

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 275**

51 Int. Cl.:

H04R 5/02 (2006.01)

H04S 3/00 (2006.01)

H04R 27/00 (2006.01)

H04S 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2015** **E 15165526 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018** **EP 3089477**

54 Título: **Un aparato para reproducir una señal de audio multicanal y un método para producir una señal de audio multicanal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.10.2018

73 Titular/es:
L-ACOUSTICS UK LIMITED (100.0%)
Aston House Cornwall Avenue
London N3 1LF, GB

72 Inventor/es:
HEIL, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 686 275 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

Un aparato para reproducir una señal de audio multicanal y un método para producir una señal de audio multicanal

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de audio multicanal.

10 Antecedentes y técnica anterior

Sistemas de audio multicanal se distinguen de sistemas de audio estereofónicos por el número de canales de información de audio y el correspondiente número de altavoces usados para la reproducción. Mientras los sistemas estereofónicos se caracterizan por dos canales, los sistemas de audio multicanal comunes tienen 5 o más canales.

15 Uno de los objetivos de los sistemas de audio multicanal es proporcionar a un oyente con la experiencia inmersiva de un director de orquesta o un artista en el escenario.

Un factor importante para una experiencia de este tipo es la capacidad para producir un "escenario de sonido" en el que cada objeto - por ejemplo instrumentos musicales - dentro del sonido producido se percibe por el oyente como que se origina desde una posición. Los ingenieros de sonido sitúan cada objeto de sonido, habitualmente en una posición virtual entre dos canales, cuando mezclan una señal de audio multicanal. El componente de cada objeto de sonido en los dos canales se determina a continuación usado panoramización de amplitud. Cuando cada canal se reproduce mediante un correspondiente altavoz, el sonido se percibe por el oyente como que se origina desde una ubicación determinada por la panoramización de amplitud y la ubicación de los altavoces con respecto al oyente.

25 Otro factor importante para una experiencia de este tipo es el nivel de presión acústica (SPL) el sistema es capaz de producir donde se coloca el oyente. Conciertos y actuaciones en directo similares puede implicar picos de SPL por encima de 120 dB.

30 La mayoría de sistemas de audio multicanal tienen altavoces situados cerca de las paredes de una sala, con el oyente colocado hacia el centro de la sala. Para proporcionar un SPL de 120 dB en el oyente con una disposición de este tipo, el SPL en la mayoría de posiciones a lo largo de las paredes de la propia sala es mayor de 120 dB, que no es deseable en entornos residenciales.

35 La publicación de Patente Europea EP0966172A2 describe un método de sintetización de una señal de audio que tiene canales izquierdo y derecho.

40 Chang Ji-Ho et al, "Experimental validation of sound field control with a circular double-array of loudspeakers", Revista de la Sociedad Acústica de América, Vol. 133, N.º 4, abril de 2013, p2046-2054 describe un método de control de campos de sonido con un conjunto de doble capa circular de altavoces.

45 Ville Pulkki, "Uniform spreading of amplitude panned virtual sources", Actas del Taller de IEEE de 1999 sobre Aplicaciones de Procesamiento de Señales a Audio y Acústicas, 1999, p 187-190, describe un método para hacer la propagación direccional de fuentes panoramizadas de amplitud independientes de su dirección de panoramización.

La solicitud de patente internacional WO 2014/159272 A1 describe un método de sintetización de una señal de audio multicanal para correlacionar un objeto de audio con un tamaño aparente.

Sumario de la invención

50 Se describe un aparato para reproducir una señal de audio multicanal que costa de uno o más objetos de sonido en los que cada objeto de sonido está presente en una pluralidad de canales, comprendiendo el aparato:

- una zona de escucha predeterminada proporcionada dentro del aparato;
- 55 una pluralidad de primeros altavoces proporcionados espaciados alrededor de un primer arco delante de la zona de escucha, cada uno de los primeros altavoces que se dirige hacia la zona de escucha y sustancialmente equidistantes entre sí;
- una pluralidad de segundos altavoces proporcionados espaciados alrededor de un segundo arco detrás de la zona de escucha, dirigiéndose cada uno de los segundos altavoces que hacia la zona de escucha;
- 60 un amplificador dispuesto para producir una señal amplificada desde cada canal en la señal de audio, estando cada señal amplificada provista de un correspondiente primer o segundo altavoz;
- con lo que cada objeto de sonido se reproduce mediante uno o más altavoces de tal forma que el SPL en un punto espaciado del aparato es menor que el SPL en la zona de escucha.

65 Preferentemente, el SPL en un punto espaciado del aparato la misma distancia que cada primer altavoz se espacia de la zona de escucha es 15 dB menor que el SPL en la zona de escucha.

Preferentemente, el número de primeros y segundos altavoces es al menos 13, siendo el número de primeros altavoces mayor que el número de segundos altavoces.

Preferentemente, la señal de audio multicanal se produce mediante el método a continuación.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona un método para producir una señal de audio multicanal a partir de una o más señales de objeto de sonido, que comprende:

Para cada señal de objeto de sonido:

Producir una pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas a partir de la señal de objeto de sonido duplicando una parte de la señal de objeto de sonido y aplicar ganancias a cada una de las señales duplicadas, en el que las ganancias aplicadas siguen una distribución de Gauss;

Procesar la pluralidad impar de señales de anchura para producir una pluralidad de señales panorámicas, estando cada señal panorámica correlacionada con un canal;

Para cada canal en la señal de audio, combinar las señales panorámicas de cada objeto de sonido para ese canal.

Preferentemente, el método comprende adicionalmente la etapa de normalización de las ganancias aplicadas de tal forma que la amplitud de la suma de las señales de anchura es igual a la amplitud de la parte de la señal de objeto de sonido.

Preferentemente, la distribución de Gauss sigue una desviación típica configurable por un usuario.

Preferentemente, la etapa de producción de una pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas comprende además procesar cada señal de objeto de sonido usando un filtro de transición para producir una parte de frecuencia baja y una parte de frecuencia alta, estando la pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas producidas a partir de la parte de frecuencia alta.

Preferentemente, se produce una pluralidad impar de señales de anchura decorrelacionadas, en el que la parte de frecuencia baja se aplica a una señal central de la pluralidad impar de señales de anchura decorrelacionadas.

Preferentemente, el método comprende adicionalmente procesar cada señal de objeto de sonido para producir una señal corregida en profundidad y producir la pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas a partir de la señal corregida en profundidad.

Preferentemente, cada señal de objeto de sonido se procesa para producir dos señales corregidas en profundidad, una señal directa y una señal reverberante, en el que la pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas se producen a partir de la señal directa, y en el que la señal reverberante se procesa para producir una pluralidad de señales de salida reverberantes decorrelacionadas, estando cada señal de salida reverberante decorrelacionada correlacionada con al menos un canal en la señal de audio.

Breve descripción de las figuras

La invención se describirá ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es una vista superior, parcialmente cortada, de un aparato para reproducir una señal de audio multicanal;

la Figura 2 es una vista trasera en perspectiva del aparato en la Figura 1;

la Figura 3 es una vista frontal en perspectiva del aparato en la Figura 1;

la Figura 4 muestra niveles de presión acústica (SPL) de sala cuando el aparato de la Figura 1 está en uso;

la Figura 5 muestra SPL de sala comparables usando altavoces estereofónicos y sistema de audio convencionales;

la Figura 6 muestra SPL de sala comparables usando altavoces multicanal y sistema de audio convencionales; y

la Figura 7 es un diagrama de procesamiento de señales que muestra un método para producir una señal de audio multicanal de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción de realizaciones preferidas

Las Figuras 1 a 3 muestran un aparato 10 para reproducir una señal de audio multicanal. El aparato 10 comprende una pluralidad de primeros altavoces 12 proporcionados espaciados alrededor de un primer arco 14. Cada uno de los primeros altavoces 12 se dirige hacia una zona de escucha 16 proporcionada dentro del aparato 10. Los primeros altavoces 12 están cada uno preferentemente sustancialmente equidistantes de la zona de escucha 16. El primer arco 14 es preferentemente circular como se muestra en los dibujos; sin embargo, también pueden usarse otras curvas elípticas o arqueadas.

Una pluralidad de segundos altavoces 18 se proporcionan espaciados alrededor de un segundo arco 20. Cada uno de los segundos altavoces 18 se dirige hacia la zona de escucha 16.

En la Figura 1 se muestra un oyente 22 en la zona de escucha 16 que se dirige hacia los primeros altavoces 12. A lo largo de toda la memoria descriptiva, los términos 'delante' y 'detrás' se usan con relación a la zona de escucha 16 de acuerdo con la orientación del oyente 22 mostrado en la Figura 1.

Como se ve en la Figura 1, los primeros altavoces 12 se colocan delante de la zona de escucha 16 y rodean los 180° delanteros de la zona de escucha 16. Los segundos altavoces 18 se colocan detrás la zona de escucha 16. En la realización, se usan trece (13) primeros altavoces 12 y cinco (5) segundos altavoces 18, aunque pueden usarse otras cantidades. Sin embargo, se prefiere que el número de primeros y segundos altavoces sea al menos trece.

Se proporcionan dos controladores de baja frecuencia 24, a cada lado y detrás de la zona de escucha 16 en un cerramiento 26. Los controladores de baja frecuencia 24 se configuran como altavoces de sonidos graves.

Un amplificador 28 produce señales amplificadas desde cada canal en la señal de audio. Preferentemente, la señal de audio tiene un canal separado para cada altavoz 12, 18 y 24. Por lo tanto, el amplificador 28 proporciona una señal amplificada separada a cada altavoz y a los altavoces de sonidos graves. El amplificador 28 se aloja detrás de la zona de escucha 16 en el cerramiento 26. El término amplificador 28 abarca un amplificador multicanal, múltiples amplificadores de un solo canal o una combinación de ambos. Se prefieren los amplificadores de clase D por eficiencia aunque pueden utilizarse otras clases.

El aparato 10 tiene una base 30 en la que se monta el cerramiento 26. Cada primer altavoz 12 se proporciona en un cerramiento 32 montado en la base 30. Cerramientos adyacentes 32 se conectan a través de placas 34 que se extienden entre sus superficies superiores. Cuando se montan de esta manera, los cerramientos 32 forman un arco continuo.

La señal de audio multicanal consiste en uno o más objetos de sonido. Cada objeto de sonido está presente en una pluralidad de canales de la señal de audio como se describirá en más detalle a continuación.

Cuando la señal de audio se reproduce mediante el aparato 10, cada objeto de sonido se reproduce mediante uno o más altavoces 12, 18. El sonido de cada altavoz converge en la zona de escucha 16. Ya que cada altavoz 12 está sustancialmente equidistante de la zona de escucha 16, sonidos de altavoces adyacentes 12 que reproducen un objeto de sonido se añadirán constructivamente a la zona de escucha 16.

Cuando el aparato 10 reproduce la señal de audio, el SPL en un punto espaciado del aparato 10 es menor que el SPL en la zona de escucha 16. Dos factores contribuyen a este efecto. En primer lugar, la zona de escucha 16 está sustancialmente equidistante de los altavoces 12 de tal forma que sus salidas acústicas se combinan dentro de la zona de escucha 16, mientras en otras ubicaciones existirán diferentes longitudes de trayectoria desde cada altavoz resultando en interferencias destructivas. En segundo lugar, los altavoces se ubican cerca de y orientan hacia la zona de escucha 16, mientras que fuera del aparato 10 la distancia media a los altavoces aumenta con la distancia en aumento desde el aparato, resultando en un SPL reducido.

Las Figuras 4 a 6 muestran los resultados de modelización de SPL en una sala de 50 m². En cada una de estas figuras, el modelo se estableció para producir un SPL de 125 dB en la zona de escucha y a continuación se calculó el SPL por toda la sala.

La Figura 4 muestra el SPL usando el aparato 10, en el que el SPL en las paredes de la sala es al menos 10 dB y hasta 15-20 dB menor que la zona de escucha. La Figura 5 muestra el SPL usando una disposición estereofónica tradicional. El SPL es mayor en esta disposición en la vecindad intermedia de los altavoces y paredes adyacentes. La Figura 6 muestra el SPL en sistemas multicanal típicos con altavoces en la periferia de la sala. Como se muestra, el SPL por toda la sala y las paredes es relativamente uniforme.

La producción de señales de audio convencionales implica la disposición de pistas monoaurales, representando cada pista un objeto de sonido; tales pistas también se denominan como señales de objeto de sonido. Para una grabación de estudio, existirá una pista para cada instrumento y cantante vocal. El ingeniero de sonido dispone

estas pistas, ajustando amplitudes relativas. Las pistas se mezclan a continuación y reducen al número de canales usando técnicas de planificación de amplitud.

El método preferido de producción de una señal de audio de acuerdo con la realización implica tres etapas de proceso aplicadas a la pista para cada objeto de sonido - profundidad, anchura y panorámico - descritas a continuación con referencia a la Figura 7.

Profundidad:

Cada pista, o señal de objeto de sonido, se filtra a través de un filtro IIR de segundo orden de paso bajo 102, un filtro IIR de segundo orden de ecualización baja 104 y un filtro IIR de segundo orden de ecualización alta 106. Estos filtros 102, 104 y 106 se aplican para representar variaciones de frecuencia que se producen cuando la distancia a una fuente de sonido aumenta. Una etapa de ganancia 108, proporcionada en la salida del filtro 106, produce dos señales de salida corregidas en profundidad, denominadas como señales directas y reverberantes.

A continuación se proporcionan ejemplos de filtros 102, 104 y 106 y etapa de ganancia 108 para un parámetro de profundidad d que tiene un valor entre 0 y 1, en el que 0 está cerca del oyente y 1 está lejos:

El filtro 102 puede ser un filtro de paso bajo de 2º orden de Butterworth con una frecuencia de corte f_c , en la que $f_c = 20 \text{ kHz}$ si $d \leq 0,2$, y $f_c = 20 \text{ kHz} - 15 \text{ kHz} * (d - 0,2)/0,8$ si $d > 0,2$.

El filtro 104 puede ser un filtro IIR de segundo orden de ecualización baja con una frecuencia de corte de 80 Hz, $Q = 0,5$, y ganancia(dB) = $3,0 * (1,0 - 5*d)^2$ si $d \leq 0,2$, y ganancia(dB) = $-6,0 * ((d - 0,2)/0,8)^2$ si $d > 0,2$.

El filtro 106 puede ser un filtro IIR de segundo orden de ecualización alta con una frecuencia de corte de 16 kHz, $Q = 0,5$, y ganancia(dB) = $6,0 * (1,0 - 5*d)^2$ si $d \leq 0,2$, y ganancia(dB) = 0,0 si $d > 0,2$.

La etapa de ganancia 108 puede ser un control de ganancia simple en el que ganancia(dB) = $3,0 * (1,0 - 5*d)^2$ si $d \leq 0,2$, y ganancia(dB) = $-12,0 * ((d - 0,2)/0,8)^2$ si $d > 0,2$.

Debería apreciarse que los valores anteriores son un ejemplo únicamente y pueden usarse otros valores.

La señal directa se pasa a la etapa de anchura descrita a continuación. La señal reverberante se procesa usando un simulador de espacio acústico 110. El simulador 110 añade una cantidad configurable de reverberación. El balanceo de amplitudes de las señales directas y reverberantes, por ejemplo en la etapa de ganancia 108, proporciona una sensación adicional de profundidad. El simulador 110 usa un algoritmo de 1 entrada, n entrada. Las n entradas tienen contenido de energía similar, pero se decorrelacionan usando redes de retardo de realimentación con diferentes constantes de tiempo para cada salida.

La naturaleza decorrelacionada de las n salidas habilita a las mismas para reproducirse por altavoces adyacentes sin afectar a la ubicación del oyente 22 del objeto de sonido (que se ubica mediante la señal directa), mientras que contribuye a enfocar la energía acústica en la zona de escucha 16 y proporciona una sensación de profundidad. Típicamente, $n < 13$ y las n salidas pueden correlacionarse con todos los canales en la señal de audio, estando varios de ellos alimentados por la misma salida. Como alternativa, las n salidas pueden correlacionarse con un subconjunto de estos canales usando, por ejemplo, técnicas de panoramización de audio estándar.

Anchura:

La señal directa de la etapa de profundidad se introduce en un filtro de transición de cuarto orden 112 que divide la señal en dos bandas: una parte de baja frecuencia (LF) y una parte de alta frecuencia (HF). La frecuencia de transición del filtro 112 se elige de modo que esté por debajo de la frecuencia de muestreo espacial $f_a = 2c/d_{\text{altavoz}}$, en la que f_a es la frecuencia de muestreo espacial, c es la velocidad de propagación de sonido en el aire, y d_{altavoz} es la distancia entre los centros de dos altavoces adyacentes. En la realización, la f_a es aproximadamente de 500 Hz, pero nada impide el uso de una frecuencia más baja.

La parte HF de la señal se pasa a través de k etapas de ganancia paralelas 114, para producir k señales, con la Figura 7 dibujada para el caso de $k=5$. Las etapas de ganancia 114 aplican ganancias a cada una de las k señales siguiendo una distribución de Gauss, cuya desviación típica se controla mediante un parámetro de anchura ajustable. Se prefiere que las ganancias de las etapas de ganancia 114 se normalicen de tal forma que la suma de las salidas de k etapas de ganancia 114 no muestren ninguna desviación de amplitud de la señal de entrada HF. Cuanto mayor sea el valor del parámetro de anchura, más uniforme será la distribución de ganancias aplicadas por las etapas de ganancia 114. Esto resulta en más control sobre el SPL fuera del aparato 10.

Se prefiere que k sea un número impar, de modo que el centro de las k señales tiene una amplitud mayor que las otras de las k señales, que ayuda al oyente 22 a ubicar el objeto de sonido. En otras realizaciones, pueden usarse valores de k distintos de 5.

Cada de las k señales pasa a través de uno de k filtros FIR de todo paso 116. Cada filtro FIR 116 altera la fase de la señal de entrada con un periodo espectral T y una fase inicial diferente en comparación con otros filtros FIR 116 para producir una de k señales de anchura, mostrado en la Figura 7 en 118. Las k señales de anchura se decorrelacionan en ciclo debido al efecto de los filtros 116. Pueden usarse patrones de oscilación de fase tal como sinusoides, así como otros patrones de oscilación de fase.

El efecto de la etapa de procesamiento de anchura es para producir k señales de anchura con propiedades de fase relativas para permitir su reproducción en k altavoces adyacentes del aparato 10, sin crear cancelaciones de frecuencia en la zona de escucha 16.

La Figura 7 muestra la parte LF que se suma a la señal central de las k señales. En otras realizaciones, la parte LF podría aplicarse a más de una de las k señales o seguir la misma distribución de ganancia/panorámico que la parte HF descrita anteriormente.

Panorámico:

Las k señales de anchura se pasan cada una a través de un filtro de ecualización baja IIR de segundo orden 120 y la etapa de ganancia 122 para producir k señales panorámicas. El filtro 120 proporciona una corrección de ganancia de baja frecuencia que reduce el cambio en la tonalidad de un objeto de sonido cuando se panoramiza a través de los altavoces 12, 18. Típicamente, la ganancia del filtro 120 es -3 dB cuando un objeto está equidistante a sus dos altavoces más cercanos.

A continuación, se usan técnicas de planificación de amplitud estándar para correlacionar las k señales panorámicas con canales en la señal de audio. Las k señales panorámicas se panoramizan con una etapa angular que corresponde a la distancia angular entre altavoces 12, 18 dependiendo de la ubicación del objeto de sonido. Esto resulta en un conjunto de señales, en k o $k+1$ de los canales en la señal de audio, con contenido de energía similar pero decorrelacionado en fase. Esto contribuye a enfocar la energía acústica en la zona de escucha. La capacidad del oyente para ubicar el objeto de sonido no se ve afectada: el oyente determinará la ubicación de un objeto de sonido basándose en la aparente fuente de sonido más alta; las señales decorrelacionadas a cada lado de la señal más alta para cada objeto de sonido para no afectar la ubicación del oyente del objeto de sonido ya que el sonido decorrelacionado no tiene una ubicación aparente para un oyente.

El procesamiento anterior se realiza para cada objeto de sonido y las salidas se combinan para que el canal produzca la señal de audio multicanal. Esta técnica de procesamiento proporciona un escenario de sonido con tridimensionalidad superior, capacidad de usuario mejorada para ubicar cada objeto de sonido con precisión, mientras que mantiene un control preciso de cómo la energía acústica se propaga fuera del aparato.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir una señal de audio multicanal a partir de una o más señales de objeto de sonido, que comprende:

Para cada señal de objeto de sonido:

Producir una pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas a partir de la señal de objeto de sonido duplicando una parte de la señal de objeto de sonido;

Procesar la pluralidad de señales de anchura para producir una pluralidad de señales panorámicas, estando cada señal panorámica correlacionada con al menos un canal;

Para cada canal en la señal de audio, combinar las señales panorámicas de cada objeto de sonido para ese canal;

caracterizado por que para cada señal de objeto de sonido, la pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas se produce aplicando ganancias a cada una de las señales duplicadas, en el que las ganancias aplicadas siguen una distribución de Gauss.

2. El método de la reivindicación 1, comprendiendo además la etapa de normalización de las ganancias aplicadas de tal forma que la amplitud de la suma de las señales de anchura es igual a la amplitud de la parte de la señal de objeto de sonido.

3. El método de la reivindicación 1 o 2, en el que la distribución de Gauss sigue una desviación típica configurable por un usuario.

4. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de producción de una pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas comprende además procesar cada señal de objeto de sonido usando un filtro de transición para producir una parte de frecuencia baja y una parte de frecuencia alta, estando la pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas producidas a partir de la parte de frecuencia alta.

5. El método de la reivindicación 4, en el que por cada señal de objeto de audio se produce una pluralidad impar de señales de anchura decorrelacionadas, en el que la parte de frecuencia baja se aplica a una señal central que tiene la mayor amplitud de la pluralidad impar de señales de anchura decorrelacionadas.

6. El método de la reivindicación 1, comprendiendo además procesar cada señal de objeto de sonido para producir una señal corregida en profundidad y producir la pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas a partir de la señal corregida en profundidad.

7. El método de la reivindicación 6, en el que cada señal de objeto de sonido se procesa para producir dos señales corregidas en profundidad, una señal directa y una señal reverberante, en el que la pluralidad de señales de anchura decorrelacionadas se producen a partir de la señal directa, y en el que la señal reverberante se procesa para producir una pluralidad de señales de salida reverberantes decorrelacionadas que tienen contenido de energía similar, estando cada señal de salida reverberante decorrelacionada correlacionada con al menos un canal en la señal de audio.

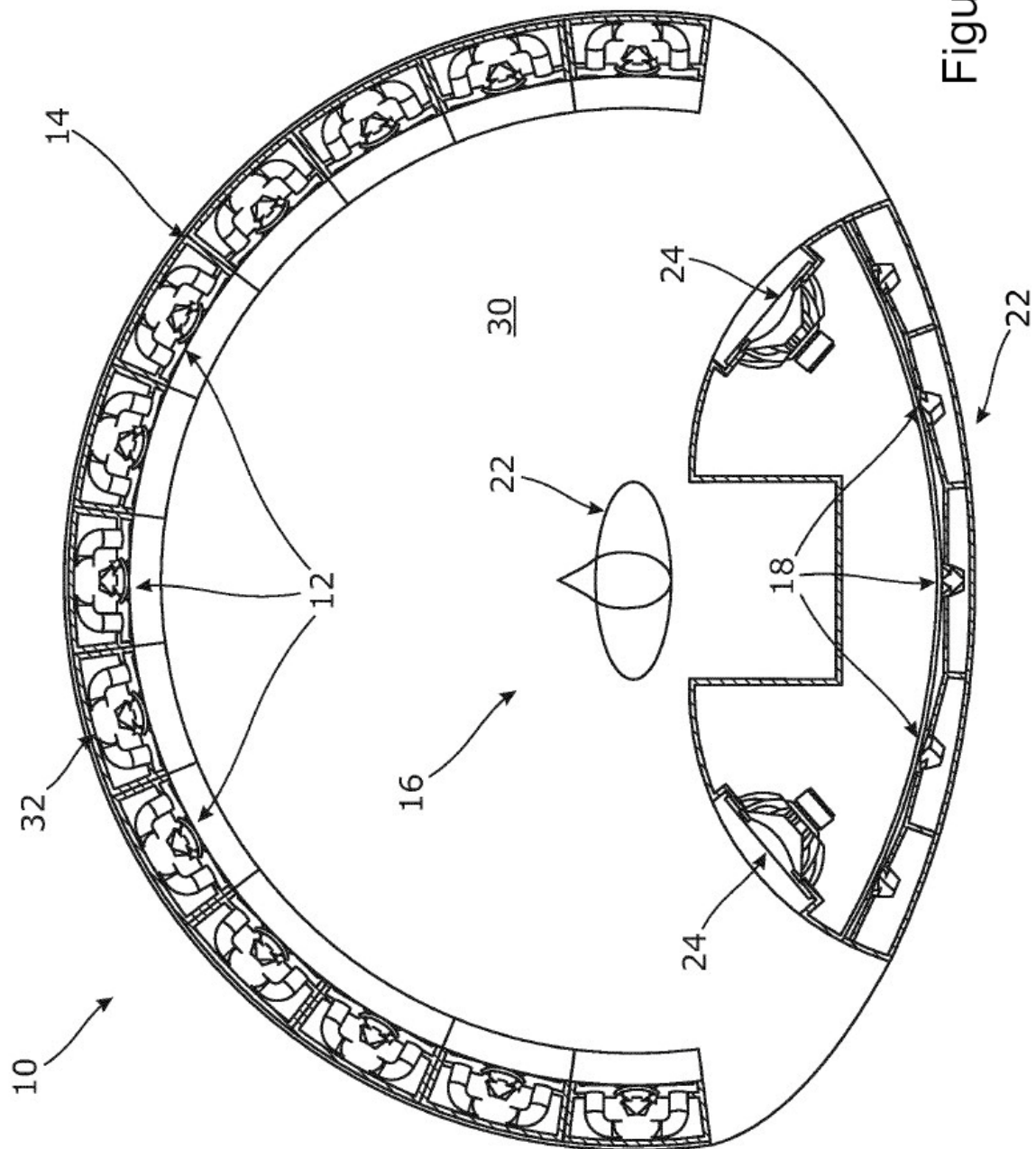


Figura 1

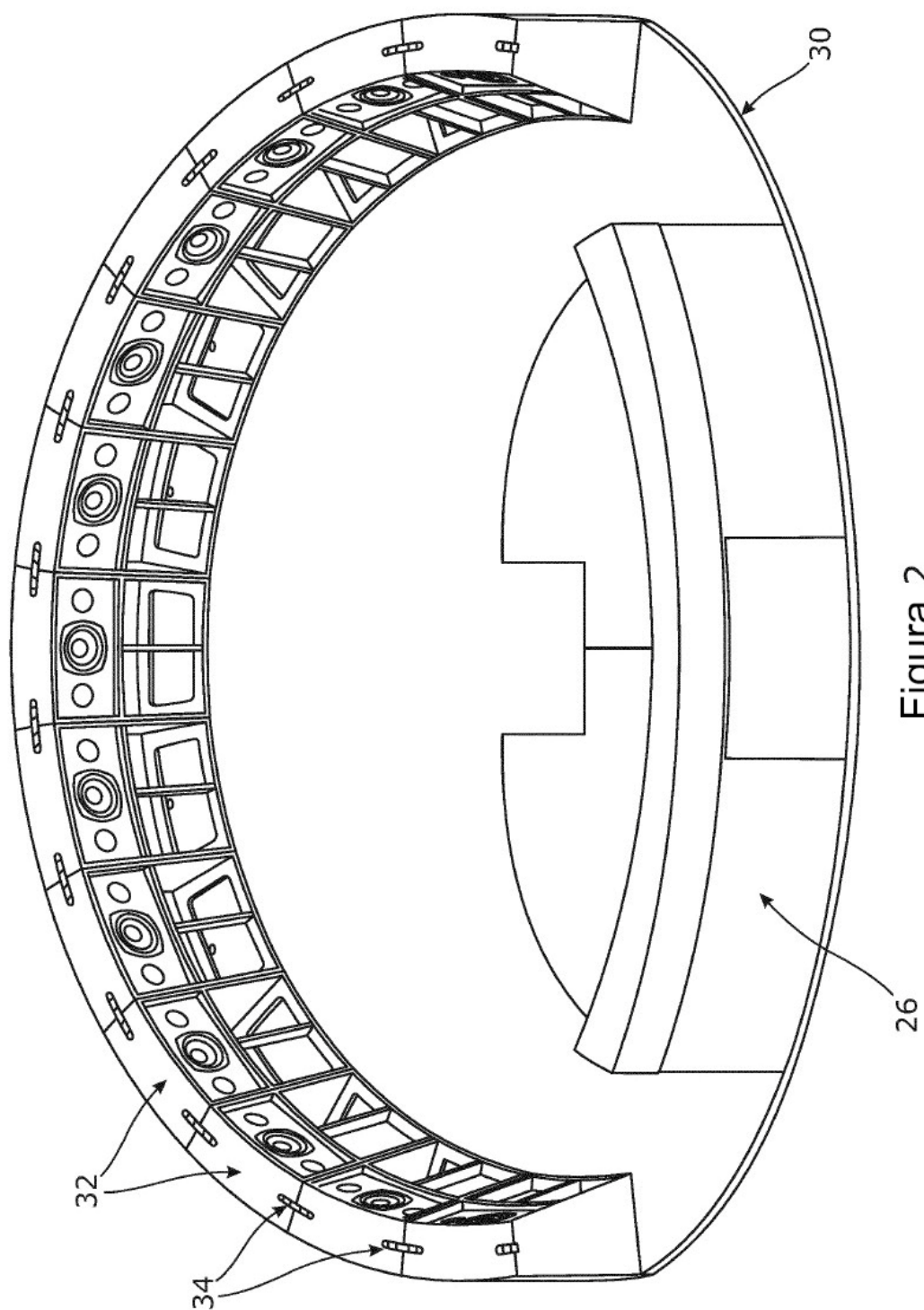


Figura 2

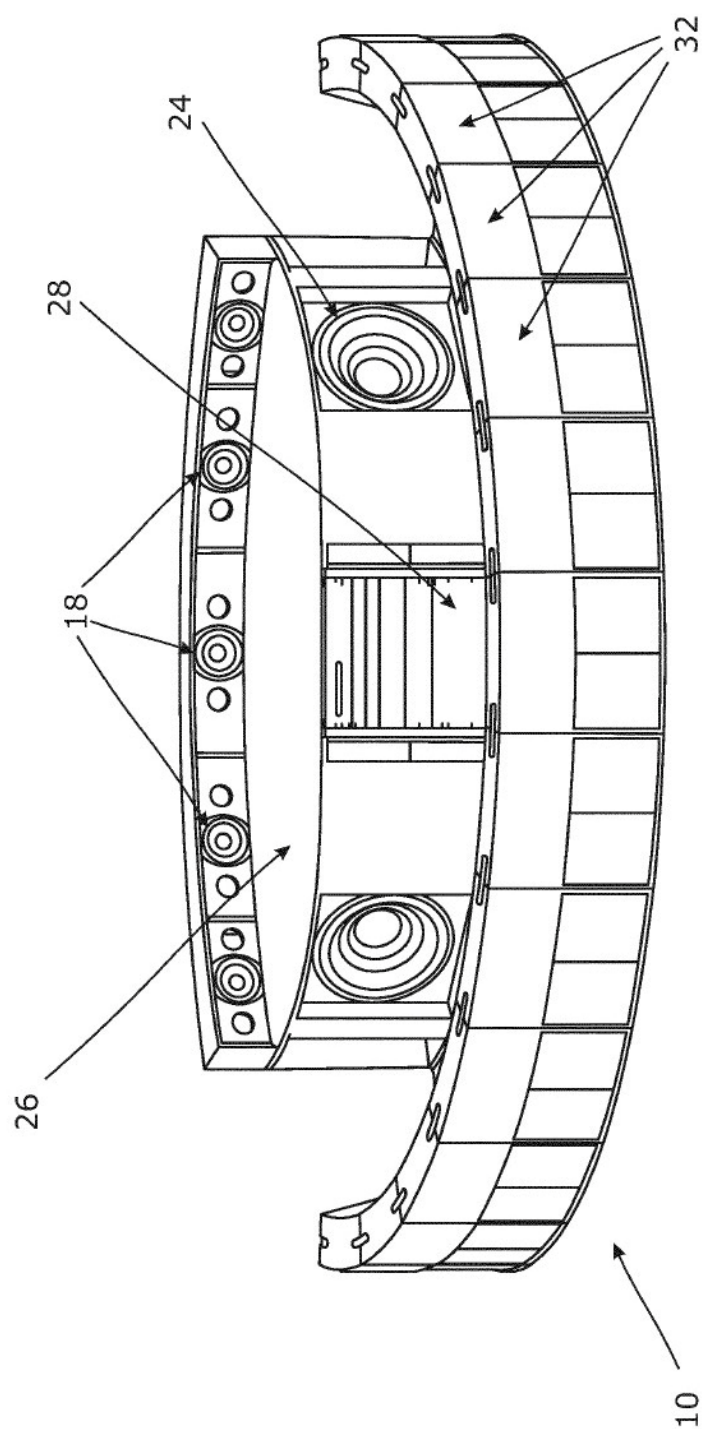


Figura 3

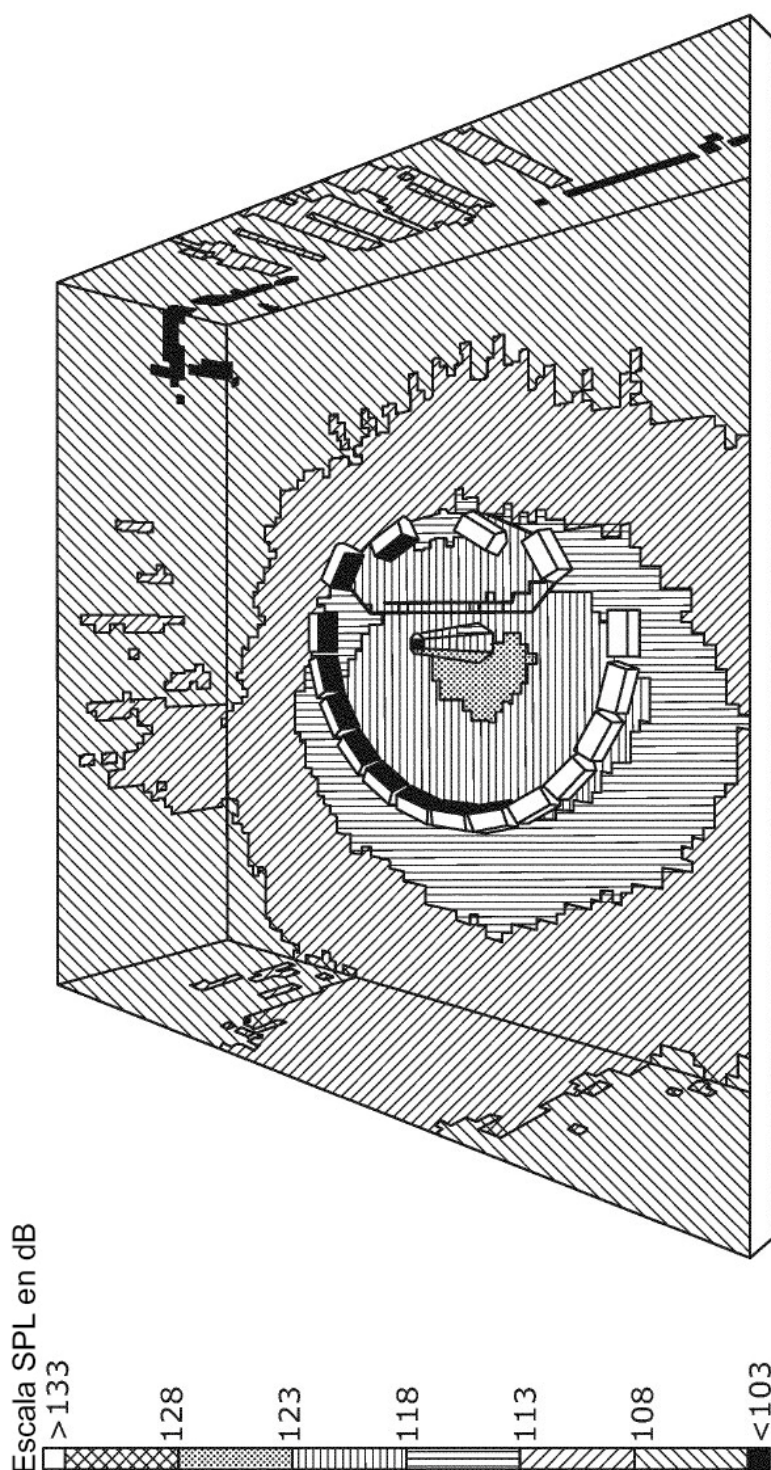


Figura 4

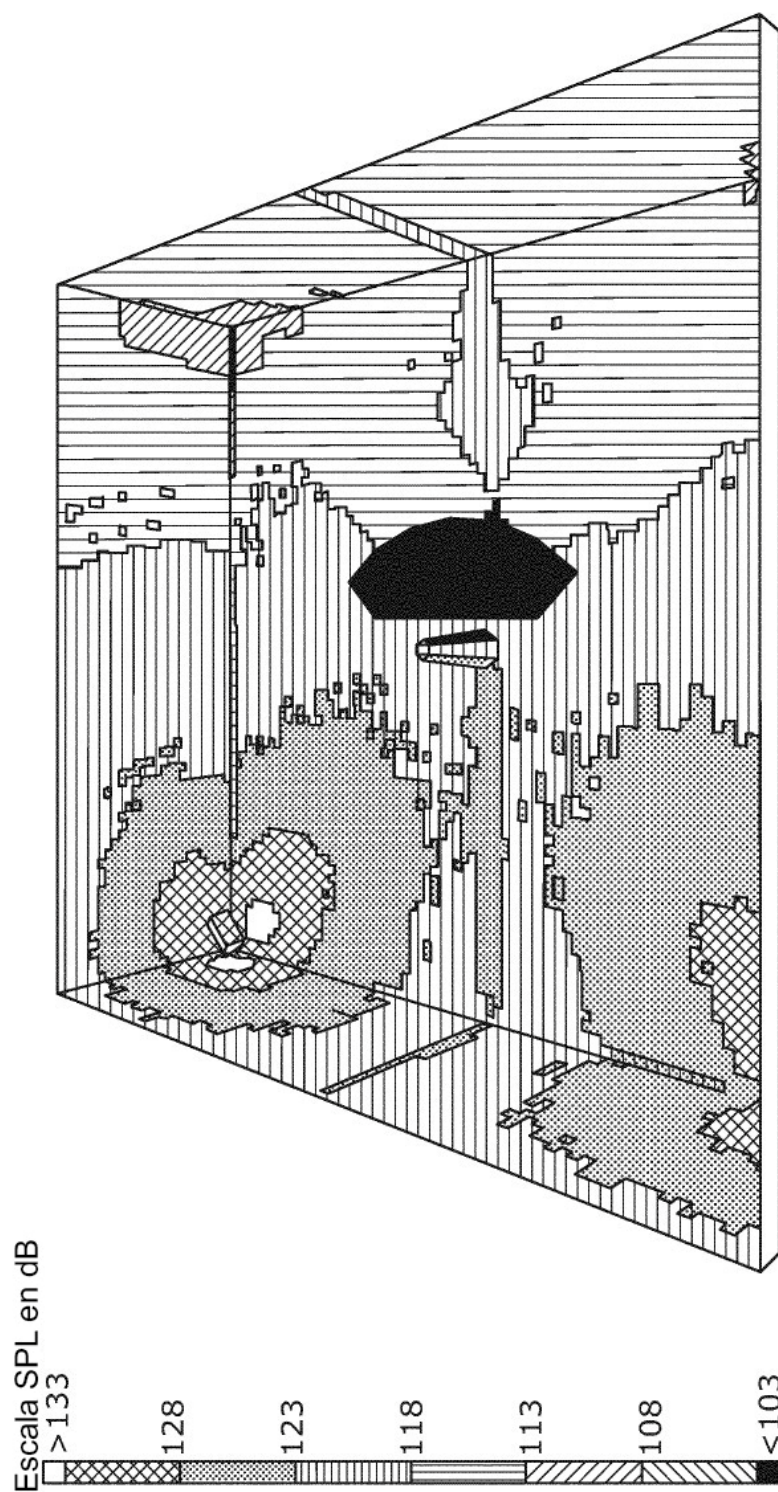


Figura 5

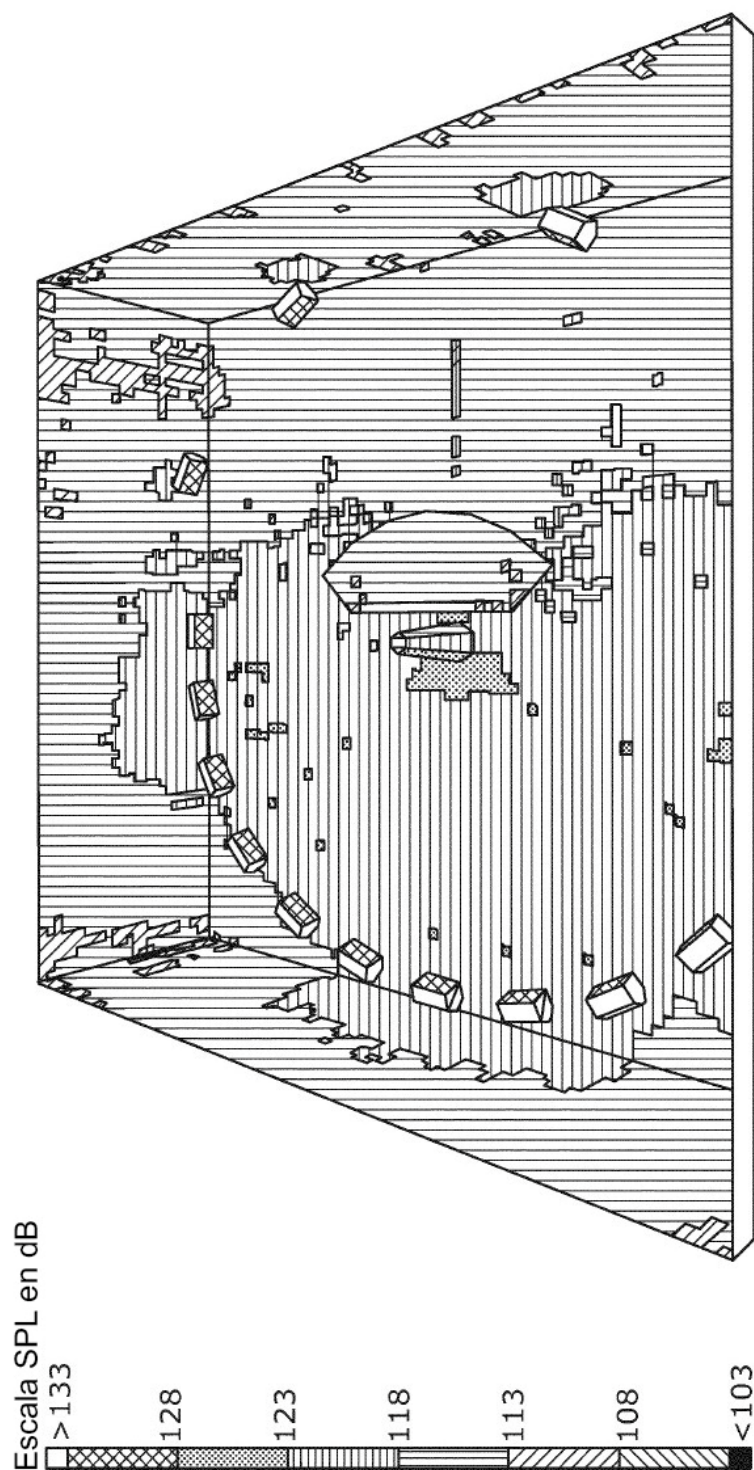


Figura 6

