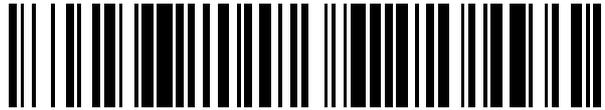


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 785**

51 Int. Cl.:

**H04R 3/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2011 E 11785619 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.11.2014 EP 2628316**

54 Título: **Aparato y procedimiento para derivar una información direccional y sistemas**

30 Prioridad:

**20.05.2011 EP 11166916**  
**28.10.2010 US 407574 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.01.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KÜCH, FABIAN;**  
**DEL GALDO, GIOVANNI;**  
**THIERGART, OLIVER;**  
**PULKKI, VILLE y**  
**AHONEN, JUKKA**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 526 785 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 derivar una información direccional y sistemas

5 1. Campo técnico

[0001] Las realizaciones del presente invento se refieren a un aparato para derivar una información direccional desde una pluralidad de señales de micrófono o desde una pluralidad de componentes de una señal de micrófono. Otras realizaciones se refieren a sistemas que comprenden tal aparato. Otras realizaciones se refieren a un procedimiento para derivar una información direccional desde una pluralidad de señales de micrófono.

10 2. Antecedentes del Invento

[0002] La grabación de sonido espacial apunta a captar un campo de sonido con una pluralidad de micrófonos de modo que en el lado de reproducción un oyente percibe la imagen de sonido tal como se presentó en el lugar de grabación. Los enfoques estándar para la grabación de sonido espacial usan micrófonos de estéreo convencionales o combinaciones más sofisticadas de micrófonos direccionales, por ejemplo, tales como micrófonos de formato B usados en Ambisonics (M.A. Gerzon. *Periphony, Reproducción de sonido de ancho y altura (Width—height sound reproduction)*, J. Audio Eng. Soc., 21(1):2–10, 1973). En general, se refiere a la mayoría de estos procedimientos como técnicas de micrófono coincidente.

[0003] De manera alternativa, se pueden aplicar unos procedimientos, que se basan sobre la representación de campos de sonido, a los cuales se refiere como codificadores de audio paramétricos espaciales. Estos procedimientos determinan una o más señales de audio mezcladas en forma descendente junto con la información lateral espacial correspondiente que es importante para la percepción del sonido espacial. Ejemplos son la Codificación de Audio Direccional (DirAC (*Directional Audio Coding*)), como se discute en V. Pulkki, Reproducción de sonido espacial con codificación de audio direccional (*Spatial sound reproduction with directional audio coding*), J. Audio Eng. Soc., 55(6):503–516, June 2007, o el tal denominado enfoque de micrófonos de audio espaciales (SAM) propuesto en C. Faller, Micrófonos como dispositivo frontales para codificadores de audio espacial (*Microphone front—ends for spatial audio coders*). En 125ª Convención de AES (125th AES Convention), Publicación 7508, San Francisco, Oct. 2008. La información de referencia espacial es determinada en subbandas de frecuencia y consiste básicamente en la dirección de llegada (DOA) del sonido y, de vez en cuando, del grado de difusión del campo de sonido u otras medidas estadísticas. En un estado de síntesis, se determinan las señales de altoparlante deseadas sobre la base de las señales mezcladas en forma descendente y la información lateral paramétrica.

[0004] Además de la grabación de audio espacial, se han usado los enfoques paramétricos a representaciones de campos de sonido en aplicaciones tales como el filtrado direccional (M. Kallinger, H. Ochsenfeld, G. Del Galdo, F. Kuech, D. Mahne, R. Schultz—Amling y O. Thiergart, Un enfoque de filtrado espacial para la codificación de audio espacial (A spatial filtering approach for directional audio coding), en 126ª Convención de AES (126th AES Convention), Publicación 7653, Munich, Germany, Mayo 2009) o localización de fuentes (O. Thiergart, R. Schultz—Amling, G. Del Galdo, D. Mahne y F. Kuech, Localización de fuentes de sonido en entornos reverberantes sobre la base de parámetros de codificación de audio direccional (Localization of sound sources in reverberant environments based on directional audio coding parameters), en 128ª Convención de AES (128th AES Convention), Publicación 7853, Ciudad de Nueva York, NY, USA, Oct. 2009). Estas técnicas se basan también en parámetros tales como la DOA de sonido o el grado de difusión del campo de sonido.

[0005] Una forma para estimar la información del campo de sonido, a saber, la dirección de llegada del sonido, es medir el campo en diferentes puntos con un arreglo de micrófonos. En la literatura se propusieron varios enfoques que usan estimaciones de retardo de tiempo relativo entre las señales de micrófonos: J. Chen, J. Benesty e Y. Huang, Estimación de retardo de tiempo en entornos de acústica de salas: Una reseña general (Time delay estimation in room acoustic environments: An overview), en EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Artículo ID 26503, 2006. Sin embargo, estos enfoques hacen uso de la información de fase de las señales de micrófono que inevitablemente conducen a un efecto de aliasing espacial. De hecho, cuando se analizan frecuencias más altas, las longitudes de onda son más cortas. Al llegar a una cierta frecuencia, con el nombre frecuencia de aliasing, la longitud de onda es tal que las lecturas de fases idénticas corresponden a dos o más direcciones de modo que no sea posible una estimación no ambigua (por lo menos no sin una información adicional a priori).

[0006] Existe una gran variedad de procedimientos para estimar la DOA de sonido usando un arreglo de micrófonos. Un resumen de los enfoques comunes se encuentra en J. Chen, J. Benesty e Y. Huang, Estimación de retardo de tiempo en entornos de acústica de salas: Una reseña general (Time delay estimation in room acoustic environments: An overview), en EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Artículo ID 26503, 2006. Estos enfoques tienen en común que explotan la relación de fase de las señales de micrófono para estimar la DOA de sonido. Frecuentemente, se determina primero la diferencia de tiempo entre los diferentes sensores y luego se explota el conocimiento de la geometría del arreglo para calcular la correspondiente DOA. Otros enfoques evalúan la

correlación entre las diferentes señales de micrófono en las subbandas para estimar la DOA de sonido (C. Faller, Micrófonos como dispositivo frontales para codificadores de audio espacial (Microphone front—ends for spatial audio coders), en 125ª Convención de AES (125th AES Convention), Publicación 7508, San Francisco, Oct. 2008 y J. Chen, J. Benesty e Y. Huang, Estimación de retardo de tiempo en entornos de acústica de salas: Una reseña general (Time delay estimation in room acoustic environments: An overview), en EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Artículo ID 26503, 2006).

**[0007]** En la DirAC se determina la DOA para cada banda de frecuencia sobre la base del vector de intensidad de sonido activo medido en el campo de sonido observado. En lo sigue se sintetizará brevemente los parámetros direccionales en la DirAC. Si  $P(k, n)$  denota la presión de sonido y  $\mathbf{U}(k, n)$  el vector de velocidad de partícula vector con el índice de frecuencia  $k$  y el índice de tiempo  $n$ , entonces el vector de intensidad de sonido activo se obtienen como

$$\mathbf{I}_a(k, n) = \frac{1}{2\rho_0} \text{Re}\{P(k, n)\mathbf{U}^*(k, n)\} \quad (1)$$

**[0008]** El superíndice \* denota el complejo conjugada y  $\text{Re}\{ \}$  es la parte real de un número complejo.  $\rho_0$  representa la densidad promedio de aire. Finalmente, la dirección opuesta de  $\mathbf{I}_a(k, n)$  apunta a la DOA del sonido:

$$e_{\text{DOA}}(k, n) = -\frac{\mathbf{I}_a(k, n)}{\|\mathbf{I}_a(k, n)\|}. \quad (2)$$

**[0009]** Además se puede determinar el grado de difusión del campo de sonido, por ejemplo, de acuerdo con

$$\Psi(k, n) = \sqrt{1 - \frac{\|\mathbf{E}\{\mathbf{I}_a(k, n)\}\|}{\mathbf{E}\{\|\mathbf{I}_a(k, n)\|\}}}. \quad (3)$$

**[0010]** En la práctica, se calcula el vector de velocidad de partícula a partir del gradiente de presión de cápsulas de micrófonos omnidireccionales con poca separación entre sí a lo cual se refiere frecuentemente como un arreglo de micrófonos. Considerando la Figura 2, el componente  $x$  del vector de velocidad de partícula puede ser calculado, p. ej., usando un par de micrófonos de acuerdo con

$$U_x(k, n) = K(k) [P_1(k, n) - P_2(k, n)], \quad (4)$$

donde  $K(k)$  representa un factor de normalización que depende de la frecuencia. Su valor depende en la configuración de micrófonos, por ejemplo, de la distancia entre los micrófonos y/o sus patrones de directividad. Los componentes restantes  $U_y(k, n)$  (y  $U_z(k, n)$ ) de  $\mathbf{U}(kn)$  pueden ser determinados análogamente combinando pares adecuados de micrófonos.

**[0011]** Como se muestra en M. Kallinger, F. Kuech, R. Schultz—Amling, G. Del Galdo, J. Ahonen y V. Pulkki, Análisis y ajuste de arreglos planos de micrófonos para la aplicación en la codificación de audio direccional (Analysis and Adjustment of Planar Microphone Arrays for Application in Directional Audio Coding), en 124ª Convención de AES (124th AES Convention), Publicación 7374, Amsterdam, los Países Bajos, Mayo 2008, el aliasing espacial afecta la información de fase del vector de velocidad de partícula, lo cual impide el uso de los gradientes de presión para la estimación activa de intensidad de sonido de las frecuencias altas. El aliasing espacial produce ambigüedades en las estimaciones de DOA. Como se puede mostrar, se determina la frecuencia máxima  $f_{\text{max}}$ , donde se pueden obtener las estimaciones de DOA no ambiguas sobre la base de la intensidad activa de sonido, mediante la distancia de los pares de micrófonos. Además queda afectada la estimación de parámetros direccionales tales como el grado de difusión de un campo de sonido. En el caso de micrófonos omnidireccionales con una distancia  $d$ , la frecuencia máxima es dada por

$$f_{\max} = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{c}{d}}, \quad (5)$$

donde  $c$  denota la velocidad de la propagación de sonido.

5 **[0012]** Típicamente, el rango necesario de frecuencia de las aplicaciones, que explotan la información direccional de los campos de sonido, es más grande que el límite de aliasing espacial  $f_{\max}$  que se debe esperar para la configuración práctica de micrófonos. Se debe notar que la reducción del espaciamiento entre micrófonos  $d$ , que aumenta el límite de aliasing espacial  $f_{\max}$ , no es una solución factible para la mayoría de aplicaciones, ya que un  $d$  demasiado pequeño reduce en la práctica significativamente la confiabilidad de estimación para las frecuencias bajas. Por lo tanto se necesitan nuevos procedimientos para superar las limitaciones de las técnicas actuales de estimación de parámetro direccional para las frecuencias altas.

10 **[0013]** El documento US 4 752 961 se considera como el estado de la técnica más cercano. Describe un aparato para derivar información direccional a partir de una pluralidad de señales de micrófono o a partir de una pluralidad de componentes de una señal de micrófono, en donde se asocian diferentes direcciones de orientación efectiva de micrófono con señales de micrófono o componentes, comprendiendo el aparato:

15 un medio de combinación configurado para obtener un valor de magnitud a partir de una señal de micrófono o un componente de la señal de micrófono, y para combinar elementos de información de dirección que describen las direcciones de orientación efectiva de micrófono, tal que un elemento de información de dirección que describe una dada dirección de orientación efectiva de micrófono es ponderado en dependencia del valor de magnitud de la señal de micrófono, o del componente de la señal de micrófono, asociada con la dirección de orientación efectiva de micrófono dada, para derivar la información direccional.

### 25 3. Síntesis del Invento

**[0014]** Es un objetivo de las realizaciones del presente invento crear un concepto que permite una mejor determinación de la información espacial por encima de una frecuencia de límite de aliasing espacial.

30 **[0015]** Este objetivo se resuelve mediante un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, unos sistemas de acuerdo con las reivindicaciones 15 y 16, un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18 y un programa de computadora de acuerdo con la reivindicación 19.

35 **[0016]** Las realizaciones proveen un aparato para derivar una información direccional desde una pluralidad de señales de micrófono o desde una pluralidad de componentes de una señal de micrófono, en el cual se asocian las diferentes direcciones efectivas de orientación de micrófonos con las señales de micrófono o con los componentes. El aparato comprende un medio de combinación configurado para obtener una magnitud desde una señal de micrófono o desde un componente de la señal de micrófono. El medio de combinación está configurado además para combinar (por ejemplo combinar linealmente) los elementos de información de dirección que describen la dirección efectiva de orientación de micrófono de modo que se pondere un elemento de informaciones de dirección que describe una dirección efectiva de orientación de micrófono dada en dependencia del valor de magnitud de la señal de micrófono o del componente de la señal de micrófono asociado con la dirección efectiva dada de orientación de micrófono para derivar la información direccional.

45 **[0017]** Se ha encontrado que el problema de aliasing espacial en la estimación de parámetros direccionales resulta de las ambigüedades en la información de fase dentro de las señales de micrófono. Es una idea de las realizaciones del presente invento solucionar este problema derivando una información direccional sobre la base de valores de magnitud de las señales de micrófono. Se ha encontrado que al derivar una información direccional sobre la base de valores de magnitud de las señales de micrófono o de los componentes de las señales de micrófono no ocurren las ambigüedades, tal como pueden ocurrir en sistemas tradicionales que usan las informaciones de fase para determinar la información direccional. Por ende, las realizaciones permiten una determinación de la información direccional aún por encima del límite de aliasing espacial, encima del cual no es posible (o sólo con errores) una determinación de la información direccional usando la información de fase.

50 **[0018]** En otras palabras, el uso de los valores de magnitud de las señales de micrófono o de los componentes de las señales de micrófono es especialmente favorable dentro de las regiones de frecuencia donde se esperan un aliasing espacial u otras distorsiones de fase, porque estas distorsiones no tienen influencia alguna sobre los valores de magnitud y, por lo tanto, no conducen a ambigüedades en la determinación de la información direccional.

60 **[0019]** De acuerdo con algunas realizaciones una dirección efectiva de orientación de micrófono asociada con una señal de micrófono describe la dirección donde el micrófono desde el cual se deriva la señal de micrófono tiene su máxima respuesta (o su sensibilidad más alta). Como un ejemplo, el micrófono puede ser un micrófono direccional

que posee un patrón de captación no isotrópico y la dirección efectiva de orientación de micrófono puede ser definida como la dirección donde el patrón de captación del micrófono tiene su máximo. Por ende, para un micrófono direccional la dirección efectiva de orientación de micrófono puede ser igual a la dirección de orientación de micrófono (que describe la dirección hacia la cual el micrófono direccional tiene su máxima sensibilidad), por ejemplo cuando ningún objeto que modifica el patrón de captación del micrófono direccional, está ubicado cerca del micrófono. La dirección efectiva de orientación de micrófono puede ser diferente a la dirección de orientación de micrófono del micrófono direccional, si se ubica el micrófono direccional cerca de un objeto que tiene el efecto de modificar su patrón de captación. En este caso la dirección efectiva de orientación de micrófono puede describir la dirección, en la cual el micrófono direccional tiene su máxima respuesta.

**[0020]** En el caso de un micrófono omnidireccional, un patrón de respuesta efectiva del micrófono omnidireccional puede ser conformado, por ejemplo, usando un objeto de apantallamiento (que tiene un efecto de modificar el patrón de captación del micrófono), de modo que el patrón de respuesta efectiva conformado tiene una dirección efectiva de orientación de micrófono que es la dirección de máxima respuesta del micrófono omnidireccional con el patrón de respuesta efectiva conformado.

**[0021]** De acuerdo con otras realizaciones, la información direccional puede ser una información direccional de un campo de sonido que apunta hacia la dirección desde la cual se propaga el campo de sonido (por ejemplo, con cierta frecuencia e índices de tiempo). La pluralidad de señales de micrófono puede describir el campo de sonido. De acuerdo con algunas realizaciones, un elemento de información direccional que describe una dirección efectiva de orientación de micrófono puede ser un vector que apunta en la dirección efectiva de orientación de micrófono. De acuerdo con otras realizaciones, los elementos de información direccional pueden ser unos vectores unitarios, de manera que los elementos de información direccional asociados con diferentes direcciones efectivas de orientación de micrófono tengan normas iguales (pero diferentes direcciones). Por lo tanto, se determina una norma de un vector ponderado linealmente combinado por el medio de combinación mediante el valor de magnitud de la señal de micrófono o del componente de la señal de micrófono asociado con el elemento de información direccional del vector ponderado.

**[0022]** De acuerdo con otras realizaciones, el medio de combinación puede ser configurado para obtener un valor de magnitud, de modo que el valor de magnitud describa una magnitud de un coeficiente espectral (como un componente de la señal de micrófono), que representa una sub-región de la señal de micrófono del componente de la señal de micrófono. En otras palabras, las realizaciones pueden extraer la información actual de un campo de sonido (por ejemplo analizada en un dominio de tiempo y frecuencia) desde las magnitudes de los espectros de los micrófonos usados para derivar las señales de micrófono.

**[0023]** De acuerdo con otras realizaciones, se utilizan sólo los valores de magnitud (o la información de magnitud) de las señales de micrófono (o de los espectros de micrófono) en el proceso de estimación para derivar la información direccional, ya que el componente de fase está adulterado por el efecto de aliasing espacial.

**[0024]** En otras palabras, las realizaciones crean un aparato y un procedimiento para una estimación de parámetro direccional que utilizan sólo la información de magnitud de las señales de micrófono o de los componentes de las señales de micrófono y el espectro, respectivamente.

**[0025]** De acuerdo con otras realizaciones, el resultado de la estimación de parámetro direccional basada en la magnitud (la información direccional) puede ser combinado con otras técnicas que también consideran la información de fase.

**[0026]** De acuerdo con otras realizaciones, el valor de magnitud puede describir una magnitud de la señal de micrófono o del componente.

#### 4. Breve Descripción de las Figuras

**[0027]** Las realizaciones del presente invento se describirán en detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Figura 1 muestra un diagrama de bloque esquemático de un aparato de acuerdo con una realización del presente invento;

la Figura 2 muestra una ilustración de una configuración de micrófonos que utiliza cuatro cápsulas omnidireccionales; las cuales proveen las señales de presión de sonido  $P_i(k, n)$  con  $i = 1, \dots, 4$ ;

la Figura 3 muestra una ilustración# de una configuración de micrófonos que utiliza cuatro micrófonos direccionales con patrones de captación cardioides;

la Figura 4 muestra una ilustración de una configuración de micrófonos que emplea un cilindro rígido para causar unos efectos de dispersión y de apantallamiento;

5 la Figura 5 muestra una ilustración de una configuración de micrófonos similar a la de la Figura 4 pero empleando una ubicación diferente de micrófono;

la Figura 6 muestra una ilustración de una configuración de micrófonos que emplea una semiesfera rígida para causar unos efectos de dispersión y de apantallamiento;

10 la Figura 7 muestra una ilustración de una configuración de micrófonos tridimensional que emplea una esfera rígida para causar unos efectos de apantallamiento;

la Figura 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con una realización;

15 la Figura 9 muestra un diagrama de bloque esquemático de un sistema de acuerdo con una realización;

la Figura 10 muestra un diagrama de bloque esquemático de un sistema de acuerdo con otra realización del presente invento;

20 la Figura 11 muestra una ilustración de un arreglo de cuatro micrófonos omnidireccionales con espaciamiento  $d$  entre los micrófonos opuestos;

la Figura 12 muestra una ilustración de un arreglo de cuatro micrófonos omnidireccionales los cuales están montados sobre el extremo de un cilindro;

25 la Figura 13 muestra un diagrama de un índice de directividad  $DI$  en decibelios como una función de  $ka$ , que representa una circunferencia de diafragma de un micrófono omnidireccional dividida por la longitud de onda;

la Figura 14 muestra unos patrones direccionales logarítmicos con un micrófono G.R.A.S.;

30 la Figura 15 muestra unos patrones direccionales logarítmicos con un micrófono AKG; y

la Figura 16 muestra unos resultados de diagrama para un análisis de dirección expresados como error de raíz cuadrática media (RMSE).

35 **[0028]** Antes de describir las realizaciones del presente invento con más detalle usando los dibujos adjuntos, se debe señalar que los elementos iguales o funcionalmente iguales tienen los mismos números de referencia y que se omite una descripción repetida de los elementos que tienen los mismos números de referencia. Por ende, se pueden intercambiar mutuamente las descripciones provistas para los elementos que tienen los mismos números de referencia.

## 5. Descripción detallada de unas realizaciones del presente invento

### 45 5.1 Aparato de acuerdo con la Figura 1

**[0029]** La Figura 1 ilustra un aparato 100 de acuerdo con una realización del presente invento. El aparato 100 para derivar una información direccional 101 (también denotada como  $\mathbf{d}(k, n)$ ) desde una pluralidad de señales de  $103_1$  to  $103_N$  (también denotada como  $P_1$  a  $P_N$ ) o desde una pluralidad de componentes de una señal de micrófono comprende un medio de combinación 105. El medio de combinación 105 es configurado para obtener un valor de magnitud desde una señal de micrófono o un componente de la señal de micrófono, y para combinar linealmente unos elementos de información de dirección que describen las direcciones efectivas de orientación de micrófono, las cuales están asociadas con las señales de micrófono  $103_1$  a  $103_N$  o los componentes, de modo que se pondere un elemento de información de dirección que describe una dirección efectiva de orientación de micrófono dada en dependencia del valor de magnitud de la señal de micrófono o del componente de la señal de micrófono asociado con la dirección efectiva de orientación de micrófono dada para derivar la información direccional 101.

**[0030]** Un componente de un  $i$ —ésima señal de micrófono  $P_i$  puede ser denotado como  $P_i(k, n)$ . El componente  $P_i(k, n)$  de la señal de micrófono  $P_i$  puede ser un valor de la señal de micrófono  $P_i$  con un índice de frecuencia  $k$  y un índice de tiempo  $n$ . La señal de micrófono  $P_i$  puede ser derivada desde un  $i$ —ésimo micrófono y puede ser disponible para el medio de combinación 105 en la representación de tiempo y frecuencia que comprende una pluralidad de componentes  $P_i(k, n)$  para diferentes índices de frecuencia  $k$  e índices de tiempo  $n$ . Como un ejemplo, las señales de micrófono  $P_1$  a  $P_N$  pueden ser Señales de Presión de Sonido, ya que pueden ser derivadas desde micrófonos de formato B.

[0031] Por lo tanto, cada componente  $P_i(k, n)$  puede corresponder a una pequeña región de tiempo y frecuencia ( $k, n$ ). El medio de combinación 105 puede ser configurado para obtener el valor de magnitud de modo que el valor de magnitud describa una magnitud de un coeficiente espectral que representa una sub-región espectral de la señal de micrófono  $P_i$ . Este coeficiente espectral puede ser un componente  $P_i(k, n)$  de la señal de micrófono  $P_i$ . La sub-región espectral puede ser definida por el índice de frecuencia  $k$  del componente  $P_i(k, n)$ . El medio de combinación 105 puede ser configurado además para derivar la información direccional 101 sobre la base de una representación de tiempo y frecuencia de las señales de micrófono, por ejemplo, en la cual una señal de micrófono  $P_i$  es representada por una pluralidad de componentes  $P_i(k, n)$ , en lo cual cada componente está asociado con una pequeña región de tiempo y frecuencia ( $k, n$ ).

[0032] Como se describe en la parte inicial de esta solicitud, se puede lograr una determinación de la información direccional  $\mathbf{d}(k, n)$ , obteniendo la información direccional  $\mathbf{d}(k, n)$  sobre la base de los valores de magnitud de las señales de micrófono  $P_1$  a  $P_N$  o de los componentes de una señal de micrófono, aún con altas frecuencias para las señales de micrófono  $P_1$  a  $P_N$ , por ejemplo para los componentes  $P_i(k, n)$  a  $P_N(k, n)$  que tienen un índice de frecuencia por encima de un índice de frecuencia de la frecuencia de aliasing espectral  $f_{\max}$ , porque no pueden ocurrir el aliasing espacial u otras distorsiones de fase.

[0033] En lo que sigue se describe un ejemplo detallado de una realización del presente invento, el cual está basado en una combinación de las magnitudes de las señales de micrófono (combinación de magnitud direccional) y como este mismo puede ser llevado a cabo por el aparato 100 de acuerdo con la Figura 1. La información direccional  $\mathbf{d}(k, n)$ , también denotada como estimación de DOA, es obtenida por la interpretación de la magnitud de cada señal de micrófono (o de cada componente de una señal de micrófono) como un vector correspondiente en un espacio bidimensional (2D) o tridimensional (3D).

[0034] Sea que  $\mathbf{d}_i(k, n)$  es el vector real o deseado que apunta hacia la dirección desde la cual el campo de sonido está propagando con los índices de tiempo y frecuencia,  $k$  y  $n$ , respectivamente. En otras palabras, la DOA de sonido corresponde a la dirección de  $\mathbf{d}_i(k, n)$ . Estimando  $\mathbf{d}_i(k, n)$  de modo que la información direccional del campo de sonido pueda ser extraída es el objetivo de las realizaciones del invento. Si además  $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_N$  son vectores (por ejemplo vectores unitarios normales) que apuntan en la dirección de orientación de los  $N$  micrófonos direccionales. La dirección de orientación de un micrófono direccional es definida como la dirección donde el patrón de captación tiene su máximo. En el caso que se incluyan objetos de dispersión/apantallamiento en la configuración de micrófono, los vectores  $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_N$  apuntan de manera análoga en la dirección de la máxima respuesta del correspondiente micrófono.

[0035] Los vectores  $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_N$  pueden ser designados como elementos de información de dirección que describen las direcciones efectivas de orientación de micrófono del primero al  $N$ -ésimo micrófono. En este ejemplo los elementos de información de dirección apuntan en las correspondientes direcciones efectivas de orientación de micrófono. De acuerdo con otras realizaciones, un elemento de información de dirección también puede ser un valor escalar, por ejemplo un ángulo que describe una dirección de orientación de un micrófono correspondiente.

[0036] Además, en este ejemplo, los elementos de información direccional pueden ser unos vectores unitarios normales, de manera que los vectores asociados con diferentes direcciones efectivas de orientación de micrófono tengan normales iguales.

[0037] También se debe notar que el procedimiento propuesto puede funcionar mejor si la suma de los vectores  $\mathbf{b}_i$ , que corresponden a las direcciones efectivas de orientación de micrófono de los micrófonos, es igual a cero (por ejemplo dentro de un rango de tolerancia), es decir,

$$\sum_{i=1}^N \mathbf{b}_i = \mathbf{0}. \tag{6}$$

[0038] En algunas realizaciones el rango de tolerancia puede ser de  $\pm 30\%$ ,  $\pm 20\%$ ,  $\pm 10\%$ ,  $\pm 5\%$  de uno de los elementos de información de dirección usados para derivar la suma (por ejemplo del elemento de información de dirección, que tiene la normal más larga, del elemento de información de dirección, que tiene la normal más corta, o del elemento de información de dirección, que tiene la normal más cerca al promedio de todas las normales de los elementos de información de dirección usados para derivar la suma).

[0039] En algunas realizaciones las direcciones efectivas de orientación de micrófono no pueden ser distribuidas de manera igual con respecto a un sistema de coordenadas. Por ejemplo, asumiendo un sistema, en el cual la dirección efectiva de orientación de micrófono de un primer micrófono es ESTE (por ejemplo 0 grados en un sistema de coordenadas bidimensional), una segunda dirección efectiva de orientación de micrófono de un segundo micrófono es NORESTE (por ejemplo 45 grados en el sistema de coordenadas bidimensional), una tercera dirección efectiva de orientación de micrófono de un tercer micrófono es NORTE (por ejemplo 90 grados en el sistema de coordenadas

bidimensional), y una cuarta dirección efectiva de orientación de micrófono de un cuarto micrófono es SUROESTE (por ejemplo —135 grados en el sistema de coordenadas bidimensional), el cual tiene los elementos de información de dirección que son vectores unitarios normales, daría como resultado:

5  $\mathbf{b}_1 = [1 \ 0]^T$  para la primera dirección efectiva de orientación de micrófono;

$\mathbf{b}_2 = [1/\sqrt{2} \ 1/\sqrt{2}]^T$  para la segunda dirección efectiva de orientación de micrófono;

10  $\mathbf{b}_3 = [0 \ 1]^T$  para la tercera dirección efectiva de orientación de micrófono; y

$\mathbf{b}_4 = [-1/\sqrt{2} \ -1/\sqrt{2}]^T$  para la cuarta dirección efectiva de orientación de micrófono.

[0040] Esto llevaría a una suma no cero de los vectores de:

15  $\mathbf{b}_{\text{sum}} = \mathbf{b}_1 + \mathbf{b}_2 + \mathbf{b}_3 + \mathbf{b}_4 = [1 \ 1]^T$ .

[0041] Como en algunas realizaciones es deseado que la suma de vectores sea cero, se puede cambiar la escala de un elemento de información de dirección que es un vector que apunta en una dirección efectiva de orientación de micrófono. En este ejemplo, se puede cambiar la escala del elemento de información de dirección  $\mathbf{b}_4$  de modo que:

20  $\mathbf{b}_4 = [-(1 + 1/\sqrt{2}) \ -(1 + 1/\sqrt{2})]^T$

lo cual da como resultado una suma  $\mathbf{b}_{\text{sum}}$  de los vectores que es igual a cero:

25  $\mathbf{b}_{\text{sum}} = \mathbf{b}_1 + \mathbf{b}_2 + \mathbf{b}_3 + \mathbf{b}_4 = [0 \ 0]^T$ .

[0042] En otras palabras, de acuerdo con algunas realizaciones, los diferentes elementos de información de dirección que son vectores que apuntan en diferentes direcciones efectivas de orientación de micrófono pueden tener diferentes normales, que pueden ser elegidos de modo que una suma de los elementos de información de dirección sea igual a cero.

[0043] Se puede definir la estimación  $\mathbf{d}$  del vector real  $\mathbf{d}_i(k, n)$ , y, por lo tanto, de la información direccional a ser determinada como

35 
$$\mathbf{d}(k, n) = \sum_{i=1}^N |P_i(k, n)|^{\kappa} \cdot \mathbf{b}_i, \tag{7}$$

donde  $P_i(k, n)$  denota la señal del  $i$ -ésimo micrófono (o del componente de la señal de micrófono  $P_i$  del  $i$ -ésimo micrófono) asociada a la pequeña región de frecuencia  $(k, n)$ .

40 [0044] La ecuación (7) forma una combinación lineal de los elementos de información de dirección  $\mathbf{b}_1$  a  $\mathbf{b}_N$  de un primer micrófono al  $N$ -ésimo micrófono ponderado por los valores de magnitud de los componentes  $P_1(k, n)$  a  $P_N(k, n)$  de las señales de micrófono  $P_1$  a  $P_N$  derivadas del primer al  $N$ -ésimo micrófono. Por lo tanto el medio de combinación 105 puede calcular la ecuación (7) para derivar la información direccional 101 ( $\mathbf{d}(k, n)$ ).

45 [0045] Como se puede ver en la ecuación (7) el medio de combinación 105 puede ser configurado para combinar linealmente los elementos de información de dirección  $\mathbf{b}_1$  a  $\mathbf{b}_N$  ponderados en dependencia de los valores de magnitud que están asociados a una pequeña región dada de tiempo y frecuencia  $(k, n)$  a fin de derivar la información direccional  $\mathbf{d}(k, n)$  para la pequeña región dada de tiempo y frecuencia  $(k, n)$ .

50 [0046] De acuerdo con otras realizaciones, el medio de combinación 105 puede estar configurado para combinar linealmente los elementos de información de dirección  $\mathbf{b}_1$  a  $\mathbf{b}_N$  ponderados sólo en dependencia de los valores de magnitud que están asociados a la pequeña región dada de tiempo y frecuencia  $(k, n)$ .

55 [0047] Asimismo, de la ecuación (7) se puede ver que el medio de combinación 105 puede ser configurado para combinar linealmente para una pluralidad de diferentes pequeñas regiones de tiempo y frecuencia, los mismos elementos de información direccional  $\mathbf{b}_1$  a  $\mathbf{b}_N$  (ya que éstos son independientes de las pequeñas regiones de tiempo y frecuencia) que describen diferentes direcciones efectivas de orientación del micrófono, pero los elementos de información de dirección pueden ser ponderados de modo diferente dependiendo de los valores de magnitud asociados a diferentes pequeñas regiones de tiempo y frecuencia.

5 [0048] Como los elementos de información de dirección  $\mathbf{b}_1$  a  $\mathbf{b}_N$  pueden ser vectores unitarios, se puede definir mediante el valor de magnitud, una normal a un vector ponderado que está formada mediante una multiplicación de un elemento de información de dirección  $\mathbf{b}_i$  y un valor de magnitud. Vectores ponderados para la misma dirección de orientación efectiva de micrófono pero diferentes pequeñas regiones de tiempo y frecuencia pueden tener la misma dirección pero diferir en sus normales debido a los diferentes valores de magnitud para diferentes pequeñas regiones de tiempo y frecuencia.

[0049] De acuerdo con algunas realizaciones, los valores ponderados pueden ser valores escalares.

10 [0050] El factor  $\kappa$  mostrado en la ec. (7) puede ser elegido libremente. En el caso que  $\kappa = 2$  y que los micrófonos opuestos (desde donde se derivan las señales de micrófono  $P_1$  a  $P_N$ ) son equidistantes, la información direccional  $\mathbf{d}(k, n)$  es proporcional al gradiente de energía en el centro del arreglo (por ejemplo en un conjunto de dos micrófonos).

15 [0051] En otras palabras el medio de combinación 105 puede ser configurado para obtener cuadrados de valores de magnitud basado en los valores de magnitud, un cuadrado de valor de magnitud que describe una potencia de un componente  $P_i(k, n)$  de una señal de micrófono  $P_i$ . Asimismo, el medio de combinación 105 puede ser configurado para combinar linealmente los elementos de información de dirección  $\mathbf{b}_1$  a  $\mathbf{b}_N$  tal que un elemento de información de dirección  $\mathbf{b}_i$  es ponderado en dependencia del cuadrado de valor de magnitud del componente  $P_i(k, n)$  de la señal de micrófono  $P_i$  asociada con la correspondiente dirección de orientación (del  $i$ —ésimo micrófono).

[0052] A partir de  $\mathbf{d}(k, n)$  se puede obtener fácilmente la información direccional expresada con azimut  $\varphi$  y ángulos de elevación  $\vartheta$  considerando que

$$25 \quad \frac{\mathbf{d}(k, n)}{\|\mathbf{d}(k, n)\|} = \begin{bmatrix} \cos(\varphi) \cos(\vartheta) \\ \sin(\varphi) \cos(\vartheta) \\ \sin(\vartheta) \end{bmatrix}. \quad (8)$$

[0053] En algunas aplicaciones, cuando sólo se requiere análisis en 2D, se puede emplear cuatro micrófonos direccionales, por ejemplo, dispuestos como en la Figura 3. En este caso, los elementos de información de dirección se pueden elegir según:

$$\mathbf{b}_1 = [1 \ 0 \ 0]^T \quad 30 \quad (9)$$

$$\mathbf{b}_2 = [-1 \ 0 \ 0]^T \quad (10)$$

$$\mathbf{b}_3 = [0 \ 1 \ 0]^T \quad 35 \quad (11)$$

$$\mathbf{b}_4 = [0 \ -1 \ 0]^T \quad (12)$$

de modo que resulta (7)

40

$$d_x = |P_1(k, n)|^\kappa - |P_2(k, n)|^\kappa \quad (13)$$

$$d_y = |P_3(k, n)|^\kappa - |P_4(k, n)|^\kappa \quad (14)$$

45 [0054] Este enfoque puede ser empleado en forma análoga en caso de objetos rígidos colocados en la configuración del micrófono. Como un ejemplo, la Figura 4 y la 5 ilustran el caso de un objeto cilíndrico ubicado en el medio de un arreglo de cuatro micrófonos. Otro ejemplo se muestra en la Figura 6, donde el objeto dispersor tiene la forma de una semiesfera.

50 [0055] Un ejemplo de una configuración en 3D se muestra en la Figura 7, donde seis micrófonos están distribuidos sobre una esfera rígida. En este caso se puede obtener el componente del vector  $\mathbf{d}(k, n)$  en forma análoga a (9) — (14):

$$\mathbf{b}_5 = [0 \ 0 \ 1]^T \quad (15)$$

$$\mathbf{b}_6 = [0 \ 0 \ -1]^T \quad (16)$$

que conduce a

$$d_z = |P_5(k, n)|^\kappa - |P_6(k, n)|^\kappa. \quad (17)$$

5 **[0056]** Una configuración en 3D muy conocida de micrófonos direccionales que es adecuada para aplicación en realizaciones de este invento es la denominada micrófono de formato A, como se describe en el documento US4042779 (A), 1977 de P.G. Craven yM.A. Gerzon.

10 **[0057]** Para seguir el enfoque de combinación de magnitud direccional propuesto es necesario cumplir ciertas suposiciones. Si se emplean micrófonos direccionales, entonces para cada micrófono los patrones de captación deben ser aproximadamente simétricos con respecto a la orientación o dirección de enfoque de los micrófonos. Si se usa el enfoque de dispersión/apantallamiento, entonces los efectos de dispersión/apantallamiento deben ser simétricos con respecto a la dirección de máxima respuesta. Estas suposiciones se cumplen fácilmente cuando el arreglo se construye como en los ejemplos mostrados en las Figuras 3 a 7.

15 Aplicación en la DirAC

20 **[0058]** La discusión de arriba considera sólo la estimación de información direccional (la DOA). En el contexto de codificación direccional también puede requerirse información acerca del grado de difusión de un campo de sonido. Un enfoque directo se obtiene simplemente igualando el vector estimado  $\mathbf{d}(k, n)$  o determinada información direccional con la dirección o puesta del vector intensidad de sonido  $\mathbf{I}_a(k, n)$ :

$$\mathbf{I}_a(k, n) = -\mathbf{d}(k, n). \quad (18)$$

25 **[0059]** Esto es posible porque  $\mathbf{d}(k, n)$  contiene información relacionada con el gradiente energético. Entonces, se puede calcular el grado de difusión de acuerdo con (3).

#### 5.2. Procedimiento de acuerdo con la Figura 8

30 **[0060]** Otras realizaciones del presente invento crean un procedimiento para derivar una información direccional a partir de una pluralidad de señales de micrófonos o a partir de una pluralidad de componentes de una señal de micrófono, en donde diferentes direcciones de orientación efectiva de micrófono se asocian con las señales de micrófono.

35 **[0061]** Un procedimiento así 800 se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 8. El procedimiento 800 comprende un paso 801 de obtener una magnitud a partir de una señal de micrófono o un componente de la señal de micrófono.

40 **[0062]** Asimismo, el procedimiento 800 comprende un paso 803 de combinar (por ejemplo, combinar linealmente) elementos de información de dirección que describen las direcciones de orientación efectiva de micrófono, tal que un elemento de información de dirección que describa una dirección de orientación efectiva de micrófono es ponderada en dependencia del valor de magnitud de la señal de micrófono o del componente de la señal de micrófono asociado con la correspondiente dirección de orientación efectiva de micrófono, para derivar la información direccional.

45 **[0063]** El procedimiento 800 puede ser ejecutado mediante el aparato 100 (por ejemplo, mediante el elemento de combinación 105 del aparato 100).

**[0064]** A continuación se pueden describir dos sistemas de acuerdo con realizaciones, para adquirir las señales de micrófono y derivar una información direccional a partir de estas señales de micrófono usando las Figuras 9 y 10.

#### 50 5.3 Sistemas de Acuerdo con la Figura 9 la Figura 10

**[0065]** Como se sabe comúnmente, el uso de la magnitud de presión para extraer información direccional no es práctico cuando se usan micrófonos omnidireccionales. De hecho, las diferencias de magnitud debidas a las diferentes distancias recorridas por el sonido para llegar a los micrófonos, normalmente son demasiado pequeñas para ser medidas, de modo que la mayoría de los algoritmos conocidos se basan principalmente en la información de fase. Hay realizaciones que superan el problema de aliasing espacial en estimación de parámetro direccional. Los descritos en lo que sigue hacen uso de arreglos de micrófonos adecuadamente diseñados de modo que existe una diferencia de magnitud medible en las señales de micrófono que es dependiente de la dirección de arriba. Entonces (sólo) se usa esta información magnitud de los espectros de micrófono en el proceso de estimación, ya que el término de fase está adulterado por efecto de aliasing espacial.

60

[0066] Hay realizaciones que comprenden extraer información direccional (tal como DOA o grado de difusión) de una campo de sonido analizado en un dominio tiempo—frecuencia solo a partir de las magnitudes de los espectros de dos o más micrófonos o de un micrófono colocado subsiguientemente en dos o más posiciones, por ejemplo, haciendo girar un micrófono alrededor de un eje. Esto es posible cuando las magnitudes varían de manera suficientemente intensa en forma predecible dependiendo de la dirección de arriba. Esto puede lograrse de dos maneras, a saber

1. empleando micrófonos direccionales (es decir, procesando un patrón de captación no isótropo), donde cada micrófono apunta a una dirección diferente, o

2. realizando para cada micrófono o posición de micrófono un único efecto de dispersión y/o apantallamiento. Esto se puede lograr por ejemplo, empleando un objeto físico en el centro de la configuración de micrófonos. Objetos adecuados modifican las magnitudes de las señales de micrófono de una manera conocida por medio de efectos de dispersión y/o apantallamiento.

[0067] Un ejemplo de un sistema que usa el primer procedimiento se muestra en la Figura 9.

### 5.3.1 Sistema que Usa Micrófonos Direccionales de acuerdo con la Figura 9

[0068] La Figura 9 muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema 900, el sistema comprende un aparato, por ejemplo, el aparato 100 de acuerdo con el Figura 1. Asimismo, el sistema 900 comprende un primer micrófono direccional 901<sub>1</sub> que tiene una primera dirección de orientación efectiva 903<sub>1</sub> para derivar una primera señal de micrófono 103<sub>1</sub> de las pluralidad de señales de micrófono del aparato 100. La primera señal de micrófono 103<sub>1</sub> se asocia con la primera dirección de orientación 903<sub>1</sub>. Asimismo, el sistema 900 comprende un segundo micrófono direccional 901<sub>2</sub> que tiene una segunda dirección de orientación de efectiva de micrófono 903<sub>2</sub> para derivar una segunda señal de micrófono 103<sub>2</sub> de la pluralidad de señales de micrófono del aparato 100. La segunda señal de micrófono 103<sub>2</sub> se asocia con la segunda dirección de orientación 903<sub>2</sub>. Asimismo, la primera dirección de orientación 903<sub>1</sub> es diferente de la segunda dirección de orientación 903<sub>2</sub>. Por ejemplo, las direcciones de orientación 903<sub>1</sub>, 903<sub>2</sub> pueden ser opuestas. Otra extensión para este concepto se muestra en la Figura 3, donde cuatro micrófonos cardioides (micrófonos direccionales) están posicionados hacia direcciones opuestas de un sistema de coordenadas cartesiano. Las posiciones de los micrófonos están marcadas mediante circuitos negros.

[0069] Aplicando micrófonos direccionales se puede lograr que las diferencia de magnitud entre los micrófonos direccionales 901<sub>1</sub>, 901<sub>2</sub> sean suficientemente grandes para determinar la información direccional 101.

[0070] Un ejemplo de un sistema que usa el segundo procedimiento para lograr una fuerte variación de magnitudes de diferentes señales de micrófono para micrófonos omnidireccionales, se muestra en la Figura 10.

### 5.3.2 Sistema que Usa Micrófonos Omnidireccionales de acuerdo con la Figura 10

[0071] La Figura 10 muestra un sistema 1000 que comprende un aparato, por ejemplo, el aparato 100 de acuerdo con la Figura 1, para derivar una información direccional 101 a partir de una pluralidad de señales de micrófono o componentes de una señal de micrófono. Asimismo, el sistema 1000 comprende un primer micrófono omnidireccional 1001<sub>1</sub> para derivar una primera señal de micrófono 103<sub>1</sub> de la pluralidad de señales de micrófono del aparato 100. Asimismo, el sistema 1000 comprende un segundo micrófono omnidireccional 1001<sub>2</sub> para derivar una segunda señal de micrófono 103<sub>2</sub> de la pluralidad de señales de micrófono del aparato 100. Asimismo, el sistema 1000 comprende un objeto de apantallamiento 1005 (también denotado como objeto de dispersión 1005) ubicado entre el primer micrófono omnidireccional 1001<sub>1</sub> y el segundo micrófono omnidireccional 1001<sub>2</sub> para formar patrones de respuesta efectiva del primer micrófono omnidireccional 1001<sub>1</sub> y del segundo micrófono omnidireccional 1001<sub>2</sub>, tal que un patrón de respuesta efectiva formado del primer micrófono omnidireccional 1001<sub>1</sub> comprende una primera dirección de orientación efectiva 1003<sub>1</sub> y un patrón efectivo formado del segundo micrófono omnidireccional 1001<sub>2</sub> comprende una segunda dirección de orientación efectiva 1003<sub>2</sub>. En otras palabras, usando el objeto de apantallamiento 1005 entre los micrófonos omnidireccionales 1001<sub>1</sub>, 1001<sub>2</sub> se puede lograr un comportamiento direccional de los micrófonos omnidireccionales 1001<sub>1</sub>, 1001<sub>2</sub> tal que se puede lograr diferencias de magnitud entre los micrófonos omnidireccionales 1001<sub>1</sub>, 1001<sub>2</sub> incluso con una pequeña distancia entre los dos micrófonos omnidireccionales 1001<sub>1</sub>, 1001<sub>2</sub>.

[0072] En las Figuras 4 a 6 se dan otras extensiones opcionales al sistema 1000, en las cuales se ubican diferentes objetos geométricos en el medio del arreglo convencional de cuatro micrófonos (omnidireccionales).

[0073] La Figura 4 muestra una ilustración de una configuración de micrófonos que emplea un objeto 1005 para causar efectos de dispersión y apantallamiento. En el ejemplo de la Figura 4 el objeto es un cilindro rígido. Las posiciones de micrófono de cuatro micrófonos (omnidireccionales) 1001<sub>1</sub> a 1001<sub>4</sub> están marcadas mediante circuitos negros.

**[0074]** La Figura 5 muestra una ilustración de una configuración de micrófonos similar a la Figura 4, pero que emplea un diferente ubicación de micrófonos (sobre una superficie rígida de un cilindro rígido). Las posiciones de micrófono de los micrófonos (omnidireccionales) 1001<sub>1</sub> a 1001<sub>4</sub> están marcadas mediante circuitos negros. En el ejemplo que se muestra en la Figura 5, el objeto de apantallamiento 1005 comprende un cilindro rígido y la superficie rígida.

**[0075]** La Figura 6 muestra una ilustración de una configuración de micrófono que emplea otro objeto 1005 para causar efectos de dispersión y apantallamiento. En este ejemplo, el objeto 1005 es una semiesfera rígida (con una superficie rígida). Las posiciones de micrófono de los micrófonos (omnidireccionales) 1001<sub>1</sub> a 1001<sub>4</sub> están marcadas mediante circuitos negros.

**[0076]** Asimismo, la Figura 7 muestra un ejemplo para una estimación tridimensional DOA (una derivación de información direccional tridimensional) usando seis micrófonos (omnidireccionales) 1001<sub>1</sub> a 1001<sub>6</sub> distribuidos sobre una esfera rígida. En otras palabras, la Figura 6 muestra una ilustración de una configuración de micrófonos en 3D que emplea un objeto 1005 para causar efectos de apantallamiento. En este ejemplo, el objeto es una esfera rígida. Las posiciones de micrófono de los micrófonos (omnidireccionales) 1001<sub>1</sub> a 1001<sub>6</sub> están marcadas mediante los circuitos negros.

**[0077]** A partir de las diferencias de magnitud entre las diferentes señales de micrófono generadas por los diferentes micrófonos mostrados en las Figuras 2 a 7 y 9 a 10, realizaciones computan la información direccional de acuerdo con el enfoque explicado en conjunto con el aparato 100 de acuerdo con la Figura 1.

**[0078]** De acuerdo con otras realizaciones, el primer micrófono direccional 901<sub>1</sub> o el primer micrófono omnidireccional 1001<sub>1</sub> y el segundo micrófono direccional 901<sub>2</sub> o el segundo micrófono omnidireccional 1001<sub>2</sub> pueden ser acomodados tal que una suma de un primer elemento de información direccional que es un vector que apunta en la primera dirección de orientación efectiva de micrófono 903<sub>1</sub>, 1003<sub>1</sub>, y un segundo elemento de información direccional que es un vector que apunta en la segunda dirección de orientación efectiva de micrófono 903<sub>2</sub>, 1003<sub>2</sub> es igual a 0 dentro de un rango de tolerancia de +/— 5 %, +/— 10 %, +/— 20 % o +/— 30 % del primer elemento de información direccional o del segundo elemento de información direccional.

**[0079]** En otras palabras, la ecuación (6) puede aplicarse a los micrófonos de los sistemas 900, 1000, en donde  $\mathbf{b}_i$  es un elemento de información de dirección del  $i$ —ésimo micrófono siendo un vector unitario que apunta en la dirección de orientación efectiva de micrófono del  $i$ —ésimo micrófono.

**[0080]** En lo que sigue se describirán soluciones alternativas para usar la información de magnitud de las señales de micrófono para estimación de parámetro direccional.

#### 5.4 Soluciones Alternativas

##### 5.4.1 Enfoque Basado en Correlación

**[0081]** En esta sección se propone un enfoque alternativo para explotar solamente la información de magnitud de señales de micrófono para estimación de parámetro direccional. Está basado en correlaciones entre espectros de magnitud de las señales de micrófono y correspondientes espectros de magnitud determinados a priori obtenidos de modelos o mediciones.

**[0082]** Sea  $S_i(k, n) = |P_i(k, n)|^k$  que denota la magnitud o espectro de potencia de la  $i$ —ésima señal de micrófono. Entonces, definimos la respuesta de arreglo de magnitud medida  $S(k, n)$  de los  $N$  micrófonos como

$$S(k, n) = [S_1(k, n), S_2(k, n), \dots, S_N(k, n)]^T. \quad (19)$$

**[0083]** La correspondiente variedad de arreglo (*array manifold*) de magnitud del arreglo de micrófono se denota mediante  $S_M(\varphi, k, n)$ . La variedad de arreglo de magnitud obviamente depende de la DOA del sonido  $\varphi$  si se usan micrófonos direccionales con diferente dirección de orientación o con objetos de dispersión/apantallamiento adentro del arreglo. La influencia sobre la DOA del sonido en la variedad de arreglo depende de la configuración de arreglo real, y está influenciada por los patrones direccionales de los micrófonos y/u objeto de dispersión incluido en la configuración de micrófono. La variedad de arreglo puede determinarse a partir de mediciones del arreglo, donde se reproduce sonido desde diferentes direcciones. Alternativamente, se pueden aplicar modelos físicos. El efecto de un dispersor cilíndrico sobre la distribución de presión de sonido sobre su superficie, por ejemplo, descrita en "Detección de fuente acústica y localización basada en descomposición de campo de ondas usando arreglos de micrófono circulares" ("Acoustic source detection and localization based on wavefield decomposition using circular microphone arrays") de H. Teutsch y W. Kellermann, Soc. Am. de Acúst., 5(120), 2006.

**[0084]** Para determinar la estimación deseada de la DOA del sonido, se correlaciona la respuesta de arreglo de magnitud y la variedad de arreglo de magnitud. La DOA estimada corresponde al máximo de la correlación normalizada de acuerdo con

$$5 \quad \varphi = \arg \max_{\varphi} \left\{ \frac{\mathbf{S}^T(k, n) \mathbf{S}_M(\varphi, k, n)}{\|\mathbf{S}(k, n)\| \|\mathbf{S}_M(\varphi, k, n)\|} \right\}. \quad (20)$$

**[0085]** A pesar de que aquí hemos presentado sólo el caso en 2D para la estimación de la DOA, es obvio que se puede realizar en forma análoga la estimación de la DOA en 3D incluyendo azimut y elevación.

#### 10 5.4.2 Enfoque Basado en Subespacio de Ruido

**[0086]** En esta sección se propone un enfoque alternativo para explotar solamente la información de magnitud de señales de micrófono para estimación de parámetro direccional. Se basa en el conocido algoritmo MUSIC de raíz (R. Schmidt, "Ubicación de emisor múltiple y estimación de parámetro de señal" ("Multiple emitter location and signal parameter estimation"), IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 34(3):276–280, 1986), con la excepción que en el ejemplo mostrado sólo se procesa la información de magnitud.

**[0087]** Sea  $\mathbf{S}(k, n)$  la respuesta de arreglo de magnitud medida, según se define en (19). En lo que sigue se omiten las dependencias de  $k$  y  $n$ , ya que todos los pasos son llevados a cabo separadamente para cada bandeja de tiempo y frecuencia. La matriz de correlación  $\mathbf{R}$  puede ser calculada con

$$20 \quad \mathbf{R} = \mathbf{E}\{\mathbf{S}\mathbf{S}^H\}, \quad (21)$$

25 donde  $(\cdot)^H$  denota la traspuesta conjugada y  $\mathbf{E}\{\cdot\}$  es el operador valor esperado. El valor esperado usualmente es aproximado por un proceso de promediado temporal y/o espectral en la aplicación práctica. La descomposición en autovalores de  $\mathbf{R}$  se puede escribir como

$$30 \quad \mathbf{R} = [\mathbf{Q}_s, \mathbf{Q}_n] \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots \end{pmatrix} [\mathbf{Q}_s, \mathbf{Q}_n]^H, \quad (22)$$

35 donde  $\lambda_{1..N}$  son los autovalores y  $N$  es el número de micrófonos o posiciones de medición. Ahora, cuando arriba una onda plana fuerte al arreglo de micrófono, se obtiene un autovalor  $\lambda$  relativamente grande, mientras que todos los otros autovalores son cercanos a cero. Los autovectores, los cuales corresponden a los últimos autovalores, forman el denominado subespacio de ruido  $\mathbf{Q}_n$ . Esta matriz es ortogonal al denominado subespacio de señal  $\mathbf{Q}_s$ , el cual contiene el(los) autovector(es) correspondiente(s) a el(los) autovalor(es) más grandes. El denominado espectro MUSIC puede ser computado con

$$40 \quad P(\varphi) = \frac{1}{\mathbf{s}(\varphi)^H \mathbf{Q}_n \mathbf{Q}_n^H \mathbf{s}(\varphi)}, \quad (23)$$

45 donde el vector maniobra (*steering vector*)  $\mathbf{s}(\varphi)$  para la dirección de maniobra investigada  $\varphi$  se toma de la variedad de arreglo  $\mathbf{S}_M$  presentada en la sección previa. El espectro MUSIC  $P(\varphi)$  se hace máximo cuando la dirección de maniobra  $\varphi$  coincide con la DOA verdadera del sonido. Así, se puede determinar la DOA del sonido  $\varphi_{DOA}$  tomando  $\varphi$  para el cual  $P(\varphi)$  se hace máximo, es decir,

$$50 \quad \varphi_{DOA} = \arg \max_{\varphi} P(\varphi). \quad (24)$$

**[0088]** En lo que sigue se describirá un ejemplo de una realización detallada del presente invento para un procedimiento/aparato de estimación de dirección de banda ancha utilizando gradientes de presión y energía combinados de un arreglo de micrófono optimizado.

### 50 5.5 Ejemplo de una Estimación de Dirección Utilizando Gradientes de Presión y Energía Combinados

#### 5.5.1 Introducción

**[0089]** Se usa el análisis de la dirección de arriba del sonido en varias técnicas de reproducción para proveer la representación paramétrica del sonido espacial proveniente de un archivo de audio multicanal o de señales de múltiples micrófonos (F. Baumgarte y C. Faller, "Codificación Binaural — parte I: Fundamentos de psicoacústica y principios de diseño" ("Binaural Cue Coding — part I: Psychoacoustic fundamentals and design principles"), IEEE Trans. Speech Audio Process., vol. 11, pp. 509–519, noviembre de 2003; M. Goodwin y J—M. Jot, "Análisis y síntesis para Codificación de Audio Espacial Universal" ("Analysis and synthesis for Universal Spatial Audio Coding"), en Proc. 121° Convención de AES, San Francisco, CA, USA, 2006; V. Pulkki, "Reproducción de sonido espacial con Codificación de Audio Direccional" ("Spatial sound reproduction with Directional Audio Coding"), J. Audio Eng. Soc, vol. 55, pp. 503–516, junio 2007; y C. Faller, "Micrófonos de usuario para codificadores de audio espacial" ("Microphone front—ends for spatial audio coders") en Proc. 125° Convención de AES, San Francisco, CA, USA, 2008). Además de la reproducción de sonido espacial, la dirección analizada también puede ser utilizada en aplicaciones tales como localización de fuente y formación de haz (M. Kallinger, G. Del Galdo, F. Kuech, D. Mahne, y R. Schultz—Amling, "Filtrado espacial usando parámetros de Codificación de Audio Direccional" ("*Spatial filtering using Directional Audio Coding parameters*"), en Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. IEEE Computer Society, pp. 217–220, 2009 y O. Thiergart, R. Schultz—Amling, G. Del Galdo, D. Mahne, y F. Kuech, "Localización de fuentes de sonido en ambientes reverberantes basado en parámetro de Codificación de Audio Direccional" ("*Localization of sound sources in reverberant environments based on Directional Audio Coding parameters*"), en Proc. 127° Convención de AES, New York, NY, USA, 2009). En este ejemplo, el análisis de dirección se discute en un punto de vista de una técnica de procesamiento, Codificación de Audio Direccional (*Directional Audio Coding* (DirAC)), para grabación y reproducción de sonido espacio en diversas aplicaciones (V. Pulkki, "Reproducción de sonido espacial con Codificación de Audio Direccional" ("*Spatial sound reproduction with Directional Audio Coding*"), J. Audio Eng. Soc, vol. 55, pp. 503–516, junio de 2007).

**[0090]** Generalmente, el análisis de dirección en una DirAC se basa en la medición del vector intensidad de sonido en 2D, que requiere información acerca de presión de sonido y velocidad de partícula en un punto singular del campo de sonido. Así se usa la DirAC con señales de formato B en una forma de una señal omnidireccional y señales de tres dipolos dirigidas a lo largo de las coordenadas cartesianas. Las señales de formato B pueden ser derivadas de un arreglo de micrófonos estrechamente espaciados o coincidentes (J. Merimaa, "Aplicaciones de un arreglo de micrófono 3D" ("*Applications of a 3—D microphone array*") en Proc. 112° Convención de AES, Munich, Alemania, 2002 y M.A. Gerzon, "El diseño de arreglos de micrófonos precisamente coincidentes para sonido estéreo y surround" ("*The design of precisely coincident microphone arrays for stereo and surround sound*"), en Proc. 50° Convención de AES, 1975). Aquí se usa una solución a nivel consumidor con cuatro micrófonos omnidireccionales ubicados en un arreglo cuadrado. Lamentablemente, las señales dipolo, las cuales son derivadas como gradientes de presión de un arreglo así, padecen aliasing espacial a altas frecuencias. Consecuentemente, la dirección es estimada erróneamente por arriba de la frecuencia de aliasing espacial, lo cual puede ser derivado del espaciamiento del arreglo.

**[0091]** En este ejemplo se presenta un procedimiento para extender la estimación de dirección confiable por arriba de la frecuencia de aliasing espacial con micrófonos omnidireccionales reales. El procedimiento utiliza el hecho de que un micrófono por sí mismo apantalla el sonido que llega con relativamente cortas longitudes de onda en altas frecuencias. Un apantallamiento así produce diferencias de nivel intermicrófono medibles para los micrófono ubicados en el arreglo, dependiendo de la dirección de arriba. Esto hace posible aproximar el vector intensidad de sonido computando un gradiente de energía entre las señales de micrófono, y asimismo estimar la dirección de arriba basado en esto. Adicionalmente, el tamaño del micrófono determina un límite de frecuencia, por arriba del cual las diferencias de nivel son suficientes para usar los gradientes de energía. El apantallamiento entra en efecto a bajas frecuencias con un mayor tamaño. El ejemplo también discute cómo optimizar un espaciamiento en el arreglo, dependiendo del tamaño de diafragma del micrófono, para aparear los procedimientos de estimación usando tanto los gradientes de presión como de energía.

**[0092]** El ejemplo se organiza como sigue. La Sección 5.5.2 considera la estimación de dirección usando el análisis energético con señales de formato B, cuya creación con un arreglo cuadrado de micrófonos omnidireccionales se describe en la Sección 5.5.3. En la Sección 5.5.4 se presenta el procedimiento para estimar dirección usando los gradientes de energía con micrófonos de tamaño relativamente grande en el arreglo cuadrado. La Sección 5.5.5 propone un procedimiento para optimizar un espaciamiento de micrófono en el arreglo. En a Sección 5.5.6 se presentan las evaluaciones de los procedimientos. Finalmente, en la Sección 5.5.7 se dan las conclusiones.

#### 5.5.2 Estimación de Dirección en Análisis Energético

**[0093]** La estimación de dirección con el análisis energético se basa en el vector intensidad de sonido, el cual representa la dirección y la magnitud del flujo neto de energía de sonido. Para el análisis, se puede estimar la presión  $p$  y la velocidad de partícula  $u$  en un punto del campo de sonido usando la señal omnidireccional  $W$  y las señales dipolo ( $X$ ,  $Y$  y  $Z$  para las direcciones cartesianas) del formato B, respectivamente. Para armonizar el campo de sonido se aplica el análisis de tiempo—frecuencia, como transformada de Fourier de corto tiempo (STFT) con una

ventana de tiempo de 20 ms, a las señales de formato B en la implementación DirAC presentada aquí. Subsiguientemente, se computa la intensidad instantánea de sonido activo

$$I(t, f) = \frac{1}{\sqrt{2}Z_0} \operatorname{Re}\{W^*(t, f) \cdot X(t, f)\} \quad (25)$$

5 **[0094]** en cada pequeña región de tiempo—frecuencia a partir de las señales de formato B transformadas mediante STFT para las cuales los dipolos se expresan como  $X(t, f) = [X(t, f) \ Y(t, f) \ Z(t, f)]^T$ . Aquí, t y f son tiempo y frecuencia, respectivamente, y  $Z_0$  es la impedancia acústica del aire. Además,  $Z_0 = \rho_0 c$ , donde  $\rho_0$  es la densidad media del aire, y c es la velocidad del sonido. La dirección del arriba del sonido, como ángulos azimut  $\theta$  y elevación  $\phi$ , se define como la opuesta a la dirección del vector intensidad de sonido.

### 5.5.3 Arreglo de Micrófono para Derivar Señales de Formato B en un Plano Horizontal

15 **[0095]** La Figura 11 muestra un arreglo de cuatro micrófonos omnidireccionales con espaciamiento d entre micrófonos opuestos.

20 **[0096]** Se ha usado un arreglo que está compuesto por cuatro micrófonos omnidireccionales estrechamente espaciados que se muestra en la Figura 11, para derivar las señales de formato B horizontales (W, X e Y) para estimar el ángulo azimutal  $\theta$  de la dirección en la DirAC (M. Kallinger, G. Del Galdo, F. Kuech, D. Mahne, y R. Schultz—Amling, "Filtrado espacio usando parámetros de Codificación de Audio Direccional" ("*Spatial filtering using Directional Audio Coding parameters*") en Proc. Conferencia Internacional de IEEE sobre Acústica, Voz y Procesamiento de Señal. IEEE Computer Society, pp. 217–220, 2009 y O. Thiergart, R. Schultz—Amling, G. Del Galdo, D. Mahne, y F. Kuech, "Localización de fuentes de sonido en ambientes reverberantes basado en parámetros de Codificación de Audio Direccional" ("*Localization of sound sources in reverberant environments based on Directional Audio Coding parameters*") en Proc.127º Convención de AES, New York, NY, USA, 2009). Los micrófonos de tamaños relativamente pequeños típicamente son posicionados a unos pocos centímetros (por ejemplo, 2 cm) separados uno de otro. Con un arreglo así, la señal omnidireccional W puede ser producida como un promedio sobre las señales de micrófono, y las señales dipolo X e Y se derivan como gradientes de presión sustrayendo las señales de los micrófonos opuestos una de otro según

$$\begin{aligned} X(t, f) &= \sqrt{2} \cdot A(f) \cdot [P_1(t, f) - P_2(t, f)] \\ Y(t, f) &= \sqrt{2} \cdot A(f) \cdot [P_3(t, f) - P_4(t, f)] \end{aligned} \quad (26)$$

35 **[0097]** Aquí,  $P_1, P_2, P_3$  y  $P_4$  son las señales de micrófono transformadas por STFT, y  $A(f)$  es una constante de ecualización dependiente de la frecuencia. Asimismo,  $A(f) = -j(cN) / (2\pi f d f_s)$ , donde j es la unidad imaginaria, N es el número de bandejas o pequeñas regiones de frecuencia de la STFT, d es la distancia entre los micrófonos opuestos y  $f_s$  es el ritmo de muestreo.

40 **[0098]** Como ya se mencionó, el aliasing espacial entra en efecto en los gradientes de presión y empieza a distorsionar las señales dipolo, cuando la semi—longitud de onda de sonido entrante es menor que la distancia entre los micrófonos opuestos. Así, la frecuencia de aliasing espacial teórica  $f_{sa}$  para definir el límite de frecuencia superior para una señal dipolo válida, se computa según

$$f_{sa} = \frac{c}{2d}, \quad (27)$$

45 por arriba de la cual la dirección es estimada erróneamente.

### 5.5.4 Estimación de Dirección Usando Gradientes de Energía

50 **[0099]** Como el aliasing espacial y la directividad del micrófono por el apantallamiento inhiben el uso de gradientes de presión a altas frecuencias, se desea un procedimiento para extender el rango de frecuencias para la estimación de dirección confiable. Aquí se emplea un arreglo de cuatro micrófonos omnidireccionales tal que sus direcciones en eje apuntan hacia afuera y direcciones opuestas, en un procedimiento propuesto para estimación de dirección de banda ancha. La Figura 12 muestra un arreglo así, en el cual se capta diferente cantidad de energía de sonido desde la onda plana con diferentes micrófonos.

55 **[0100]** Los cuatro micrófonos omnidireccionales 1001<sub>1</sub> a 1001<sub>4</sub> del arreglo mostrado en la Figura 12 están montados sobre el extremo de un cilindro. Las direcciones sobre el eje 1003<sub>1</sub> a 1003<sub>4</sub> de los micrófonos apuntan hacia fuera

desde el centro del arreglo. Un arreglo así se usa para estimar una dirección de llegada de una onda de sonido usando gradientes de energía.

5 **[0101]** Las diferencias de energía aquí se suman para hacer posible estimar un vector intensidad de sonido 2D, cuando los componentes de eje x e y del mismo son aproximados sustrayendo los espectros de potencia de los micrófonos opuestos según

$$\begin{aligned}\tilde{I}_x(t, f) &= |P_1(t, f)|^2 - |P_2(t, f)|^2 \\ \tilde{I}_y(t, f) &= |P_3(t, f)|^2 - |P_4(t, f)|^2.\end{aligned}\tag{28}$$

10 **[0102]** El ángulo azimutal  $\theta$  para la onda plana que arriba además puede obtenerse a partir de las aproximaciones de intensidad  $\tilde{I}_x$  e  $\tilde{I}_y$ . Para hacer factible la computación descrita arriba, se desean diferencias de nivel intermicrófono suficientemente grandes para ser medidas con una relación señal a ruido aceptable. Por ende, en este arreglo se emplean micrófonos que tienen diafragmas relativamente grandes.

15 **[0103]** En algunos casos no se pueden usar los gradientes de energía para estimar dirección a más bajas frecuencias, donde los micrófonos no apantallan la onda de sonido que llega con longitudes de onda relativamente largas. Por ende, la información de la dirección del sonido a altas frecuencias puede ser combinada con la información de la dirección a bajas frecuencias obtenida con gradientes de presión. La frecuencia de cruce entre las técnicas claramente es la frecuencia de aliasing espacial  $f_{sa}$  de acuerdo con la ecuación (27).

20 5.5.5 Optimización de Espaciamiento de Arreglo de Micrófono

**[0104]** Como se expresó antes, el tamaño del diafragma determina las frecuencias a las cuales es efectivo el apantallamiento mediante el micrófono para computar los gradientes de energía. Para hacer coincidir la frecuencia de aliasing espacial  $f_{sa}$  con la frecuencia límite  $f_{lim}$  para usar los gradientes de energía, los micrófonos deben ser posicionados a correcta distancia uno de otro en el arreglo. Por ende, en esta sección se discute sobre definir el espaciamiento entre los micrófonos con un cierto tamaño del diafragma.

30 **[0105]** El índice de directividad dependiente de la frecuencia para un micrófono omnidireccional, se puede medir en decibeles según

$$DI(f) = 10 \log_{10}(\Delta L(f)),\tag{29}$$

35 donde  $\Delta L$  es la relación de energía captada sobre el eje con respecto a la energía captada total integrada sobre todas las direcciones (J. Eargle, "El libro del micrófono" ("The microphone book") Focal Press, Boston, USA, 2001). Asimismo, el índice de directividad en cada frecuencia depende de un valor de cociente

$$ka = \frac{2\pi r}{\lambda}\tag{30}$$

40 entre la circunferencia del diafragma y la longitud de onda. Aquí,  $r$  es el radio del diafragma y  $\lambda$  es la longitud de onda. Asimismo,  $\lambda = c / f_{lim}$ . En "El libro del micrófono" ("The microphone book") de J. Eargle, Focal Press, Boston, USA, 2001 se mostró que la dependencia del índice de directividad DI como función del valor de relación  $ka$  es una función monótonamente creciente, como se muestra en la Figura 13.

45 **[0106]** El índice de directividad DI en decibeles mostrado en la Figura 13 está adaptado de "El libro del micrófono" ("The microphone book") de J. Eargle, Focal Press, Boston, USA, 2001. Se grafican índices teóricos como función de  $ka$ , lo cual representa la circunferencia de diafragma del micrófono omnidireccional dividida por la longitud de onda.

50 **[0107]** Aquí se usa tal dependencia para definir el valor de relación  $ka$  para un deseado índice de directividad DI. En este ejemplo se define que DI es 2,8 dB produciendo un valor de  $ka$  de 1. Ahora se puede definir el espaciamiento de micrófono optimizado con un dado índice de directividad empleando la ecuación (27) y la ecuación (30), cuando la frecuencia de aliasing espacial  $f_{sa}$  se iguala con la frecuencia límite  $f_{lim}$ . El espaciamiento optimizado se computa entonces según

$$d_{opt} = \frac{\pi r}{ka}.\tag{31}$$

### 5.5.6 Evaluación de Estimaciones de Dirección

- 5 **[0108]** Los procedimientos de estimación de dirección discutidos en este ejemplo ahora son evaluados en análisis de DirAC con mediciones anecoicas y simulaciones. En lugar de medir cuatro micrófonos en un cuadrado al mismo tiempo, se midieron las respuestas a impulso desde múltiples direcciones con un solo micrófono omnidireccional con diafragma relativamente grande. Subsiguientemente se usaron las respuestas medidas para estimar las respuestas a impulsos de cuatro micrófonos omnidireccionales ubicados en un cuadrado, como se muestra en la Figura 12. Consecuentemente, los gradientes de energía dependían principalmente del tamaño de diafragma del micrófono, y se así se puede estudiar la optimización de espaciamiento como se describió en la Sección 5.5.5. Obviamente, 10 cuatro micrófonos en el arreglo proveerían efectivamente más apantallamiento para la onda de sonido que llega, y la estimación de dirección sería mejorada un poco respecto del caso de un solo micrófono. Las evaluaciones descritas arriba se aplican aquí con dos micrófonos diferentes que tienen diferentes tamaños de diafragma.
- 15 **[0109]** Se midieron las respuestas a impulso en intervalos de 5° usando un parlante móvil (Genelec 8030A) a una distancia de 1,6 m en una cámara anecoica. Se realizaron las mediciones a diferentes ángulos usando un barrido senoidal en 20—2000 Hz y 1 s de longitud. La presión de sonido A—ponderada fue 75 dB. Se realizaron las mediciones usando micrófonos G.R.A.S. Tipo 40AI y micrófonos omnidireccionales AKG CK 62—ULS con diafragmas de 1,27 cm (0.5 pulgadas) y 2,1 cm (0,8 pulgadas) de diámetros, respectivamente.
- 20 **[0110]** En las simulaciones, se definió el índice de directividad DI para ser 2,8 dB, lo que corresponde a la relación  $k$  con un valor de 1 en la Figura 13. De acuerdo con el espaciamiento de micrófono optimizado en la ecuación (31), se simularon los micrófonos opuestos en una distancia de 2 cm y 3,3 cm separados entre sí con G.R.A.S. y los micrófonos AKG, respectivamente. Tales espaciamientos dan por resultado frecuencias de aliasing espacial de 8575 Hz y 5197 Hz.
- 25 **[0111]** Las Figuras 14 y 15 muestran patrones direccionales con G.R.A.S. y micrófonos AKG: 14a) energía de micrófono singular, 14b) gradiente de presión entre dos micrófonos, y 14c) gradiente de energía entre dos micrófonos.
- 30 **[0112]** La Figura 14 muestra patrones direccionales logarítmicos basados con micrófono G.R.A.S. Los patrones son normalizados y graficados en bandas de tercera octava con la frecuencia central de 8 kHz (curvas con número de referencia 1401), 10 kHz (curvas con número de referencia 1403), 12.5 kHz (curvas con número de referencia 1405) y 16 kHz (curvas con número de referencia 1407). El patrón para un dipolo ideal con desviación de  $\pm 1$  dB está marcado con un área 1409 en 14b) y 14c).
- 35 **[0113]** La Figura 15 muestra patrones direccionales logarítmicos con micrófono AKG. Los patrones son normalizados y graficados en banda de tercera octava con las frecuencias centrales de 5 kHz (curvas con número de referencia 1501), 8 kHz (curvas con número de referencia 1503), 12.5 kHz (curvas con número de referencia 1505) y 16 kHz (curvas con número de referencia 1507). El patrón para un dipolo ideal con desviación de  $\pm 1$  dB está marcado con un área 1509 en 15b) y 15d).
- 40 **[0114]** Los patrones normalizados son graficados en algunas bandas de tercera octava con las frecuencias centrales empezando cerca de las frecuencias de aliasing espacial teórico de 8575 Hz (G.R.A.S.) y 5197 Hz (AKG). Uno debe notar que se usan diferentes frecuencias centrales entre los micrófonos G.R.A.S. y los AKG. Además, el patrón direccional para un dipolo ideal con desviación de  $\pm 1$  dB se marca como los áreas 1409, 1509 en los gráficos de los gradientes de presión y de energía. Los patrones de la Figura 14 a) y la Figura 15 a) revelan que el micrófono omnidireccional individual tiene una significativa directividad en altas frecuencias, por el apantallamiento. Con micrófono G.R.A.S. y espaciamiento de 2 cm en el arreglo, el dipolo derivado como gradiente de presión se despliega en función de la frecuencia en Figura 14 b). El gradiente de energía produce patrones de dipolo, pero un poco más angostos que el ideal a 12,5 kHz y 16 kHz en la Figura 14 c). Con micrófono AKG y espaciamiento de 3,3 cm en el arreglo, el patrón direccional del gradiente de presión se despliega y distorsiona a 8 kHz, 12,5 kHz y 16 kHz, mientras que con el gradiente de energía, los patrones de dipolo disminuyen en función de la frecuencia, pero sin embargo parecido al dipolo ideal.
- 50 **[0115]** La Figura 16 muestra los resultados del análisis de dirección como errores cuadráticos medios (RMSE) a lo largo de la frecuencia, cuando se usaron las respuestas de micrófonos G.R.A.S. y AKG medidas, para simular arreglo de micrófono en 16a) y 16b), respectivamente.
- 55 **[0116]** En la Figura 16 se estimó la dirección usando arreglos de cuatro micrófonos omnidireccionales, que fueron modelados usando respuestas a impulso medidas de micrófonos reales.
- 60 **[0117]** Los análisis de dirección se realizaron convolviendo las respuestas a impulsos de los micrófonos en 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40° y 45° alternativamente con una muestra de ruido blanco, y estimando la dirección dentro de ventanas de STFT de 20 ms en análisis de DirAC. La inspección visual de los resultados revela que la

dirección se estima con exactitud hasta las frecuencias de 10 kHz en 16a) y 6,5 kHz en 16b) utilizando los gradientes de presión, y arriba de tales frecuencias utilizando los gradientes de energía. Sin embargo, las frecuencias mencionadas antes son un poco más altas que las frecuencias teóricas de aliasing espacial de 8575 Hz y 5197 Hz con espaciamientos de micrófono optimizados de 2 cm y 3,3 cm, respectivamente. Además, existen rangos de frecuencia para estimación de dirección válida con ambos gradientes, de presión y de energía a 8 kHz hasta 10 kHz con micrófono G.R.A.S en 16a) y a 3 kHz hasta 6,5 kHz con micrófono AKG en 16b). La optimización de espaciamiento de micrófono con los valores datos parece proveer una buena estimación en esos casos.

#### 5.5.7 Conclusión

**[0118]** Este ejemplo presenta un procedimiento/aparato para analizar la dirección de arribo del sonido en amplio rango de frecuencia de audio, donde se computan gradientes de presión y de energía entre micrófonos omnidireccionales a bajas y altas frecuencias, respectivamente, y se usan para estimar los vectores intensidad de sonido. Se empleó el procedimiento/aparato con un arreglo de cuatro micrófonos omnidireccionales mirando en direcciones opuestas con tamaños de diafragma relativamente grandes, lo cual proveyó las diferencias de nivel intermicrófono medibles para computar los gradientes de energía a altas frecuencias.

**[0119]** Se mostró que el procedimiento/aparato presentado provee estimación de dirección confiable en un amplio rango de frecuencias de audio, mientras el procedimiento/aparato convencional que empleo sólo los gradientes de presión en análisis energético del campo de sonido padecía aliasing espacial y produce así estimación de dirección altamente errónea a altas frecuencias.

**[0120]** Para sintetizar, el ejemplo mostró el procedimiento/aparato para estimar la dirección del sonido computando intensidad de sonido a partir de gradientes de presión y de energía de micrófonos omnidireccionales estrechamente espaciados dependiendo de la frecuencia. En otras palabras, realizaciones proveen un aparato y/o un procedimiento que está configurado para estimar una información direccional a partir de un gradiente de presión y uno de energía de micrófonos omnidireccionales estrechamente espaciados que depende de la frecuencia. Aquí se usan micrófonos con diafragmas relativamente grandes y que causan apantallamiento para la onda de sonido para proveer diferencias de nivel intermicrófono suficientemente grandes para computar gradientes de energía factibles a altas frecuencias. Se evaluó el ejemplo en análisis de dirección de técnica de procesamiento de sonido espacial, codificación de audio direccional (DirAC). Se mostró que el procedimiento/aparato provee información de estimación de dirección confiable en todo rango de frecuencia de audio, mientras que los procedimientos tradicionales que emplean sólo los gradientes de presión producen estimación altamente errónea en altas frecuencias.

**[0121]** De este ejemplo se puede ver que en una realización ulterior, un medio de combinación de un aparato de acuerdo con esta realización está configurado para derivar la información direccional sobre la base de los valores de magnitud e independiente de las fases de la señal de micrófono en un primer rango de frecuencia (por ejemplo, arriba del límite de aliasing espacial). Asimismo, el medio de combinación puede ser configurado para derivar la información direccional en dependencia de las fases de las señales de micrófono o de los componentes de la señal de micrófono en un segundo rango de frecuencia (por ejemplo, por debajo del límite de aliasing espacial). En otras palabras, realizaciones del presente invento pueden ser configuradas para derivar la información direccional selectiva por frecuencia, tal que en un primer rango de frecuencia la información direccional está basada solamente en la magnitud de las señales de micrófono o los componentes de la señal de micrófono y en un segundo rango de frecuencia la información direccional se basa además en las fases de las señales de micrófono o de los componentes de la señal de micrófono.

## 6. SÍNTESIS

**[0122]** Para sintetizar, realizaciones del presente invento estimar parámetros direccionales de un campo de sonido considerando (sólo) las magnitudes de espectros de micrófonos. Esto es especialmente útil en la práctica si la información de fase del micrófono de las señales de micrófono es ambigua, es decir, cuando ocurren efectos de aliasing espacial. Para poder extraer la información direccional deseada, realizaciones del presente invento (por ejemplo el sistema 900 ) se usan configuraciones adecuadas de micrófonos direccionales, los cuales tienen diferentes direcciones de orientación. Alternativamente (por ejemplo, en el sistema 1000), se pueden incluir objetos en las configuraciones de micrófonos los cuales causan efectos de dispersión de apantallamiento dependientes de la dirección. En ciertos micrófonos comerciales (por ejemplo, micrófonos de diafragma grande), las cápsulas de micrófono se montan en alojamientos relativamente grandes. El efecto de apantallamiento/dispersión resultante puede ser ya suficientemente grande para emplear el concepto del presente invento. De acuerdo con otras realizaciones, la estimación de parámetro basada en magnitud realizada mediante las realizaciones dl presente invento también pueden ser aplicadas en combinación con procedimientos de estimación tradicionales, los cuales también consideran la información de fase de las señales de micrófono.

**[0123]** Para sintetizar, realizaciones proveen una estimación de parámetro espacial vía variaciones de magnitud direccionales.

- 5 [0124] A pesar de que se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, es claro que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, donde un bloque o dispositivo corresponde a una etapas de procedimiento o a un rasgo de una etapa de procedimiento. Análogamente, los aspectos descritos en el contexto de una etapa de procedimiento también representan una descripción de un correspondiente bloque o componente o rasgo de un correspondiente aparato. Algunos o todos de los pasos de procedimiento pueden ser ejecutados por (o usando) un aparato de hardware, como por ejemplo, un microprocesador, una computadora programable o un circuito electrónico. En algunas realizaciones, alguno o más de los pasos de procedimiento más importantes pueden ser ejecutados mediante un aparato tal.
- 10 [0125] Dependiendo de ciertos requerimientos de implementación, las realizaciones del invento pueden ser implementadas en hardware o en software. La implementación puede ser realizada usando una medio de almacenamiento digital, por ejemplo, un disco flexible, un DVD, un CD, una memoria de sólo lectura, una PROM, una EEPROM o una memoria FLASH, teniendo señales de control legibles electrónicamente almacenadas en las mismas, las cuales cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema de computadora programable tal que se
- 15 ejecute el respectivo procedimiento. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por computadora.
- [0126] Algunas realizaciones de acuerdo con el invento comprenden un portador de datos que tiene señales de control legibles electrónicamente, las cuales son capaces de cooperar con una sistema de computadora programable, tal que uno de los procedimientos descrito en la presente sea ejecutado.
- 20 [0127] Generalmente, realizaciones del presente invento pueden ser implementadas como un programa de computador con un código de programa, siendo código de programa operativo para ejecutar uno de los procedimientos cuando el producto de programa de computadora corre en una computadora. El código de programa puede ser almacenado, por ejemplo, sobre un portador legible por una máquina.
- 25 [0128] Otras realizaciones comprenden el programa de computadora para ejecutar uno de los procedimientos descritos en la presente, almacenado en un portador legible por una máquina.
- 30 [0129] En otras palabras, una realización del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un programa de computadora que un código de programa para ejecutar uno de los procedimientos descritos en la presente, cuando el programa de computadora corre en una computadora.
- 35 [0130] Una realización adicional de los procedimientos inventivos es, por lo tanto, un portador de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por computadora) que comprende, grabado en el mismo, el programa de computadora para ejecutar uno de los procedimientos descritos en la presente. El portador de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio de registro típicamente son tangibles y/o no transitorios.
- 40 [0131] Una realización adicional del procedimiento inventivo es, por lo tanto, una transmisión de datos o una secuencia de señales que representan el programa de computador para ejecutar uno de los procedimientos descritos en la presente. La transmisión de datos o la secuencia de señales pueden ser configuradas, por ejemplo, para ser transferidos vía una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, vía Internet.
- 45 [0132] Una realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, una computadora, o un dispositivo lógico programable, configurado para o adaptado para ejecutar uno de los procedimientos descritos en la presente.
- 50 [0133] Una realización adicional comprende una computadora que tiene instalado en ella el programa de computadora para ejecutar uno de los procedimientos descritos en la presente.
- 55 [0134] Otra realización de acuerdo con el invento comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, electrónicamente u ópticamente) un programa de computadora para ejecutar uno de los procedimientos descritos aquí, a un receptor. El receptor puede ser, por ejemplo, una computadora, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o similar. El aparato o sistema puede comprender, por ejemplo, un servidor de archivo para transferir el programa de computadora al receptor.
- 60 [0135] En algunas realizaciones se puede usar un dispositivo de lógica programable (por ejemplo un arreglo de compuesta programable de campo) para realizar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en la presente. En algunas realizaciones, el arreglo de compuerta programable de campo puede cooperar con un microprocesador para realizar uno de los procedimientos descritos en la presente. Generalmente, los procedimientos preferiblemente son realizados mediante algún aparato de hardware.
- [0136] Las realizaciones que se describieron más arriba son puramente ilustrativas para los principios del presente invento. Se entiende que las modificaciones y variaciones posibles de las disposiciones y de los detalles descritos en

la presente serán evidentes para los expertos en la materia. Por lo tanto, es la intención que el invento esté limitado sólo por el alcance de las siguientes reivindicaciones de patente y no por los detalles específicos presentados por la descripción y la explicación de las realizaciones en la presente.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) para derivar información direccional (101,  $\mathbf{d}(k, n)$ ) a partir de una pluralidad de señales de micrófono (103<sub>1</sub> a 103<sub>N</sub>, P<sub>1</sub> a P<sub>N</sub>) o a partir de una pluralidad de componentes (P<sub>i</sub>(k, n)) de una señal de micrófono (103<sub>i</sub>, P<sub>i</sub>), en donde se asocian diferentes direcciones de orientación efectiva de micrófono con señales de micrófono (103<sub>1</sub> a 103<sub>N</sub>, P<sub>1</sub> a P<sub>N</sub>) o componentes (P<sub>i</sub>(k, n)), el aparato (100) que comprende:
- 5 un medio de combinación (105) configurado para obtener un valor de magnitud a partir de una señal de micrófono (P<sub>i</sub>) o un componente (P<sub>i</sub>(k, n)) de la señal de micrófono (P<sub>i</sub>), y para combinar elementos de información de dirección (b<sub>1</sub> a b<sub>N</sub>) que describen las direcciones de orientación efectiva de micrófono, tal que un elemento de información de dirección (b<sub>i</sub>) que describe una dada dirección de orientación efectiva de micrófono en ponderado en dependencia del valor de magnitud de la señal de micrófono (P<sub>i</sub>), o del componente (P<sub>i</sub>(k, n)) de la señal de micrófono (P<sub>i</sub>), asociada con la dirección de orientación efectiva de micrófono dada, para derivar la información direccional (101,  $\mathbf{d}(k, n)$ ).
- 10 en donde el elemento de información de dirección (b<sub>i</sub>) que describe la dirección de orientación efectiva de micrófono dada es un vector que apunta a la dirección de orientación efectiva de micrófono dada.
- 15 en el que el combinador está configurado para derivar la información direccional  $\mathbf{d}(k, n)$  para una región de tiempo y frecuencia (k, n) correspondiente a una combinación lineal de los elementos de información de dirección (b<sub>1</sub> a b<sub>N</sub>) ponderados en función de valores de magnitud asociados a la región de tiempo y frecuencia (k, n) dada, y en el que los elementos de información de dirección (b<sub>1</sub> a b<sub>N</sub>) son independientes de las regiones de tiempo y frecuencia (k, n).
- 20
2. Un aparato (100) de acuerdo con la reivindicación 1,
- 25 en el que la información de dirección para la región de tiempo y frecuencia dada es una estimación de un vector  $\mathbf{d}_i(k, n)$  que apunta hacia la dirección desde la que un sonido se propaga a la frecuencia y los índices de tiempo de la región de tiempo y frecuencia dada.
3. Un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde una dirección de orientación efectiva de micrófono asociada a una señal de micrófono (P<sub>i</sub>) describe la dirección donde tiene su máxima respuesta a micrófono del cual se deriva la señal de micrófono (P<sub>i</sub>).
- 30
4. Un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 35 en donde el medio de combinación (105) está configurado para obtener el valor de magnitud tal que el valor de magnitud describe una magnitud de un coeficiente espectral (P<sub>i</sub>(k, n)) que representa una sub—región espectral (k) de la señal de micrófono (P<sub>i</sub>).
5. Un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 40 en donde el medio de combinación (105) está configurado para derivar la información direccional (101,  $\mathbf{d}(k, n)$ ) sobre la base de una representación de tiempo—frecuencia de las señales de micrófono (P<sub>1</sub> a P<sub>N</sub>) o de los componentes.
6. Un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 45 en donde el medio de combinación (105) es configurado para combinar los elementos de información de dirección (b<sub>1</sub> a b<sub>N</sub>) ponderados en dependencia de valores de magnitud que están asociados a una pequeña región dada de tiempo y frecuencia (k, n) a fin de derivar la información direccional  $\mathbf{d}(k, n)$  para la pequeña región dada de tiempo y frecuencia (k, n).
7. Un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 50 en donde el medio de combinación (105) está configurado para combinar para una pluralidad de diferentes pequeñas regiones de tiempo—frecuencia los mismos elementos de información de dirección (b<sub>1</sub> a b<sub>N</sub>), siendo ponderados de manera diferente dependiendo de valores de magnitud asociados a las diferentes pequeñas regiones de tiempo—frecuencia.
8. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,
- 55 en donde una primera dirección de orientación efectiva de micrófono está asociada con una primera señal de micrófono de la pluralidad de señales de micrófono;
- en donde una segunda dirección de orientación efectiva de micrófono está asociada con una segunda señal de micrófono de una pluralidad de señales de micrófono;
- en donde la primera dirección de orientación efectiva de micrófono es diferente de la segunda dirección de orientación efectiva de micrófono; y
- 60 en donde el medio de combinación está configurado para obtener un primer valor de magnitud a partir de la primera señal de micrófono o un componente de la primera señal de micrófono, para obtener un segundo valor de magnitud a partir de la segunda señal de micrófono o un componente de la segunda señal de micrófono, y para combinar un primer elemento de información de dirección que describe la primera dirección de orientación efectiva de micrófono y un segundo elemento de información de dirección que describe la segunda dirección de orientación efectiva de

micrófono, tal que el primer elemento de información de dirección es ponderado por el primer valor de magnitud y el segundo elemento de información de dirección es ponderado por el segundo valor de magnitud, para derivar la información direccional.

5 **9.** Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
 en donde el medio de combinación está configurado para obtener el cuadrado de un valor de magnitud en base al  
 valor de magnitud, el cuadrado del valor de magnitud que describe una potencia de la señal de micrófono ( $P_i$ ) o del  
 componente ( $P_i(k, n)$ ) de la señal de micrófono, y en donde el medio de combinación está configurado para combinar  
 los elementos de información de dirección ( $\mathbf{b}_1$  a  $\mathbf{b}_N$ ) tal que un elemento de información de dirección ( $\mathbf{b}_i$ ) es  
 10 ponderado dependiendo del cuadrado del valor de magnitud de la señal de micrófono ( $P_i$ ) o del componente ( $P_i(k, n)$ )  
 de la señal de micrófono ( $P_i$ ) asociada con la dirección de orientación efectiva de micrófono dada.

**10.** Un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
 en donde el medio de combinación (105) está configurado para derivar la información direccional ( $\mathbf{d}(k, n)$ ) de  
 15 acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{d}(k, n) = \sum_{i=1}^N |P_i(k, n)|^\kappa \cdot \mathbf{b}_i, \tag{6}$$

en la cual  $\mathbf{d}(k, n)$  denota la información direccional para una dada pequeña región de tiempo—frecuencia ( $k, n$ ),  $P_i(k, n)$  denota un componente de la señal de micrófono ( $P_i$ ) de un  $i$ —ésimo micrófono para la pequeña región de  
 tiempo—frecuencia dada ( $k, n$ ),  $\kappa$  denota un valor de exponente y  $\mathbf{b}_i$  denota un elemento de información de dirección  
 20 que describe la dirección de orientación efectiva de micrófono del  $i$ —ésimo micrófono.

**11.** Un aparato de acuerdo con la reivindicación 10, en donde  $\kappa > 0$ .

**12.** Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
 25 en donde el medio de combinación está configurado para derivar la información direccional ( $\mathbf{d}(k, n)$ ) sobre la base de  
 los valores de magnitud e independiente de las fases de las señales de micrófono ( $P_1$  a  $P_N$ ) o de los componentes  
 ( $P_i(k, n)$ ) de la señal de micrófono ( $P_i$ ) en un primer rango de frecuencia; y  
 en donde el medio de combinación está configurado además para derivar la información direccional en dependencia  
 de las fases de las señales de micrófono ( $P_1$  a  $P_N$ ) o de los componentes ( $P_i(k, n)$ ) de la señal de micrófono ( $P_i$ ) en  
 30 un segundo rango de frecuencia.

**13.** Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el medio de  
 combinación está configurado tal que el elemento de información de dirección ( $\mathbf{b}_i$ ) es ponderado solamente en  
 dependencia del valor de magnitud.  
 35

**14.** Un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el medio de  
 combinación (105) está configurado para combinar linealmente los elementos de información de dirección ( $\mathbf{b}_1$  a  $\mathbf{b}_N$ ).  
 40

**15.** Un sistema (900) que comprende:  
 un aparato (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,  
 un primer micrófono direccional (901<sub>1</sub>) que tiene una primera dirección de orientación efectiva de micrófono (903<sub>1</sub>)  
 para derivar una primera señal de micrófono (103<sub>1</sub>) de la pluralidad de señales de micrófono, siendo asociada la  
 primera señal de micrófono (103<sub>1</sub>) con una primera dirección de orientación efectiva de micrófono (903<sub>1</sub>); y  
 45 un segundo micrófono direccional (901<sub>2</sub>) que tiene una segunda dirección de orientación efectiva de micrófono  
 (903<sub>2</sub>) para derivar una segunda señal de micrófono (103<sub>2</sub>) de la pluralidad de señales de micrófono, siendo  
 asociada la segunda señal de micrófono (103<sub>2</sub>) con la segunda dirección de orientación efectiva de micrófono (903<sub>2</sub>);  
 y  
 en donde la primera dirección de orientación (903<sub>1</sub>) es diferente de la segunda dirección de orientación (903<sub>2</sub>).  
 50

**16.** Un sistema (1000) que comprende:  
 un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14,  
 un primer micrófono omnidireccional (1001<sub>1</sub>) para derivar una primera señal de micrófono (103<sub>1</sub>) de la pluralidad de  
 55 señales de micrófono;  
 un segundo micrófono omnidireccional (1001<sub>2</sub>) para derivar una segunda señal de micrófono (103<sub>2</sub>); y  
 un objeto de apantallamiento (1005) ubicado entre el primer micrófono omnidireccional (1001<sub>1</sub>) y el segundo  
 micrófono omnidireccional (1001<sub>2</sub>) para formar patrones de respuesta efectiva del primer micrófono omnidireccional  
 (1001<sub>1</sub>) y del segundo micrófono omnidireccional (1001<sub>2</sub>), tal que un patrón de respuesta efectiva formado del primer  
 60 micrófono omnidireccional (1001<sub>1</sub>) comprende una primera dirección de orientación efectiva de micrófono (1003<sub>1</sub>) y  
 un patrón de respuesta efectiva formado del segundo micrófono omnidireccional (1001<sub>2</sub>) comprende una segunda

dirección de orientación efectiva de micrófono (1003<sub>2</sub>), que es diferente de la primera dirección de orientación efectiva de micrófono (1003<sub>1</sub>).

- 5 **17.** Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 o 16, en donde los micrófonos direccionales (901<sub>1</sub>, 901<sub>2</sub>) o los micrófonos omnidireccionales (1001<sub>1</sub>, 1001<sub>2</sub>) están acomodados tal que una suma de elementos de información de dirección que son vectores apuntando en las direcciones de orientación efectiva de micrófono (903<sub>1</sub>, 903<sub>2</sub>, 1003<sub>1</sub>, 1003<sub>2</sub>) es igual a cero dentro de un rango de tolerancia de  $\pm 30\%$  de la normal de uno de los elementos de información de dirección.
- 10 **18.** Un procedimiento (800) para derivar una información direccional desde una pluralidad de señales de micrófono o desde una pluralidad de componentes de una señal de micrófono, en el cual se asocian las diferentes direcciones efectivas de orientación de micrófonos con las señales de micrófono o con los componentes, el procedimiento que comprende:
- 15 obtener (801) un valor de magnitud a partir de la señal de micrófono o un componente de la señal de micrófono; y combinar (803) elementos de información de dirección que describen direcciones efectivas de orientación de micrófono de modo que se pondere un elemento de informaciones de dirección que describe la dirección efectiva de orientación de micrófono en dependencia del valor de magnitud de la señal de micrófono o del componente de la
- 20 señal de micrófono asociado con la dirección efectiva dada de orientación de micrófono para derivar la información direccional; en donde el elemento de información de dirección que describe la dirección de orientación efectiva de micrófono dada es un vector que apunta a la dirección de orientación efectiva de micrófono dada. En el que la información direccional para una región de tiempo y frecuencia se deriva correspondiente a una combinación lineal de los elementos de información de dirección ponderados en función de valores de magnitud
- 25 asociados a la región de tiempo y frecuencia dada, y en el que los elementos de información de dirección ( $\mathbf{b}_1$  a  $\mathbf{b}_N$ ) son independientes de las regiones de tiempo y frecuencia (k, n).
- 30 **19.** Un programa de computadora que tiene un código de programa para ejecutar, cuando corre en una computadora, el procedimiento de la reivindicación 18.

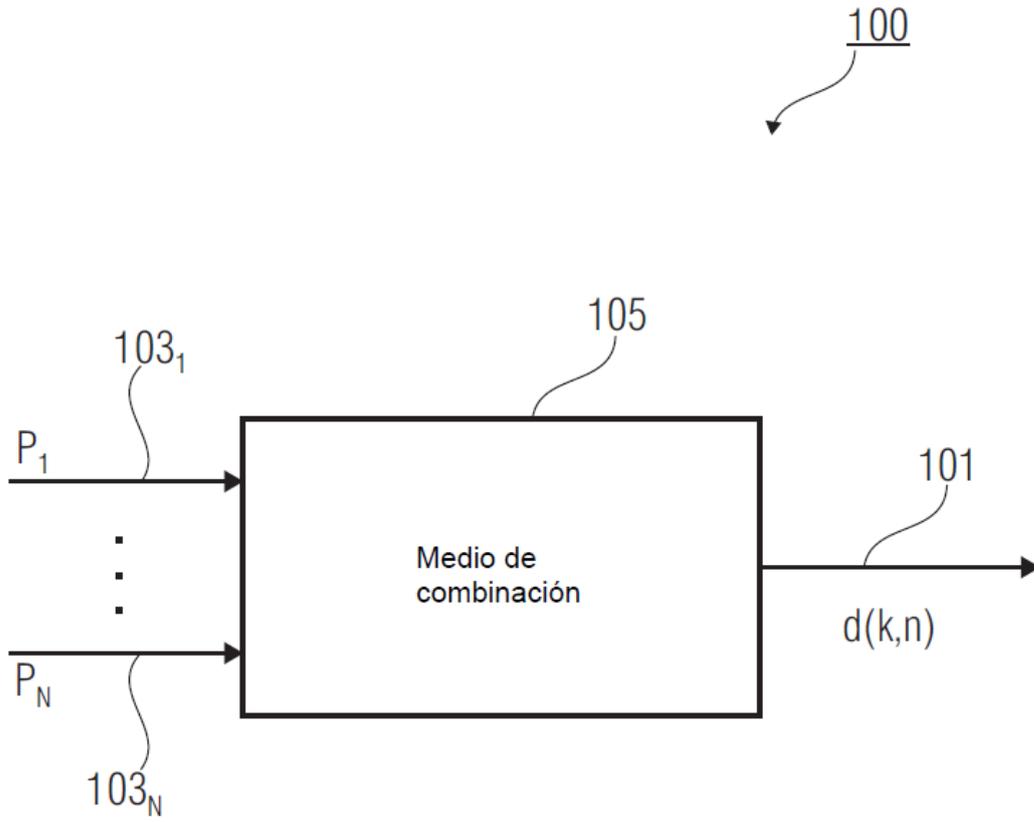


FIG 1

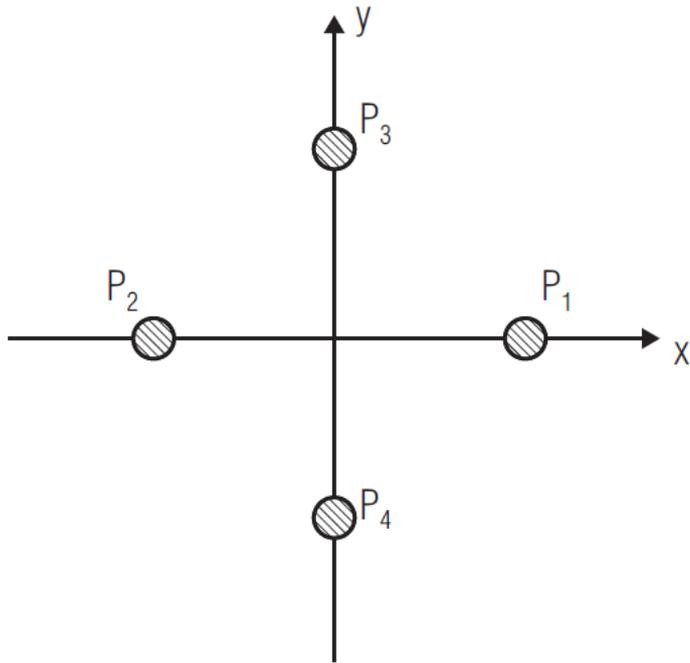


FIG 2

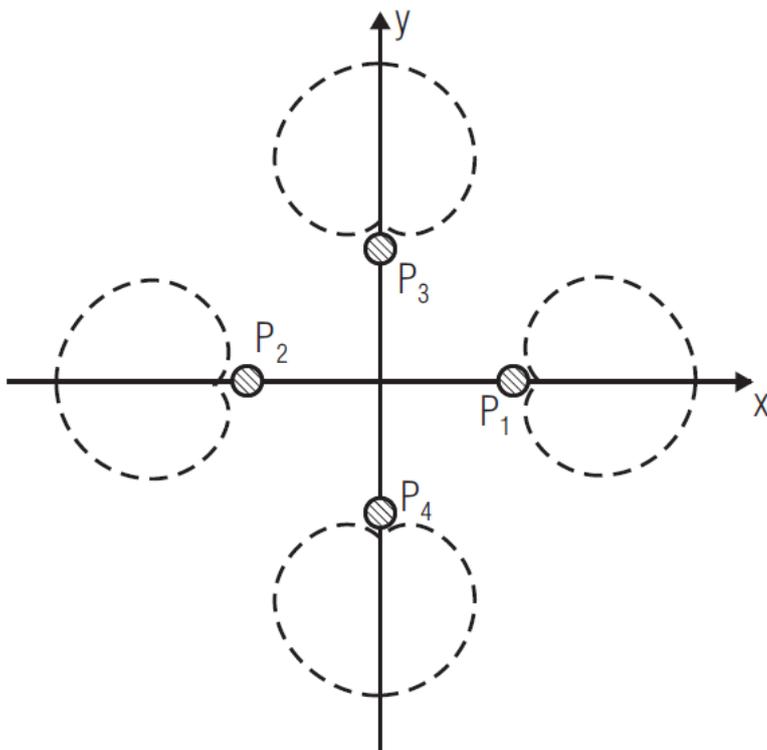


FIG 3

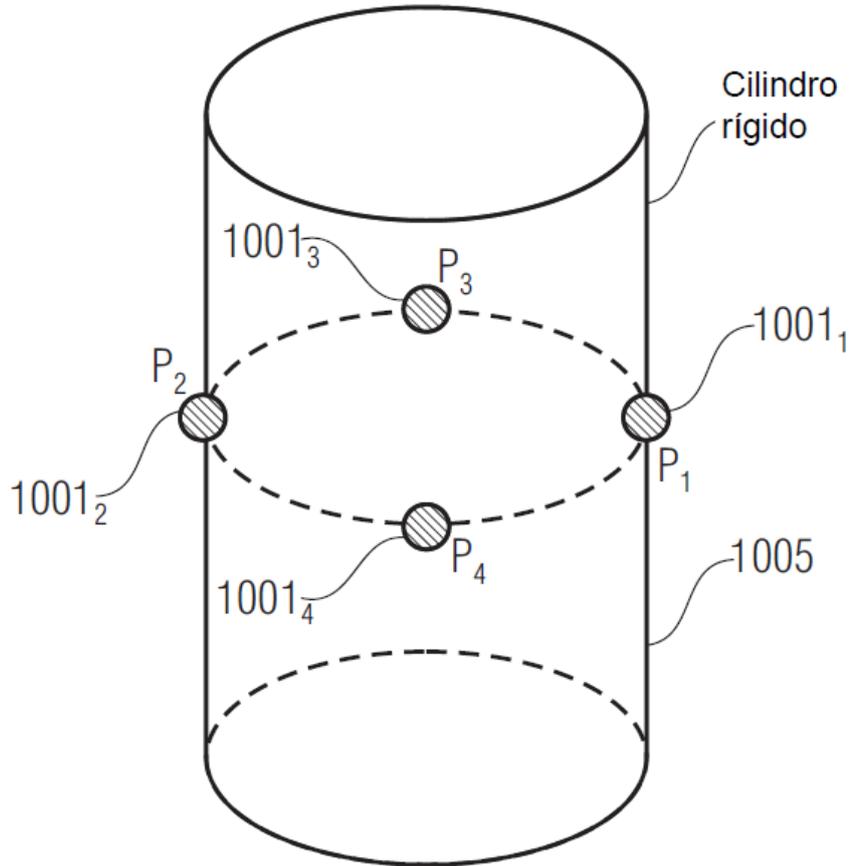


FIG 4

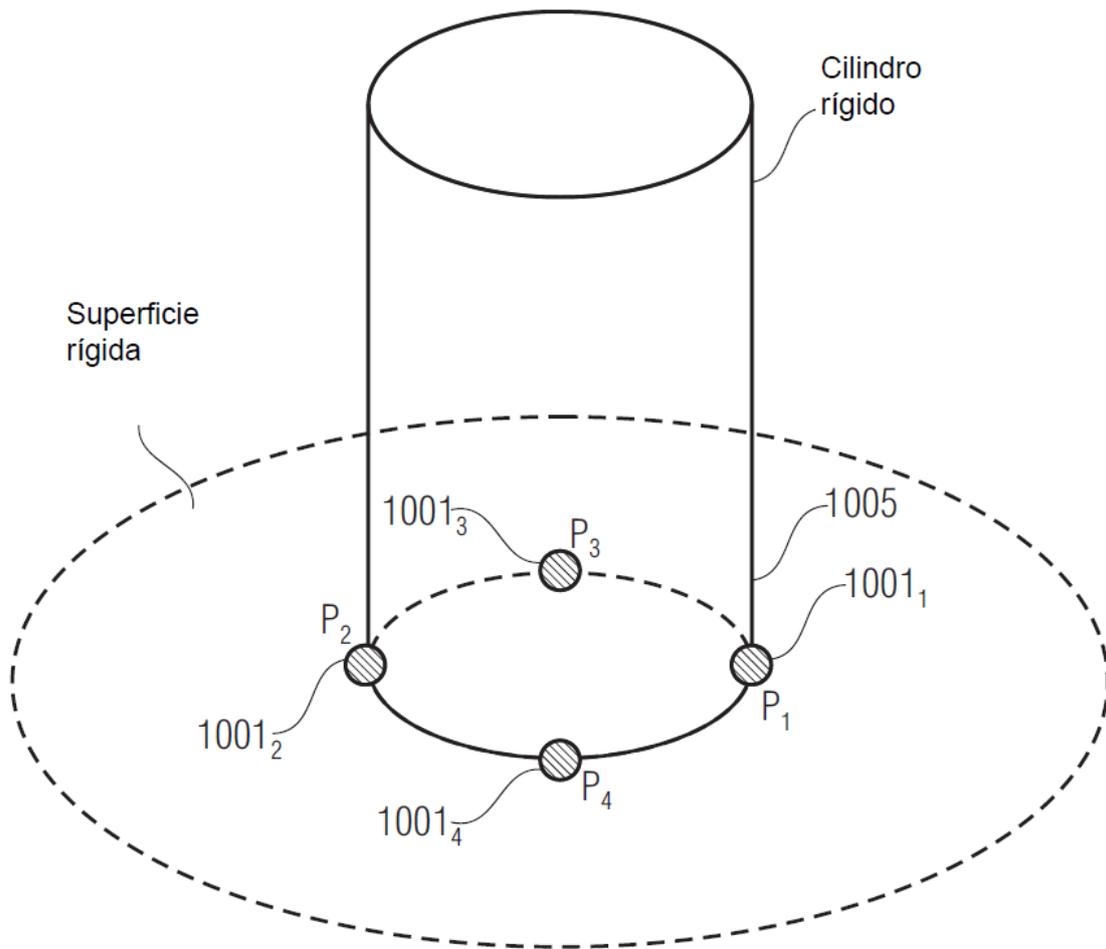


FIG 5

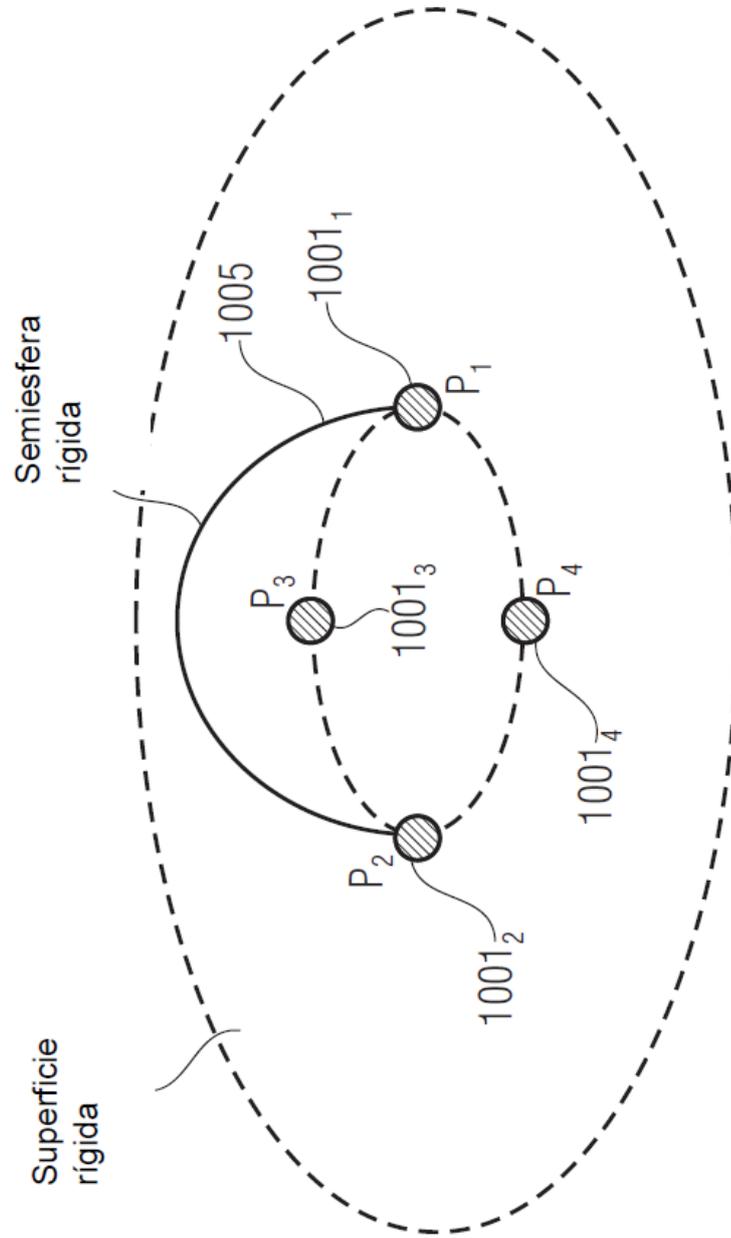


FIG 6

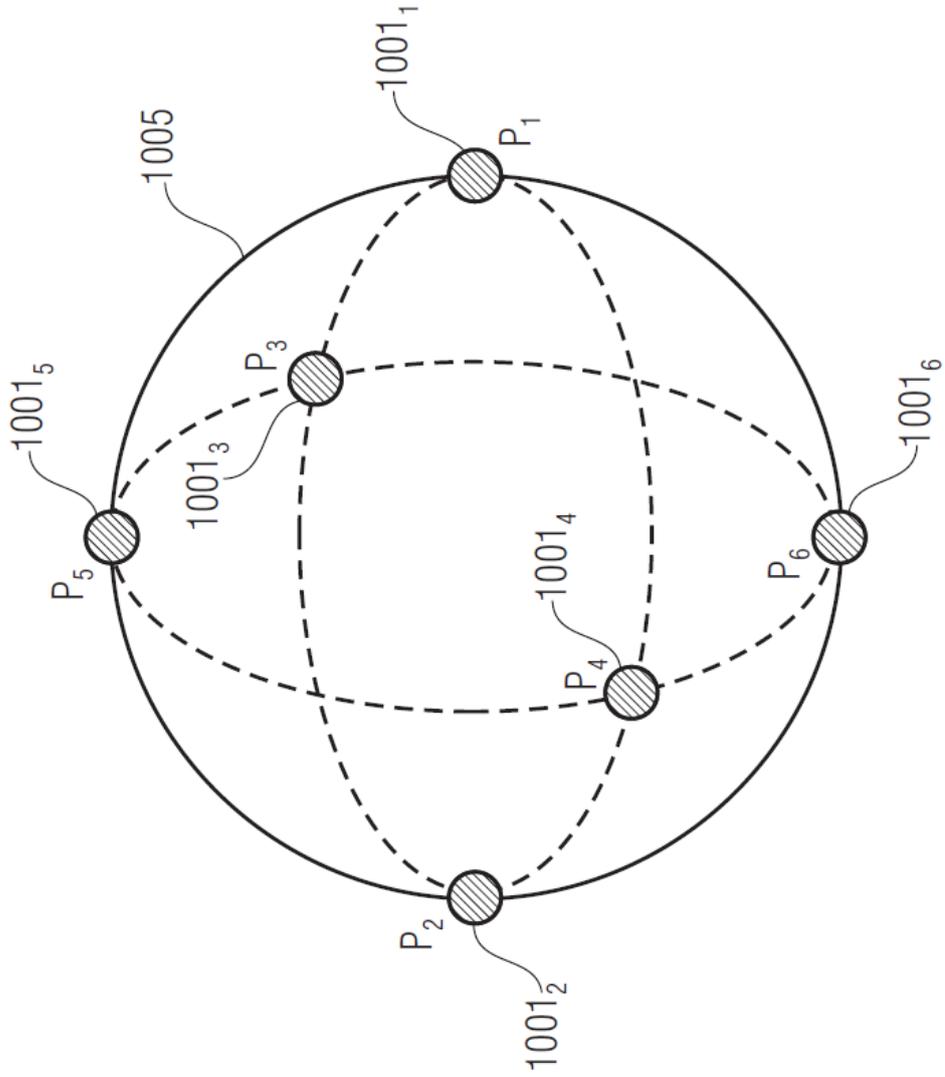


FIG 7

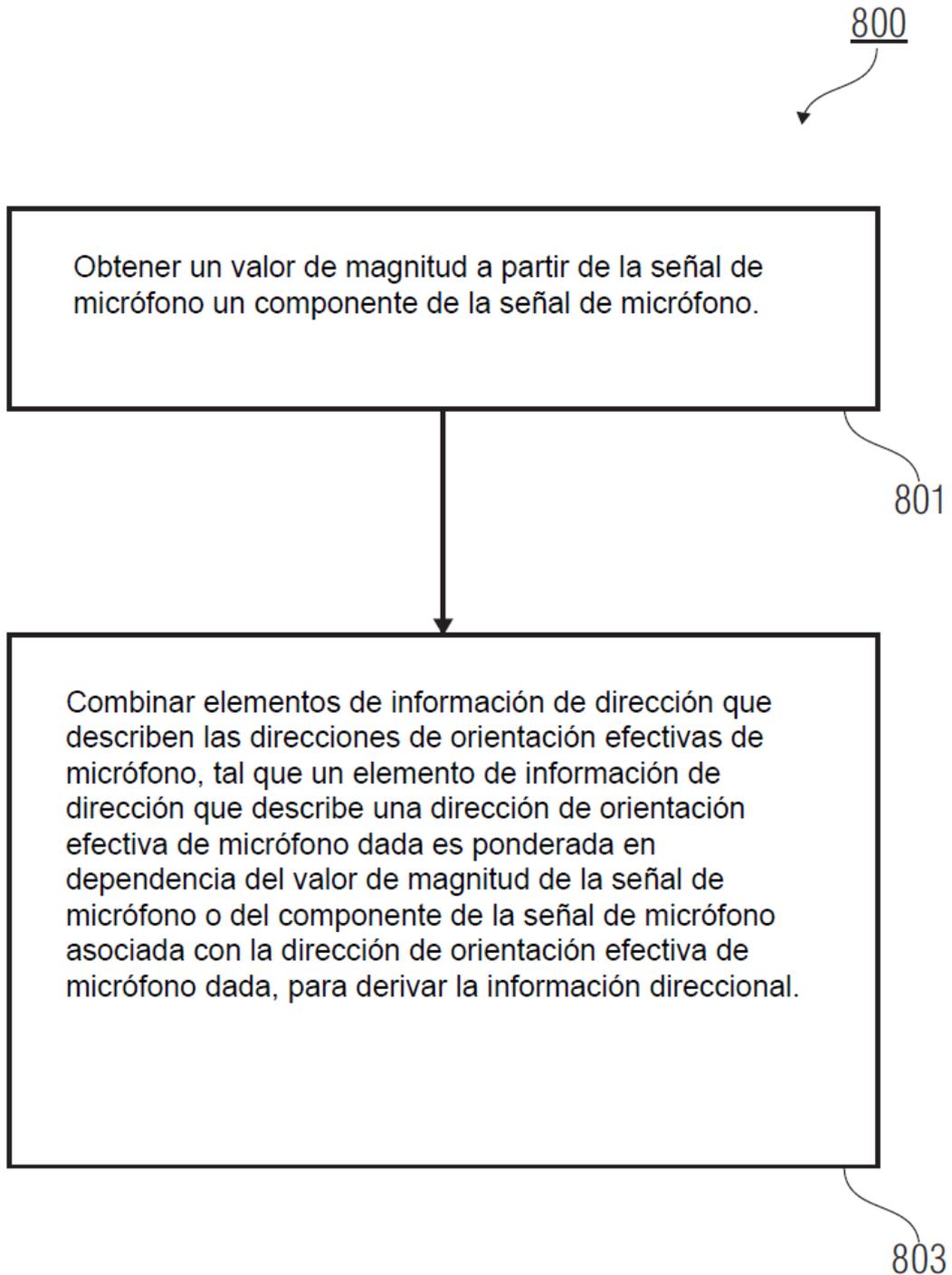


FIG 8

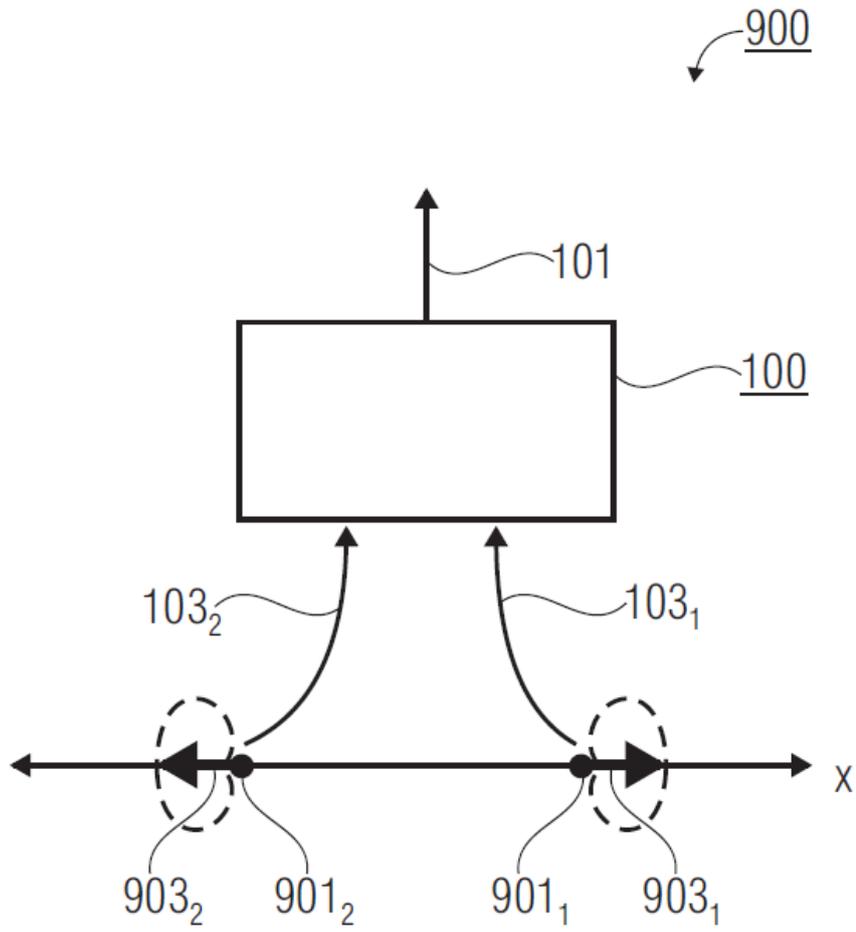


FIG 9

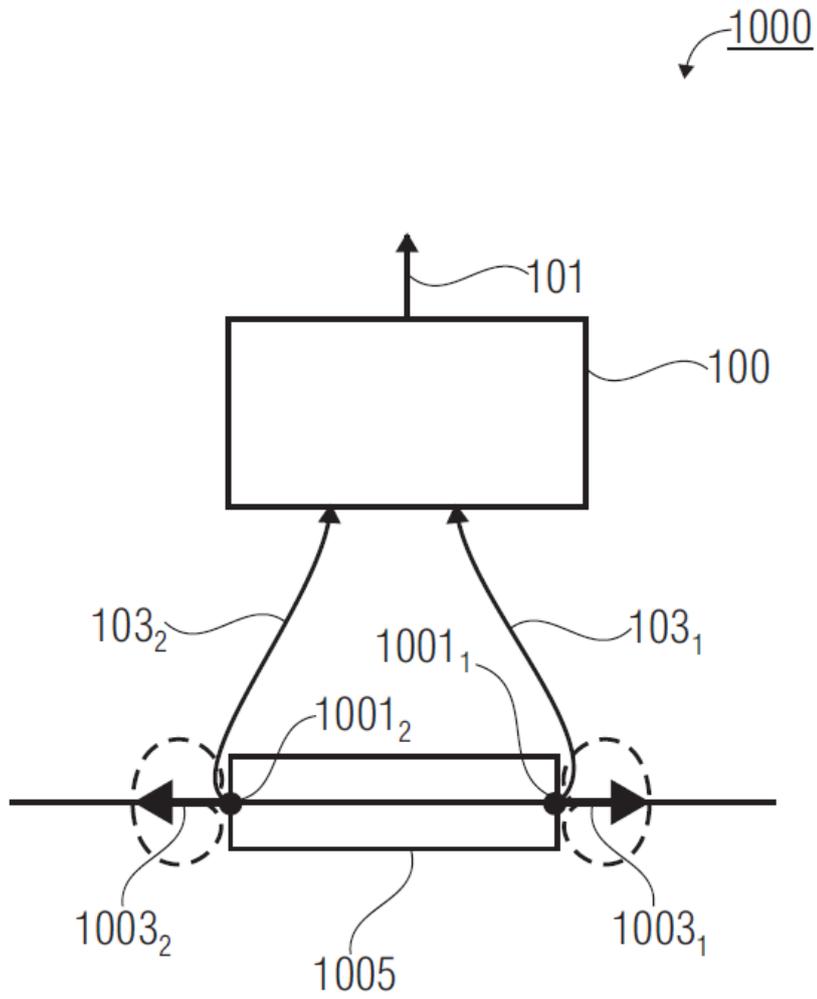


FIG 10

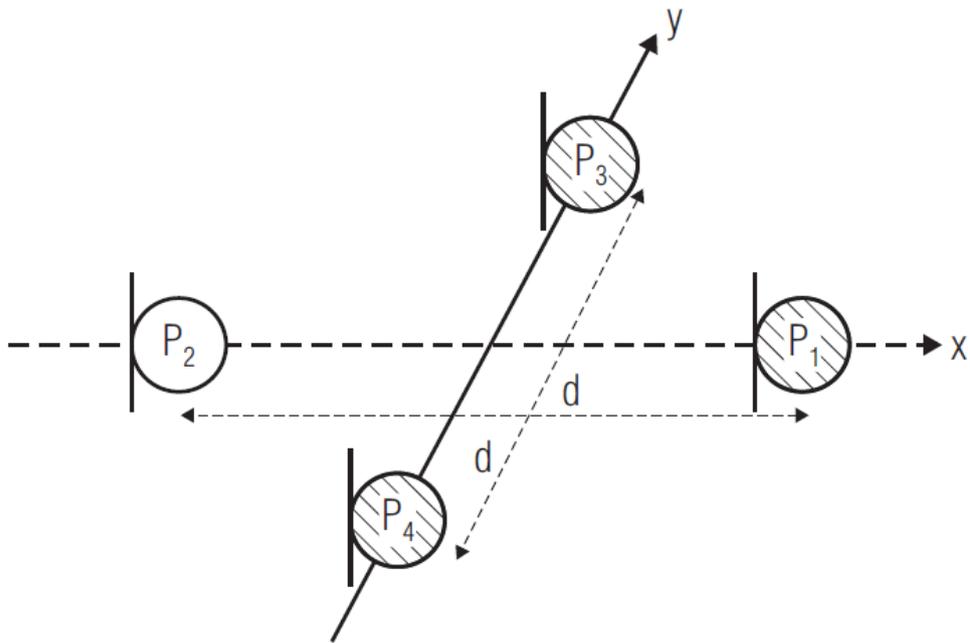


FIG 11

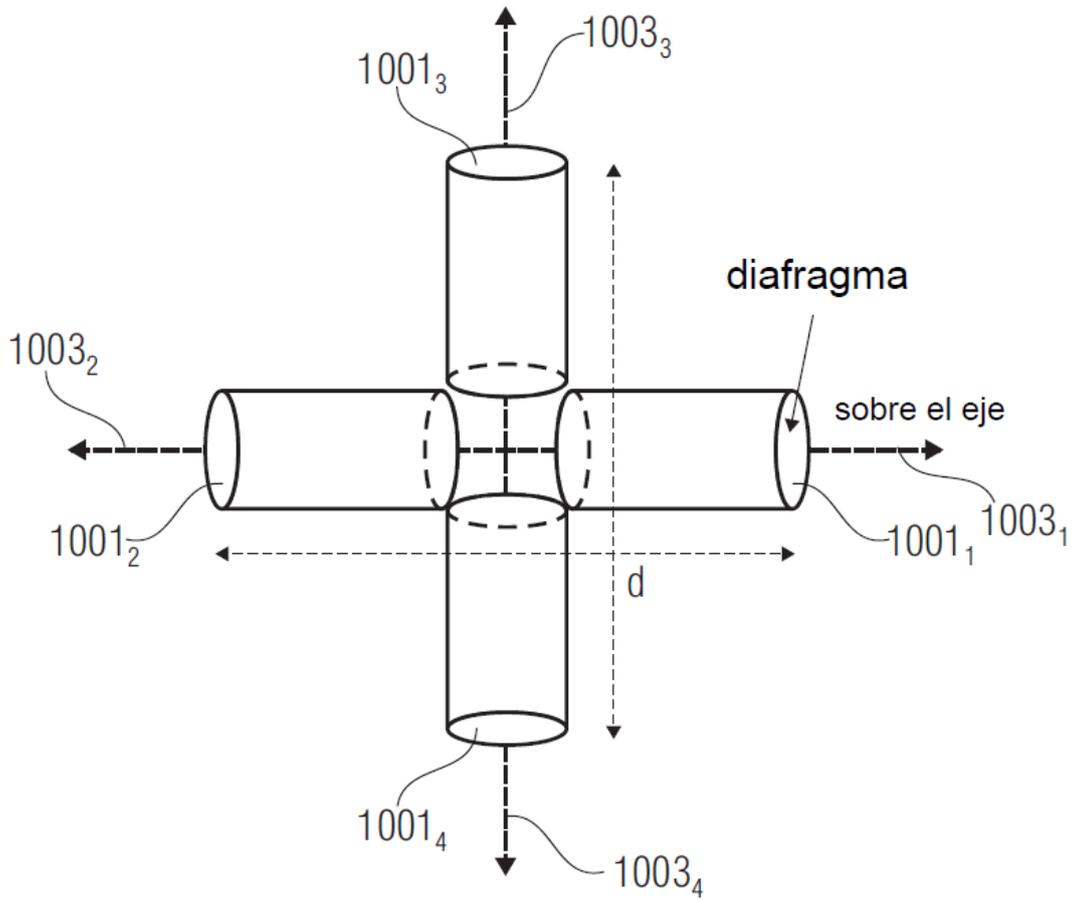


FIG 12

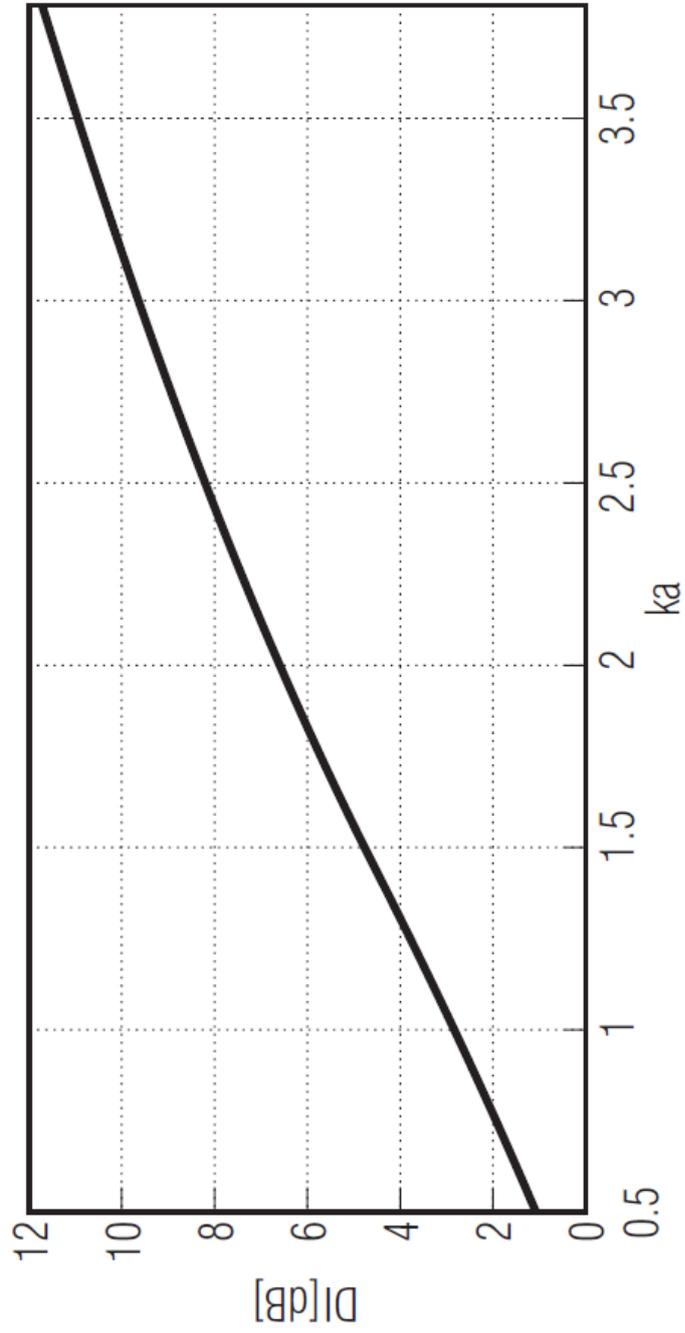


FIG 13

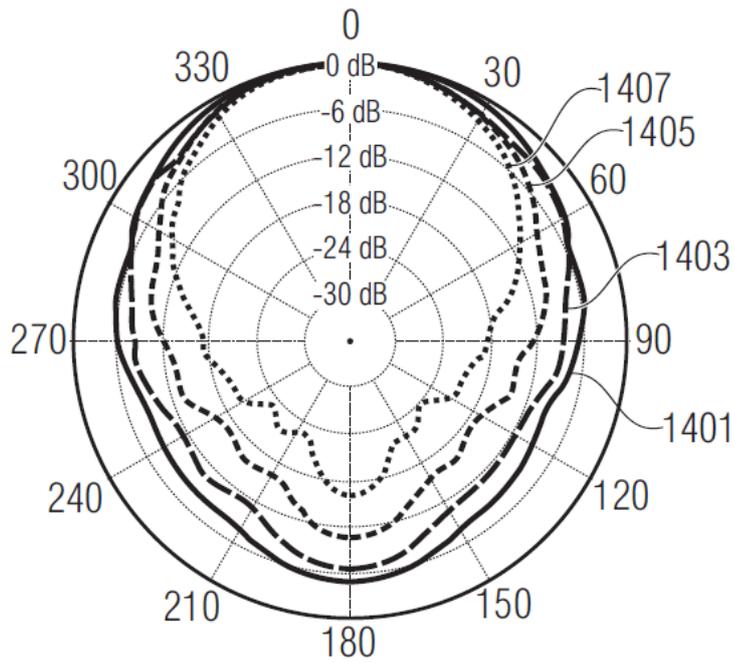


FIG 14A

Micrófono solo

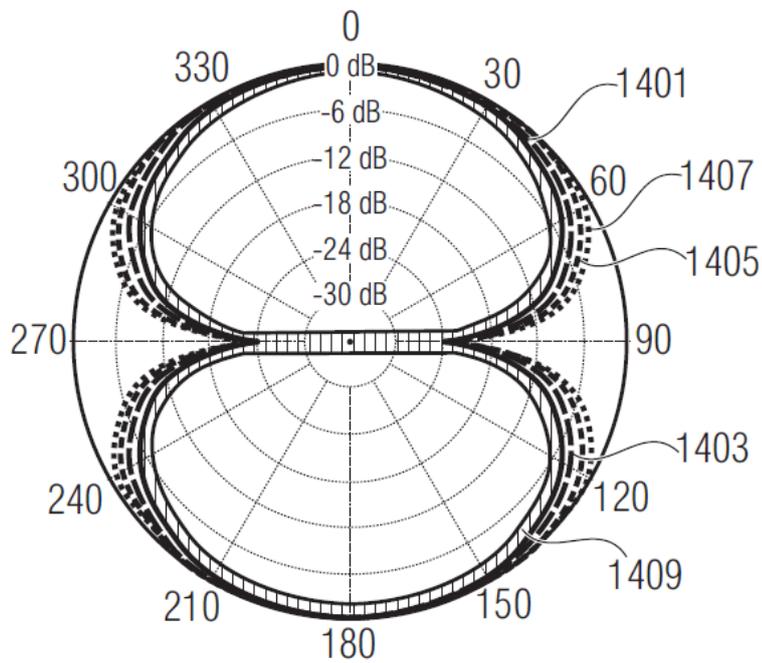
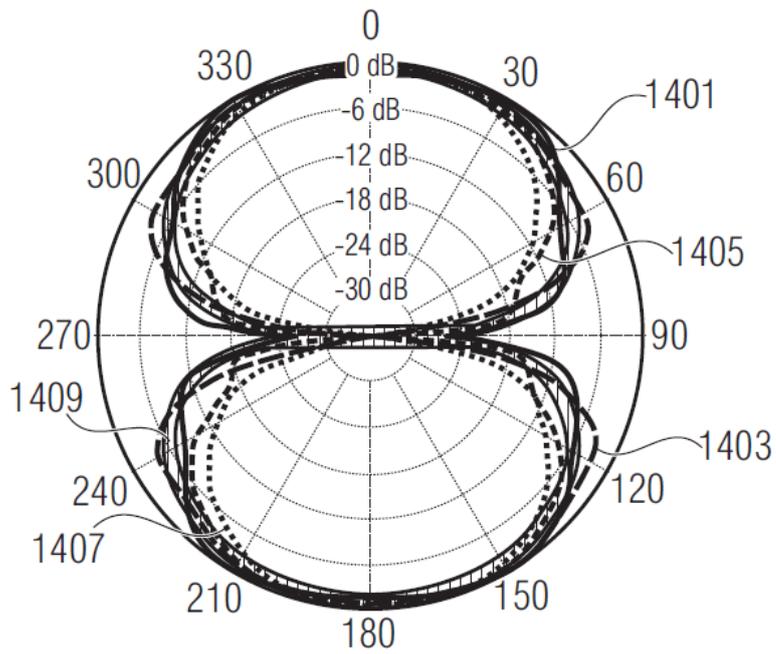
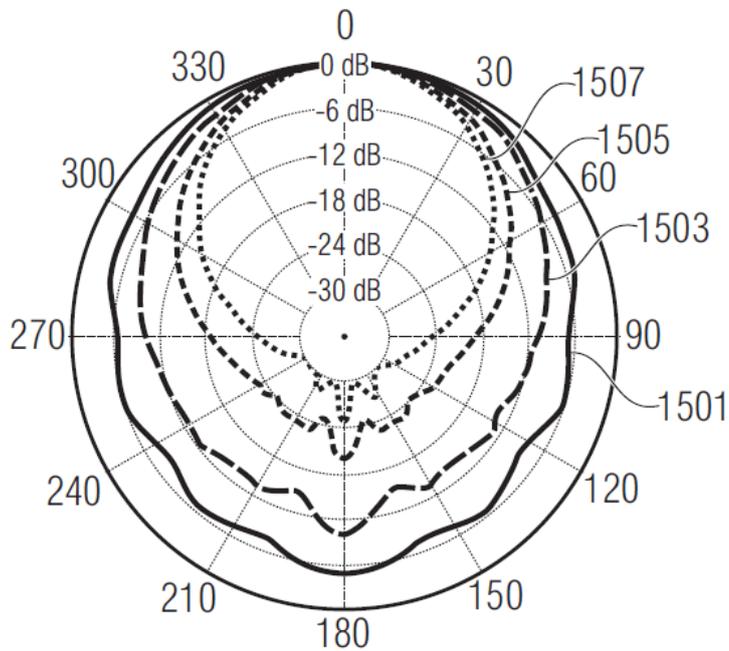


FIG 14B

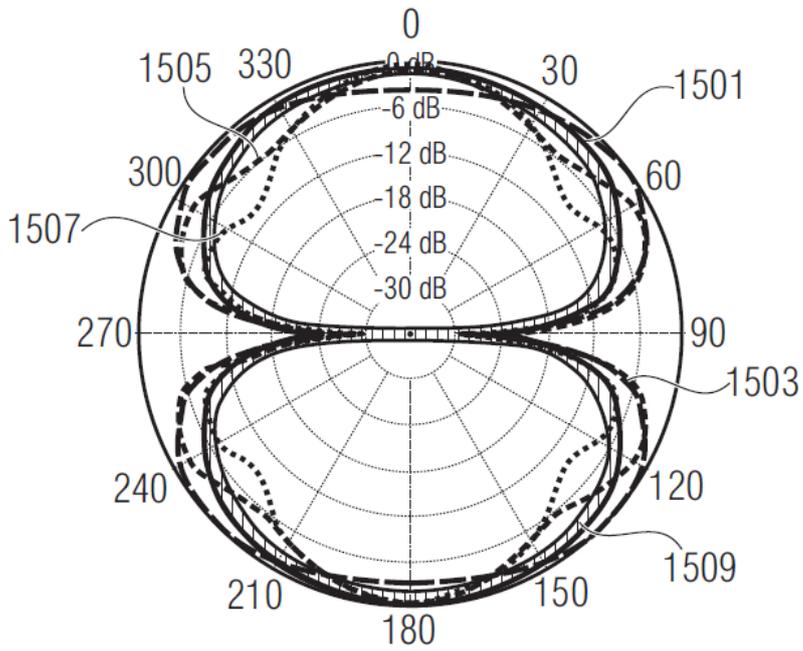
Gradiente de presión



**FIG 14C**  
Gradiente de energía

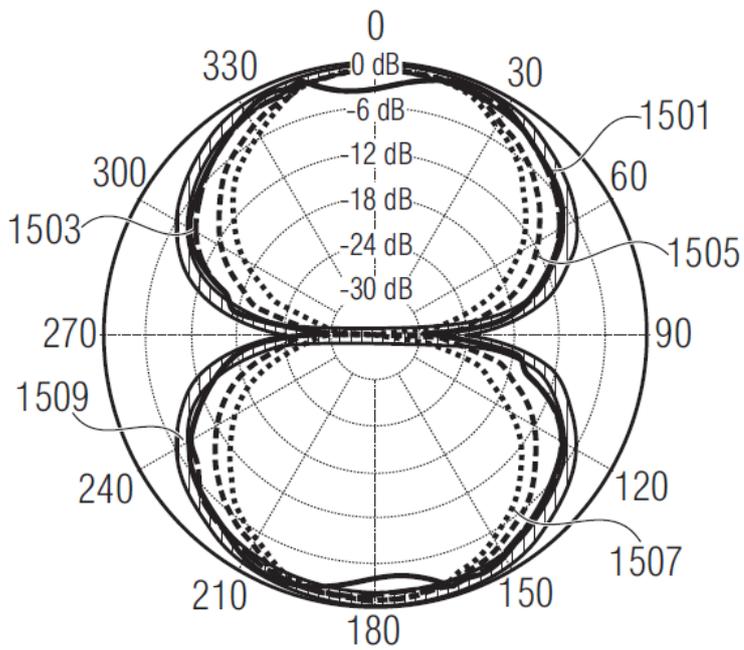


**FIG 15A**  
Micrófono solo



**FIG 15B**

Gradiente de presión



**FIG 15C**

Gradiente de energía

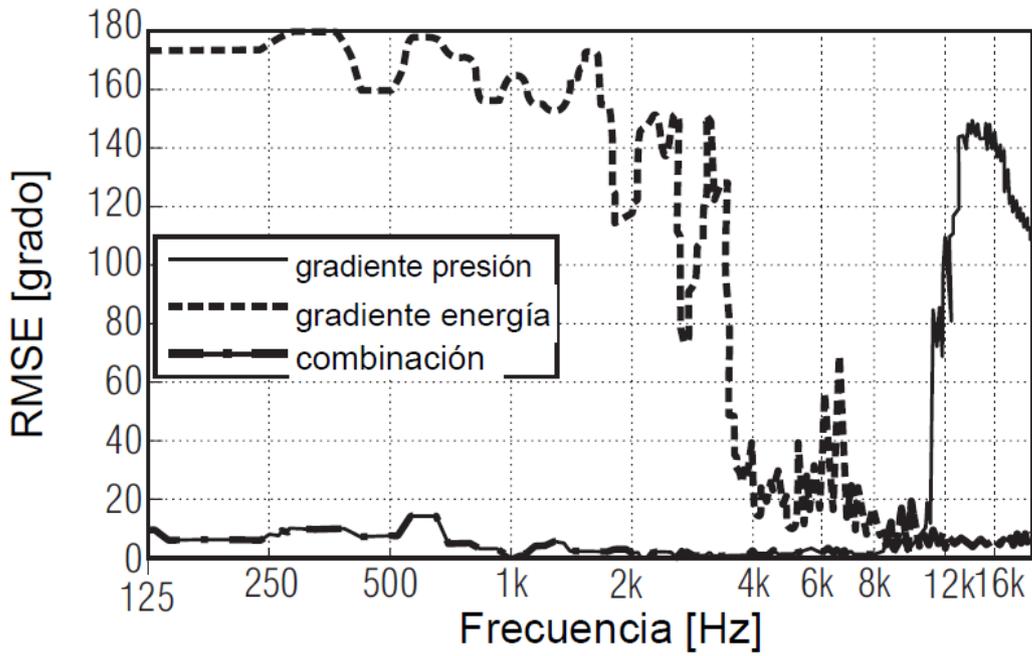


FIG 16A

G.R.A.S y espaciamiento 2 cm en un arreglo

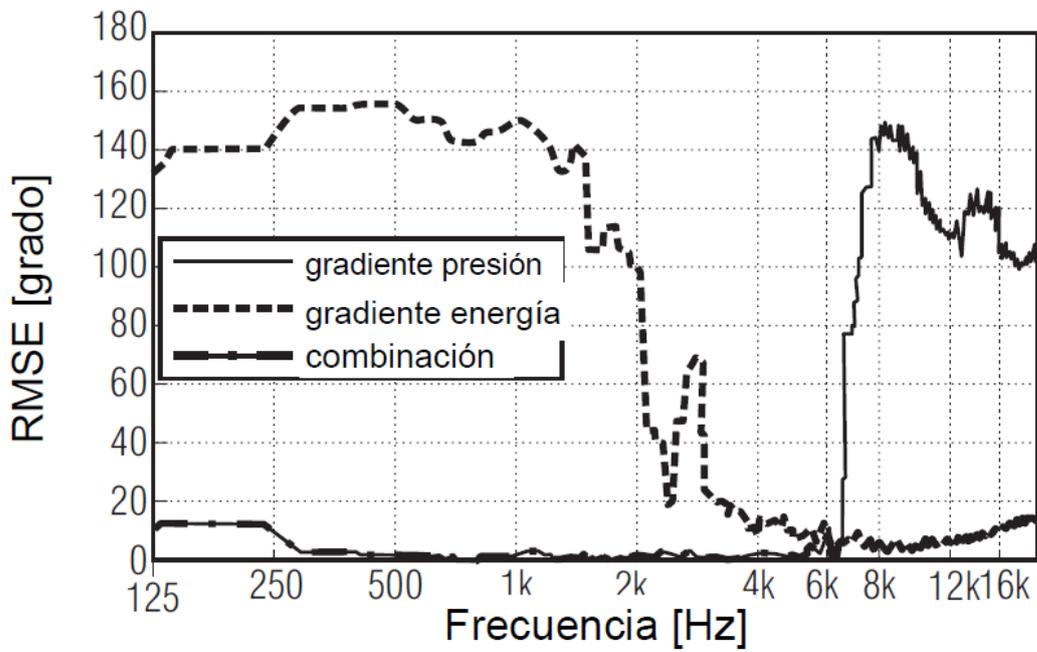


FIG 16B

G.R.A.S y espaciamiento 2 cm en un arreglo