. En algunas implementaciones, los metadatos asociados incluirán la posición, la velocidad del objeto y el entorno acústico del objeto de sonido. En base a esta información, el sistema lógico podrá asociar el objeto con el conjunto apropiado de respuestas SRR y calcular la señal reverberada.

El proceso asociado puede ser independiente de la configuración particular de los altavoces del sistema de reproducción. Por ejemplo, el proceso asociado puede implicar la renderización de los objetos de sonido resultantes de acuerdo con las ubicaciones de los altavoces virtuales. El sistema lógico puede ser capaz de recibir, a través del sistema de interfaz, metadatos que corresponden a la ubicación y características acústicas del objeto de sonido. El procesamiento de reverberación se puede realizar, en parte, de acuerdo con estos metadatos.
60

El sistema lógico puede ser capaz de codificar los datos de salida del proceso asociado. En algunas implementaciones, el proceso de codificación puede no implicar la codificación de los metadatos utilizados.

- 5 Al menos algunas de las ubicaciones de los objetos pueden ser estacionarias. Sin embargo, algunas de las ubicaciones de los objetos pueden variar con el tiempo.

El sistema lógico puede ser capaz de calcular contribuciones de fuentes virtuales. El sistema lógico puede ser capaz de determinar un conjunto de ganancias para cada uno de la pluralidad de canales de salida basándose, en parte, a las contribuciones de los cálculos.

El sistema lógico puede ser capaz de evaluar los datos de audio para determinar el tipo de contenido.

A continuación se presentan detalles de una o más implementaciones de esta especificación, acompañados de esquemas. Otras características, detalles y ventajas serán evidentes a partir de las descripciones, esquemas y reivindicaciones.

En otro aspecto, se divulga un producto de programa informático. El producto de programa informático puede comprender instrucciones de programa para hacer que un sistema informático realice un procedimiento de aplicar una reverberación tridimensional a un objeto de sonido en una posición seleccionada por un usuario en una sala de sonido según algunos ejemplos que se divulgan en este documento.

El producto de programa informático puede estar incorporado en un medio de almacenamiento (por ejemplo, un CD-ROM, un DVD, una unidad USB, en una memoria informática o en una memoria de sólo lectura) o puede ser transportado en una señal portadora (por ejemplo, en una señal portadora eléctrica u óptica).

El programa informático puede ser en forma de código fuente, código objeto, un código intermedio entre código fuente y código objeto tal como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada para su uso en la implementación de los procesos. La portadora puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de transportar el programa informático.

Por ejemplo, la portadora puede comprender un medio de almacenamiento, tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM semiconductora, o un medio de grabación magnética, por ejemplo un disco duro. Además, la portadora puede ser una portadora transmisible tal como una señal eléctrica u óptica, que puede ser transportada a través del cable eléctrico u óptico o por radio u otros medios.

Cuando el programa informático está incorporado en una señal que puede ser transportada directamente por un cable u otro dispositivo o medio, la portadora puede estar constituida por dicho cable u otro dispositivo o medio.

Alternativamente, la portadora puede ser un circuito integrado en el que se encuentra incorporado el programa informático, estando el circuito integrado adaptado para realizar, o para su uso en la realización de, los procedimientos pertinentes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se describirán ejemplos no limitativos de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 ilustra de forma esquemática una estructura de mediciones (measurement grid) según la invención en una sala de sonido (auditorio);

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un dispositivo para aplicar una reverberación tridimensional a un objeto de sonido en una posición seleccionada por un usuario en una sala de sonido, según la invención

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de aplicación de una reverberación tridimensional a un objeto de sonido en una posición seleccionada por un usuario en una sala de sonido, según un ejemplo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE EJEMPLOS

En función de la naturaleza y origen de las respuestas SRR disponibles en la base de datos de respuestas SRR, se permite a un usuario simular la acústica de algunas salas en particular, añadiendo las correspondientes reverberaciones 3D de estas salas a algunos objetos de audio de su elección.

Un conjunto de respuestas SRR de una sala concreta puede estar compuesto por varias respuestas RIR tridimensional (es decir, respuestas RIR con indicaciones direccionales) medidas desde diferentes puntos del espacio alrededor de una posición de escucha, lo que constituye una "cartografía" en 3D de la acústica de la sala tal y como se percibe en la posición de escucha.

La Figura 1 ilustra de forma esquemática una estructura de mediciones (measurement grid) en una sala de sonido.

Distribución de los puntos de medición

La posición de escucha se establece en una ubicación 105 en la que normalmente se ubica el director de orquesta, apuntando hacia la parte trasera B del escenario. Se ubica entonces en el borde del escenario (lo que significa que la orquesta se ubica delante mientras que el público se ubica detrás), centrado en el eje izquierdo-derecho (L-R), a una altura de 2 metros sobre el suelo F del escenario. La distribución de las posiciones de medición (indicadas con símbolos de cruz en la Figura 1) es cilíndrica: todas pertenecen a la superficie de unos cilindros de diferentes radios (= diferentes distancias con respecto de la posición de escucha), cuyo eje de revolución es vertical y pasa por la posición de escucha, a diferente altura. En concreto, en un ejemplo de implementación para el Auditorio de Barcelona:

- las distancias son: 1 m, 2 m, 5 m, 10 m
- los acimut son: 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°
- las alturas son: -2 m (en el suelo del escenario), -1 m, 0 m, 1 m, 2 m

En consecuencia, la base de datos de respuestas SRR del Auditorio de Barcelona se compone de $4 \times 8 \times 5 = 160$ mediciones de respuestas SRR, constituyendo una cartografía en 3D de la acústica de esta sala que se percibe desde la ubicación del director.

Como el objetivo de la técnica que se describe es añadir la reverberación de espacios acústicos concretos a una serie de objetos de audio, las respuestas SRR deben contener la reverberación de los espacios medidos. El tiempo de reverberación de una sala (duración del conjunto de ecos subsiguientes generados por un sonido impulsivo emitido en la sala) depende de su geometría y propiedades de absorción, por lo que la longitud de las respuestas SRR varía en función de la sala que se considere.

En el ejemplo del Auditorio de Barcelona, con un tiempo de reverberación de 1,5 segundos, las respuestas SRR tienen 72000 muestras con una frecuencia de muestreo de 48 kHz. Además, las respuestas SRR son respuestas RIR tridimensional, lo que significa que se pueden añadir algunas indicaciones direccionales a las respuestas RIR estándar. En el presente ejemplo, las respuestas SRR pueden ser capturadas por un micrófono 3D que cuenta con 4 cápsulas repartidas a lo largo de la superficie de una esfera rígida. Como resultado, cada respuesta SRR puede estar compuesta por 4 señales de una longitud de 72000 muestras. Las muestras de audio se pueden almacenar en formato WAV de 24 bits.

Gracias al conjunto de respuestas SRR que se ha descrito anteriormente, la presente técnica permite generar el patrón de reverberación en 3D de una fuente de audio ubicada en cualquier posición entre los puntos de medición, tal y como se percibiría desde la ubicación del director. En consecuencia, el usuario puede colocar cualquiera de sus objetos de sonido en la sala de sonido dentro de los límites del volumen cubierto por la distribución de puntos de medición.

A través de la interfaz de usuario, el usuario puede elegir colocar un objeto de sonido específico (= señal de audio) en una posición específica del Auditorio de Barcelona: por ejemplo, distancia de 3 m, acimut de 30°, altura de 1,2 m.

El objeto de sonido (= material de señal de audio) se puede agregar entonces con los siguientes metadatos:

- nombre de la sala (por ejemplo, Auditorio de Barcelona)
- sistema de coordenadas: cilíndrico
- posición (por ejemplo, 3 metros de distancia, 30° de acimut, 1,2 metros de altura)

Los datos de 'sala' permiten al sistema seleccionar el conjunto de respuestas SRR que corresponden al Auditorio de Barcelona de la base de datos de respuestas SRR. Los datos de 'sistema de coordenadas' y 'posición' permiten recoger el subconjunto de respuestas SRR adecuadas del conjunto de respuestas SRR del Auditorio de Barcelona.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema para aplicar una reverberación tridimensional a un objeto de sonido en una posición seleccionada por un usuario en una sala de sonido, según un ejemplo. Un objeto de sonido 205 puede estar ubicado en una sala de sonido dentro de un espacio ya cubierto por una estructura de mediciones (measurement grid), como en la Figura 1. El objeto de sonido 205 puede incluir una señal de audio y metadatos relacionados con la sala de sonido y/o con el objeto de sonido. Los metadatos se pueden enviar a una primera unidad lógica 210 (o lógica de respuestas SRR 210) del dispositivo 200. Los metadatos pueden incluir, entre otra información, el nombre de la sala, el sistema de coordenadas y la posición del objeto de sonido en la sala. La primera unidad lógica 210 puede recibir los metadatos y seleccionar respuestas SRR de la base de datos de respuestas SRR 215. La base de datos de respuestas SRR 215 puede incluir mediciones de respuesta SRR de la sala de sonido. La base de datos de respuestas SRR 215 puede formar parte del dispositivo 200 o puede ser externa, y el dispositivo 200 se puede conectar o comunicar con la base de datos de respuestas SRR 215 para recuperar las respuestas SRR pertinentes. De este modo, la primera lógica 210 puede seleccionar las mediciones de

respuesta SRR que corresponden a posiciones más cercanas a la posición del objeto de sonido 205 en la sala de sonido.

El cálculo de la respuesta SRR que corresponde a la posición elegida consiste en procesar los datos de respuesta SRR del subconjunto de respuestas SRR extraídas en la etapa anterior. Esto se puede ver como un proceso de interpolación, que es realizado por la primera unidad lógica 210.

En el presente ejemplo, el procedimiento de interpolación es bi-triangular: sobre la superficie de dos cilindros vecinos, el sistema busca los 3 puntos de medición más cercanos a la posición elegida con el fin de conseguir una triangulación en las superficies de ambos cilindros. A continuación, se realiza una interpolación lineal entre las dos respuestas SRR calculadas por cada proceso de triangulación.

En un ejemplo, la posición seleccionada está a 3 metros de distancia, 30° de acimut, 1,2 metros de altura y las respuestas SRR extraídas del conjunto de respuestas SRR del Auditorio de Barcelona son las siguientes:

- 15 • (2 m de distancia, 0° de acimut, 1 m de altura)
 - (2 m de distancia, 45° de acimut, 1 m de altura)
 - (2 m de distancia, 45° de acimut, 2 m de altura) para conseguir la triangulación sobre la superficie del cilindro de radio igual a 2 m, y:
 - (5 m de distancia, 0° de acimut, 1 m de altura)
 - 20 • (5 m de distancia, 45° de acimut, 1 m de altura)
 - (5 m de distancia, 45° de acimut, 2 m de altura)
- para conseguir la triangulación sobre la superficie del cilindro de radio igual a 5 m.

Cada proceso de triangulación consiste en combinar las correspondientes 3 señales de respuesta SRR con pesos que dependen de la distancia real entre la posición de medición de respuesta SRR y la posición elegida por el usuario.

Además, dado que las respuestas SRR son respuestas RIR tridimensional, la respuesta SRR calculada por el proceso de triangulación tiene una orientación 3D que es diferente de la orientación 3D de cualquiera de las 3 respuestas SRR medidas realmente. En consecuencia, además de combinar las 3 respuestas SRR medidas realmente, el proceso de triangulación también consigue mezclar los 4 canales diferentes de las respuestas SRR para modificar la orientación 3D.

La señal de audio del objeto de sonido 205 puede ser emitida a la segunda unidad lógica 220. La segunda unidad lógica 220 (o procesador de reverberación 220) puede recibir la señal de audio del objeto de sonido 205 y las respuestas SRR seleccionadas de la primera unidad lógica 210 y realizar una operación de convolución para aplicar la reverberación 3D al objeto de sonido.

La aplicación de la reverberación 3D a la señal de audio del objeto de sonido es realizada por la segunda unidad lógica 220, a través de una operación de convolución en el tiempo entre la señal de audio del objeto de sonido y los diferentes canales de la respuesta SRR emitida en la etapa anterior. Esto da lugar a un objeto de sonido reverberado en 3D compuesto por 4 canales, que posteriormente es decodificado por el sistema de reproducción 225. El oyente final percibirá entonces el objeto de sonido como si hubiera sido grabado originalmente en la posición elegida (3 metros de distancia, 30° de acimut, 1,2 metros de altura, desde la ubicación habitual del director) de la sala de sonido, por ejemplo el Auditorio de Barcelona.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de aplicación de una reverberación tridimensional a un objeto de sonido en una posición seleccionada por un usuario en una sala de sonido, según un ejemplo. En el bloque 305, se recibe un objeto de sonido procedente de una fuente de sonido. A continuación, en el bloque 310, se puede calcular una señal de respuesta SRR tridimensional correspondiente a la posición seleccionada por el usuario. En el bloque 315, se puede realizar una operación de convolución en el tiempo entre una señal de audio del objeto de sonido y la respuesta SRR tridimensional calculada. Por lo tanto, el alcance de la presente divulgación no debe estar limitado por ejemplos particulares, sino que se debe determinar únicamente mediante una lectura imparcial de las siguientes reivindicaciones. Si en una reivindicación se colocan entre paréntesis signos de referencia relacionados con dibujos, es únicamente para intentar aumentar la inteligibilidad de la reivindicación, y no se interpretarán como limitantes del alcance de la reivindicación.

Además, aunque los ejemplos que se han descrito con referencia a los dibujos comprenden aparatos/sistemas informáticos y procesos realizados en aparatos/sistemas informáticos, la invención también se extiende a programas informáticos, en particular a programas informáticos en una portadora, adaptados para poner en práctica el sistema.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de aplicar una reverberación tridimensional (3D) a un objeto de sonido (205) según se percibe desde una posición de escucha en una sala de sonido, en el que la posición de escucha (105) corresponde a una posición desde la que se ha medido una red de respuestas espaciales de sala (SRR) 3D a diferentes distancias con respecto de la posición de escucha, en el que la distribución de puntos de medición es cilíndrica, originándose el objeto de sonido en una posición de objeto de sonido seleccionada por un usuario, en el que las respuestas SRR son respuestas a impulso de sala en 3D con indicaciones direccionales, en el que el objeto de sonido se ubica en cualquier posición entre los puntos de medición, comprendiendo el procedimiento:
- 5 recibir un objeto de sonido (205), en el que el objeto de sonido (205) comprende una señal de audio y metadatos asociados, en el que los metadatos asociados comprenden la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario;
- 10 calcular respuestas espaciales de sala (SRR) 3D que corresponden a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario, en el que calcular las respuestas SRR que corresponden a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario comprende seleccionar respuestas SRR existentes para su interpolación en base a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario, en el que las respuestas SRR existentes se almacenan en una base de datos (215) junto con coordenadas que corresponden a su posición de captura, en el que las coordenadas corresponden a posiciones muestreadas en la sala de sonido, que comprende además interpolar las respuestas SRR existentes seleccionadas almacenadas en la base de datos, en el que la interpolación de los valores de respuesta SRR existentes comprende realizar una interpolación bi-triangular o una interpolación tetraédrica entre los valores de respuesta SRR existentes, realizar una operación de convolución en el tiempo entre la señal de audio del objeto de sonido y el valor de respuesta SRR calculado para calcular una señal reverberada **caracterizado por el hecho de que** realizar la interpolación bi-triangular comprende:
- 15 identificar tres puntos de medición en una superficie de dos cilindros coaxiales vecinos, siendo los tres puntos de medición los más cercanos a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario;
- 20 realizar una triangulación en las superficies de los cilindros coaxiales vecinos;
- y realizar la interpolación tetraédrica comprende:
- 25 identificar cuatro puntos de medición pertenecientes a una superficie de dos cilindros coaxiales vecinos diferentes, siendo los cuatro puntos de medición los más cercanos a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario;
- 30 realizar una triangulación en el volumen definido por los cuatro puntos de medición.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las respuestas SRR existentes son medidas en posiciones de un sistema de coordenadas.
- 35 3. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que el sistema de coordenadas es uno de entre un sistema de coordenadas cilíndrico, un sistema de coordenadas cartesiano o un sistema de coordenadas esférico.
4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que realizar una triangulación en una superficie de cilindro comprende combinar correspondientes respuestas SRR en los puntos identificados con pesos que dependen de la distancia real entre la posición de medición de la respuesta SRR y la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario.
- 40 5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que realizar una triangulación en un tetraedro comprende combinar correspondientes respuestas SRR en los puntos identificados con pesos que dependen de una distancia real entre la posición de medición de la respuesta SRR y la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario.
- 45 6. Un dispositivo para aplicar una reverberación tridimensional a un objeto de sonido (205) en una posición seleccionada por un usuario en una sala de sonido, originándose el objeto de sonido (205) desde una posición del objeto de sonido, en el que el objeto de sonido (205) se percibe desde una posición de escucha en la sala de sonido, en el que la posición de escucha (105) corresponde a una posición desde la que se ha medido una red de respuestas espaciales de sala (SRR) 3D a diferentes distancias con respecto de la posición de escucha, en el que la distribución de puntos de medición es cilíndrica, en el que las respuestas SRR son respuestas a impulso de sala 3D con indicaciones direccionales, en el que el objeto de sonido se ubica en cualquier posición entre los puntos de medición, comprendiendo el dispositivo:
- 50 un receptor para recibir el objeto de sonido (205) desde la posición del objeto de sonido, en el que el objeto de sonido comprende una señal de audio y metadatos asociados, en el que los metadatos asociados comprenden la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario;
- 60 una lógica de respuestas SRR para calcular respuestas espaciales de sala (SRR) 3D que corresponden a la posición seleccionada por el usuario, en el que la lógica de respuestas SRR está configurada para seleccionar respuestas SRR existentes para su interpolación en base a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario, en el que las respuestas SRR existentes se almacenan en una base de datos junto con coordenadas que

corresponden a su posición de captura, en el que las coordenadas corresponden a posiciones muestreadas en la sala de sonido, en el que la lógica de respuestas SRR está configurada además para interpolar las respuestas SRR existentes seleccionadas almacenadas en la base de datos, en el que la lógica de respuestas SRR está configurada además para interpolar los valores de respuesta SRR existentes seleccionados realizando una interpolación bi-

5 triangular o una interpolación tetraédrica entre los valores de respuesta SRR existentes;

un procesador de reverberación para realizar una operación de convolución en el tiempo entre la señal de audio del objeto de sonido y la respuesta SRR calculada **caracterizado por el hecho de que** realizar la interpolación bi-

triangular comprende:

identificar tres puntos de medición en una superficie de dos cilindros coaxiales vecinos, siendo los tres puntos de

10 medición los más cercanos a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el usuario;

realizar una triangulación en las superficies de los cilindros coaxiales vecinos;

y realizar la interpolación tetraédrica comprende:

identificar cuatro puntos de medición pertenecientes a una superficie de dos cilindros coaxiales vecinos diferentes, siendo los cuatro puntos de medición los más cercanos a la posición del objeto de sonido que ha seleccionado el

15 usuario;

realizar una triangulación en el volumen definido por los cuatro puntos de medición.

7. Un dispositivo según la reivindicación 6, en el que el procesador de reverberación está configurado para realizar la operación de convolución en el tiempo entre la señal de audio del objeto de sonido y la respuesta SRR calculada a

20 medida que el objeto de sonido cambia de posición en la sala de sonido.

8. Un dispositivo según la reivindicación 6, conectable a una base de datos que almacena SRR existentes, en el que la lógica de respuestas SRR está configurada para identificar y recuperar respuestas SRR existentes en la base de datos asociadas con la posición seleccionada por el usuario.

25

9. Producto de programa informático que comprende instrucciones de programa para hacer que un sistema informático ejecute un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

10. Un producto de programa informático según la reivindicación 9, incorporado en un medio de almacenamiento.

30

11. Un producto de programa informático según la reivindicación 9, adaptado para ser transportado en una señal portadora.

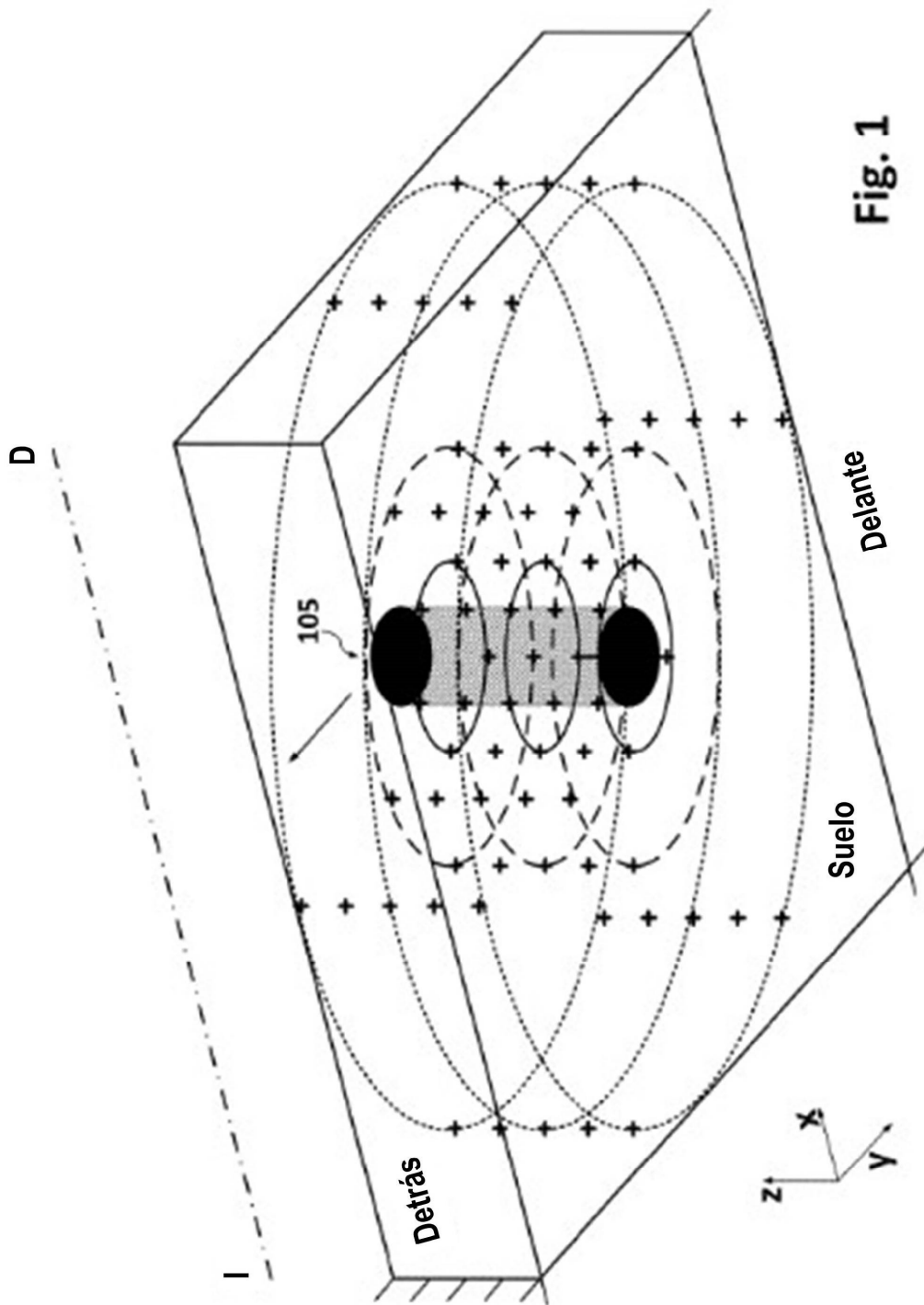


Fig. 1

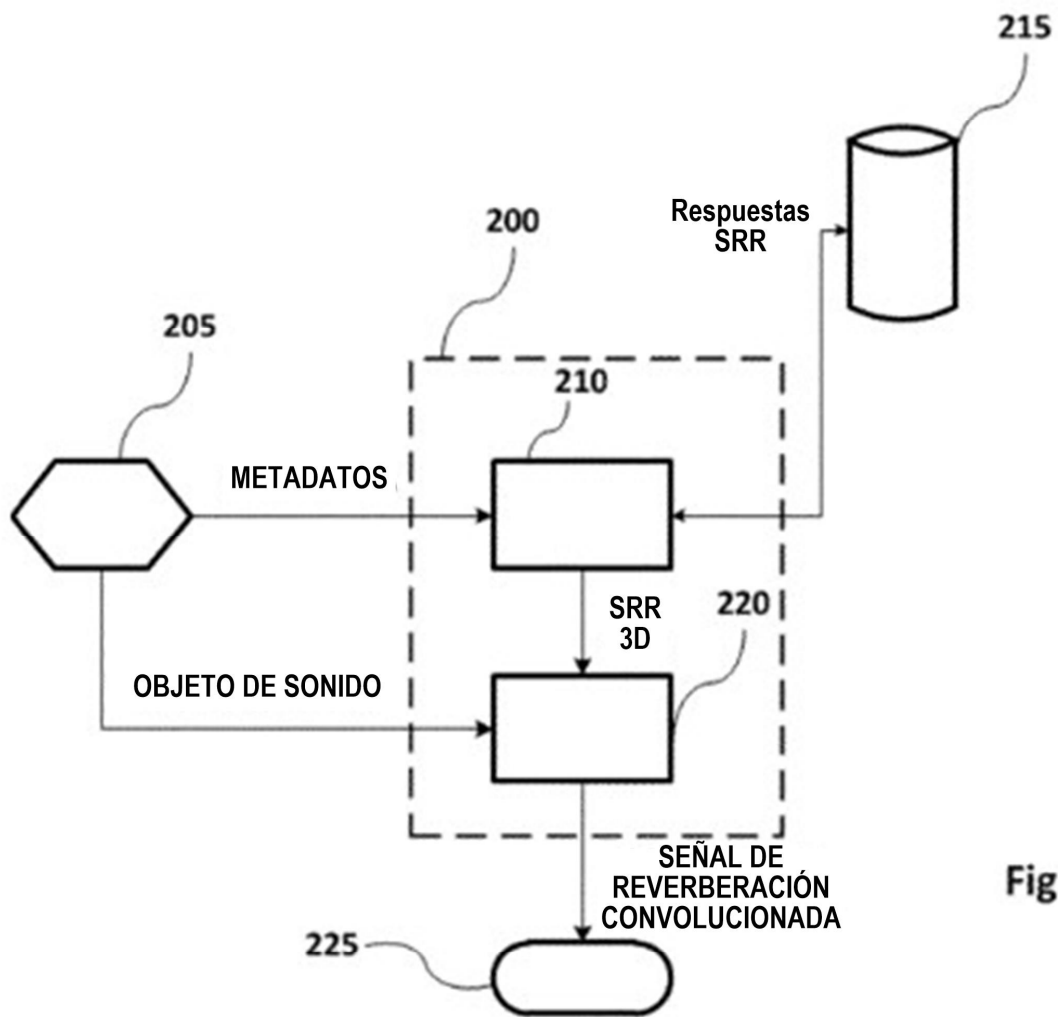


Fig. 2

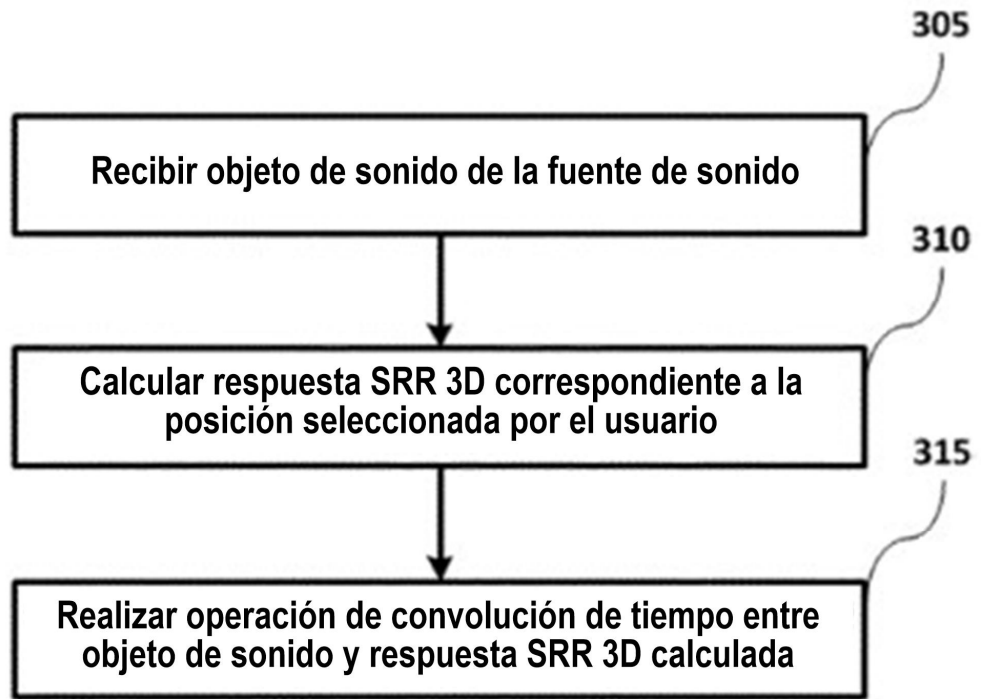


Fig. 3