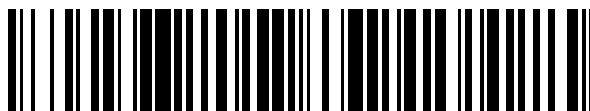


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 333**

51 Int. Cl.:

G01S 15/02 (2006.01)

G01S 11/14 (2006.01)

G01S 5/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2009 E 09738122 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 2288932**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para estimar la distancia más probable entre objetos**

30 Prioridad:

28.04.2008 DE 102008021701

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.10.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**RADUSCH, ILJA y
PONTOW, JENS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 548 333 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

Procedimiento y dispositivo para estimar la distancia más probable entre objetos

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, así como a un dispositivo con las características mencionadas en la reivindicación 7.

10 En numerosos ámbitos es necesario que determinados objetos, en particular aparatos móviles, puedan ser localizados tanto al aire libre como también en espacios cerrados. Bajo el término "localización" se ha de entender aquí que se determina la relación espacial de los objetos entre sí y/o la relación espacial de los objetos en relación a un sistema de referencia, tal como un espacio fijo.

15 Es obvio que esto también incluye formas mixtas de la localización, en las que se determina la posición de un primer aparato móvil en relación a un sistema de referencia fijo, concretamente la determinación de la distancia entre objetos, por ejemplo, de dos aparatos móviles entre sí.

Por el documento US 6941246 B1, por ejemplo, se conoce un sistema, en el que los aparatos móviles emiten señales acústicas por sí mismos, a fin de posibilitar la localización de la posición de los aparatos móviles.

20 Por el documento US 6792118 B1, por ejemplo, se conoce un sistema, con el que se pueden determinar diferencias de tiempo en la recepción entre dos micrófonos.

25 Por el documento US 2006/0077759 se conoce un sistema de identificación, en el que se usan diferentes transmisores y receptores.

Por el documento US 2006/0268795 A1 se conoce un procedimiento de determinación de posición, en el que los diferentes objetos emiten señales activamente.

30 En el documento US 2004/137929 A1 se describe un sistema de telecomunicación, en el que los datos son enviados y/o recibidos de manera acústica. La determinación de la posición de los aparatos es posible debido a las señales enviadas.

35 El documento WO 2007/001660 A2 se refiere a la localización de un aparato móvil mediante Wi-Fi, FM, AM u otras señales.

Por el documento US 2002/0167862 se conoce un procedimiento y un dispositivo para la localización acústica de acciones de entrada, que pueden representar entradas (Input) para un medio o dispositivo de entrada.

40 Sin embargo, con los procedimientos y dispositivos conocidos no es posible localizar disposiciones complejas de objetos de manera relativa entre ellos, sin que, por ejemplo, los objetos mismos emitan señales o se requiera una calibración por medio de un sitio de referencia conocido.

45 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consiste en proveer un procedimiento que posibilite dicha localización flexible, en particular una autocalización.

Este objetivo se logra de acuerdo con la presente invención a través de un procedimiento con las características mencionadas en la reivindicación 1.

50 Mediante dispositivos de micrófono de los objetos se recibe por lo menos una señal acústica de por lo menos una fuente acústica. Con un dispositivo de procesamiento de datos, el desarrollo cronológico de la respectiva señal acústica recibida es examinado automáticamente basándose en criterios predeterminados de acuerdo con por lo menos un patrón, y en función de la recepción del por lo menos un patrón se efectúa, por medio de una sincronización de tiempo, a través de la que los objetos están acoplados, la determinación de la distancia más probable entre los objetos.

55 A este respecto, el por lo menos un patrón es un inicio (onset) de la por lo menos una señal acústica, o la señal acústica presenta un inicio (onset) y el inicio es un tono, un ruido, un patrón de tono y/o un patrón de ruido, que procede del entorno de los objetos, específicamente un ruido ambiental y/o un tono ambiental.

60 A este respecto, por medio de la diferencia en el tiempo de propagación medida entre respectivamente dos patrones determinados y clasificados como probablemente iguales se determina en la señal acústica un valor para la estimación de la distancia ($\text{Distancia}_{\min}$) entre los objetos móviles que representa una distancia entre los dos dispositivos de micrófono como estimación de distancia mínima.

65 Por medio del dispositivo de procesamiento de datos se efectúa un análisis estadístico a través de una serie de estimaciones de distancia mínima para la determinación de la estimación de distancia más probable de los objetos,

en donde el análisis estadístico comprende una evaluación de una clasificación en clases de mediciones de distancia, y en donde la frecuencia máxima de las por lo menos una estimaciones de distancia mínima agregadas forma la clase de distancia característica.

- 5 El dispositivo de procesamiento de datos puede ser un sistema distribuido, que se encuentra dispuesto completamente en el exterior de los objetos, de tal manera que los objetos intercambian datos entre sí.

De esta manera, tan sólo basándose en la recepción de la señal acústica con un patrón es posible localizar la posición del por lo menos un objeto.

- 10 Por medio del dispositivo de procesamiento de datos se efectúa un análisis estadístico de la por lo menos una señal acústica que llega al por lo menos un objeto para la determinación de la posición más probable del objeto y/o de la posición más probable de por lo menos dos objetos. De esta manera se pueden realizar determinaciones de posición, incluso con señales ruidosas.

- 15 De manera ventajosa, basándose en los datos cronológicos de la llegada del por lo menos un patrón y de los diferentes tiempos de duración resultantes de ello en por lo menos dos objetos, se determina automáticamente una distancia entre los por lo menos dos objetos. En principio, este procedimiento también puede ser aplicado a más de dos objetos al mismo tiempo.

- 20 Es ventajoso si el por lo menos un patrón es un inicio de la por lo menos una señal acústica, concretamente un cambio abrupto de la intensidad sonora y/o un cambio en la presión acústica después de una fase previa de silencio relativo y/o una señal generada basada en el efecto Doppler. Estos patrones tienen en común que pueden ser extraídos de una señal acústica más compleja.

- 25 Adicionalmente, es ventajoso si el examen en busca del por lo menos un patrón se efectúa basándose en una propiedad de la por lo menos una señal acústica que sea independiente de la ruta de propagación de la señal acústica. Ejemplos de tales propiedades son, por ejemplo, los puntos de anulación de una señal cronológicamente modificable. En principio, la frecuencia y la forma de onda de una señal acústica son relativamente independientes de la ruta de propagación. En la búsqueda de un patrón se debe determinar que existe un patrón de señal probablemente usable para la localización de los objetos. Para determinar las diferencias de duración, los patrones de señal deben ser agrupados según su origen. Los puntos de anulación y/u otras propiedades se usan para agrupar los inicios encontrados. Es conocido que dos inicios encontrados muy probablemente han sido causados por la misma señal acústica, por lo que se puede estimar la distancia con ayuda de la diferencia en el tiempo de propagación hacia abajo. Se obtiene una afirmación con la siguiente forma: La distancia entre los dos micrófonos es por lo menos tan grande como la velocidad de propagación multiplicada por la diferencia en el tiempo de propagación.

- 40 Ventajosamente, el por lo menos un patrón es reconocido y/o caracterizado a través de un análisis de frecuencia, por medio de una frecuencia dominante, basado en la amplitud de la por lo menos una señal acústica, basándose en el número de puntos de anulación, una codificación de longitudes de propagación y/o la forma de la onda de la por lo menos una señal acústica. Estos parámetros son bien apropiados para determinar o caracterizar un patrón dentro de una señal acústica.

- 45 El objetivo de la invención también se logra a través de un dispositivo con las características mencionadas en la reivindicación 7.

La presente invención se describe más detalladamente a continuación sobre la base de varios ejemplos de realización con referencia a los dibujos. En las figuras:

- 50 La Fig. 1 es una representación esquemática de la localización de dos aparatos móviles;

La Fig. 2 es una representación esquemática de un patrón en una señal acústica;

- 55 La Fig. 2A es una representación esquemática de un clasificador para una señal acústica;

La Fig. 3 es un histograma para la determinación de la clase de distancia característica;

La Fig. 4 es una representación esquemática de una aproximación de amplitudes;

- 60 La Fig. 5 es una representación esquemática de puntos de anulación;

La Fig. 6 es una representación esquemática de una codificación de longitudes de propagación;

- 65 La Fig. 7 es una representación esquemática de la calidad de la estimación de distancia entre dos objetos.

A continuación se representan diferentes ejemplos de realización, en donde se efectúa una localización entre aparatos móviles 10, 11. En principio, la presente invención también se puede usar para la localización de objetos estacionarios 10, 11, por lo que la representación de los siguientes ejemplos no ha de entenderse de manera restrictiva o limitativa. A este respecto, con una localización en particular también se puede realizar una autolocalización de los objetos, o también de los aparatos móviles.

En la Fig. 1 se representan de manera esquemática dos aparatos móviles 10, 11 que en el presente ejemplo de realización están configurados como teléfonos móviles. En principio, los aparatos móviles 10, 11 representan sistemas autónomos que, por ejemplo, pueden ser llevados consigo por un usuario o que se pueden mover de forma autónoma, tal como en el caso de, por ejemplo, un robot en una nave de fábrica.

El espacio en el que se encuentran los dos aparatos móviles 10, 11, por razones de simplicidad en este ejemplo ha sido reducido a dos dimensiones, de tal manera que el sitio de cada uno de los aparatos móviles 10, 11 puede ser descrito por las coordenadas (x_i, y_i) . La distancia de los aparatos móviles 10, 11 en este caso se designa con A.

En principio, los aparatos móviles 10, 11 también se pueden mover en un espacio tridimensional, de tal manera que los sitios de ubicación de los aparatos pueden ser descritos por las coordenadas (x_i, y_i, z_i) .

Los aparatos móviles 10, 11 presentan dispositivos de micrófono 1, con los que se reciben señales acústicas 2 procedentes del entorno. En la Fig. 1 se representa una fuente acústica 3 que emite una señal acústica 2 de este tipo. Bajo una señal acústica se ha de entender una señal en una fluctuación de presión, en la que se propaga una onda acústica. El medio en los siguientes ejemplos es el aire, aunque en principio también es posible una localización de objetos en un medio líquido (por ejemplo, agua). Si se conoce la velocidad de propagación, la localización también se puede efectuar más allá de los límites de fase. Bajo una señal acústica, sin embargo, no se ha de entender solamente una señal en el alcance de frecuencias audible (aproximadamente 16 a 20.000 Hz), sino que la señal acústica también puede tener partes en el alcance infrarrojo y/o ultrasónico.

Esta fuente 3 no tiene que estar configurada necesariamente para la emisión de una señal acústica. Podría ser suficiente, por ejemplo, si dos aparatos móviles 10, 11 registran en tiempos diferentes un ruido intenso y de duración relativamente corta, o un cambio repentino de una señal acústica 2. Si dos aparatos móviles 10, 11 se disponen en un mismo espacio, puede ser suficiente, por ejemplo, registrar el ruido de pisadas de personas que transitan por el lugar. Con esto se aclara que la por lo menos una fuente 3 no necesariamente tiene que ser estacionaria.

La forma del patrón 5 en estas señales acústicas 2 es registrada por los dos aparatos móviles 10, 11 de manera sustancialmente idéntica (quizás sólo con ruidos diferentes o en tiempos diferentes).

Asimismo, en la Fig. 1 por razones de claridad se representa sólo una fuente acústica 3, aunque la localización de los aparatos móviles 10, 11 descrita a continuación también funciona con varias fuentes acústicas 3.

Como se verá con mayor claridad más adelante, la fuente acústica 3 no tiene que ser estacionaria, sino que también puede moverse en el espacio.

Los dispositivos de micrófono 1 de los aparatos móviles 10, 11 reciben la señal acústica 2. Debido a que los aparatos móviles 10, 11 se encuentran a distancias diferentes con respecto a la fuente acústica, ellos registran una determinada señal acústica basándose en el diferente tiempo de propagación en tiempos diferentes. En la Fig. 2 se muestran esquemáticamente la presión acústica p de una señal acústica 2 a lo largo del tiempo t. Hasta un punto de tiempo t_0 , la presión acústica es relativamente baja. Después del punto de tiempo t_0 , la presión acústica p es sustancialmente mayor. Una persona percibiría este cambio como un cambio repentino de "bajo volumen" a "alto volumen". Por lo tanto, la señal acústica 2 contiene un patrón 5, concretamente el cambio denominado como inicio (onset) de la presión acústica p. A este respecto se pueden definir valores de umbral para la señal acústica 2, que al ser sobrepasados o no alcanzados causan la activación de un contador para el inicio.

Por lo tanto, mediante el conteo de señales de activación se puede registrar que los valores de umbral son sobrepasados o no alcanzados, de tal manera que se puede caracterizar un patrón 5. En la Fig. 2A se representa una clasificación de este tipo para señales acústicas mediante valores de umbral. En la Fig. 2A se representa una curva de presión acústica como señal acústica 2, que a intervalos irregulares pasa por un valor de umbral superior y otro inferior. En las zonas marcadas en gris, la presión acústica se encuentra entre los valores de umbral. De esta manera se posibilita una fácil digitalización de la señal acústica 2. La zona entre los valores de umbral puede interpretarse como "silencio relativo". La zona ubicada fuera de los valores de umbral puede interpretarse como de "intensidad acústica relativamente alta".

Los dispositivos de micrófono 1 registran el cambio de la presión acústica p en tiempos diferentes.

En principio, como inicio se puede usar un tono, un ruido, un patrón de tono y/o un patrón de ruido, que provenga del entorno de los objetos, es decir, un ruido ambiental y/o un tono ambiental. Cuando el patrón 5 evalúa los ruidos o tonos del entorno circundante, no se requiere ninguna energía para generar una señal de localización, lo que resulta

en un ahorro de energía.

En principio también es posible usar otros parámetros para el reconocimiento y/o la caracterización de los patrones 5. Para esto se pueden determinar frecuencias dominantes por medio de un análisis de Fourier. También se podrían determinar propiedades de las amplitudes o el número de puntos de anulación (véase también la Fig. 5). Un parámetro adicional, que puede ser usado para identificar los patrones 5, es la codificación de la longitud (Run Length Encoding).

La codificación de la longitud tiene la intención de describir el segmento inicial de un inicio encontrado (o también de otro tipo de evento de sonido o patrón). Esta descripción (o también caracterización) debería efectuarse de manera independiente de la amplitud de la señal encontrada, a fin de compensar la diferente longitud de propagación a los distintos micrófonos del dispositivo y, por lo tanto, la diferente intensidad acústica de la señal que llega allí.

En la Fig. 1 se representa una parte externa de un dispositivo de procesamiento de datos 4, que provee una sincronización cronológica 6 para los aparatos móviles 10, 11. Una parte interna del dispositivo de procesamiento de datos 7 en los aparatos móviles 10, 11 examina automáticamente las señales acústicas entrantes en busca de patrones 5, que puedan revelar las posiciones relativas de los aparatos móviles 10, 11 en relación a la fuente acústica 3. Dependerá de la respectiva finalidad de uso, cuáles funcionalidades del dispositivo de procesamiento de datos 4, 7 se configuren de manera externa con respecto a los aparatos móviles 10, 11 o de manera interna con respecto a los aparatos móviles 10, 11. En principio es posible, y también ventajoso, si el dispositivo de procesamiento de datos en su totalidad se dispone en uno o varios objetos, en particular los aparatos móviles 10, 11, que intercambian datos entre sí.

Basándose en la sincronización de tiempo 6, por ejemplo mediante ondas de radio, se puede calcular la distancia de los aparatos móviles 10, 11 en relación a la fuente acústica 3. Para el cálculo se puede usar el tiempo de emisión (tiempo inicial) y/o el tiempo de llegada de la señal 2. Si se conoce la posición de la fuente acústica 3, se puede efectuar una localización más precisa de los aparatos móviles 10, 11.

En el ejemplo anterior, el patrón 5 está comprendido en una curva de presión acústica. En principio, el patrón 5 también puede estar formado por otros parámetros de una señal acústica, tales como, por ejemplo, la frecuencia, la amplitud o la forma de onda. Asimismo, el patrón 5 puede basarse en un cambio de frecuencia, que se produce como resultado del movimiento (efecto Doppler). También son posibles las combinaciones de estas características para la formación de un patrón 5. El patrón 5, por lo tanto, representa una señal que está alojada en la señal acústica 2, pero que basándose en determinados criterios predeterminables puede distinguirse de otras partes de la señal acústica 2. Igualmente, estos tipos de patrones son independientes de la ruta de propagación de la señal acústica 2. En principio, la frecuencia y la forma de onda de las señales acústicas no cambian o sólo cambian muy poco en función de la ruta de propagación.

Una posibilidad consiste en determinar las frecuencias dominantes mediante un análisis de Fourier, en particular un FFT.

En la Fig. 4 se representa un ejemplo para la detección de amplitudes, es decir, un criterio de la forma de onda. En la parte superior de la Fig. 4 se representa una señal acústica 2, sobre la que continuamente se colocan ventanas de igual anchura. La altura de las ventanas es igual a la amplitud máxima más la amplitud mínima de la señal acústica en las ventanas. Las alturas se representan debajo de la señal en forma de un diagrama de barras. En la tabla ubicada debajo se representan los valores para la aproximación de amplitudes y las amplitudes medidas en decibelios negativos en relación a la amplitud máxima posible.

En la Fig. 5 se representa la manera cómo la señal acústica 2 puede ser caracterizada mediante la evaluación de los puntos de anulación. En la Fig. 5 se muestran 12 puntos de anulación, que se representan mediante líneas intermitentes verticales. Los puntos de anulación son apropiados para la caracterización de la señal acústica, ya que el número de pasajes es independiente de la distancia.

En la Fig. 6 se representa una codificación del tiempo de propagación de la señal 2, que ella se había representado en la Fig. 2A. Mediante la codificación del tiempo de propagación se discrecionaliza la señal 2, para que pueda ser enviada con eficiencia de almacenamiento. Los números debajo del gráfico indican en qué intervalos de tiempo la señal se encuentra fuera de los valores de umbral o dentro de los valores de umbral. La señal 2 se normaliza para hacerla en gran medida independiente de las diferencias de amplitud, que pueden provenir, por ejemplo, de diferentes características de micrófono. Debido a la normalización, se puede prescindir de una calibración de volumen o intensidad acústica de los micrófonos eventualmente distribuidos en el espacio.

Estas posibilidades para la caracterización de las señales acústicas pueden ser usadas de manera individual o también en combinación.

Basándose en la diferencia de tiempo medida entre respectivamente dos patrones 5 determinados (inicios con el mismo origen) en la señal acústica se determina un valor mínimo para la estimación de distancia ($\text{Distancia}_{\min}$) entre

los aparatos móviles 10, 11, que estima la distancia A entre los dos dispositivos de micrófono hacia abajo. Estos valores se denominan en lo sucesivo como estimación de distancia mínima y se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$5 \quad \text{Distancia}_{\min} = \text{Velocidad del sonido} * |(TOA1 - TOA2)|$$

en donde

Distancia_{min}: Valor mínimo de la distancia entre los aparatos móviles 10, 11

Velocidad del sonido: Velocidad de propagación de las señales acústicas 2 en el aire

TOA1: Tiempo de llegada de la señal acústica 2 al primer aparato móvil 10

TOA2: Tiempo de llegada de la señal acústica 2 al segundo aparato móvil 10

Por lo tanto, la distancia entre los dos aparatos móviles 10, 11 es por lo menos tan grande como la estimación de distancia mínima. De manera análoga se podría proceder también con objetos estacionarios 10, 11.

Las estimaciones de distancia mínima determinadas de esta manera se almacenan para un procesamiento posterior por el dispositivo de procesamiento de datos 4, 7.

A continuación se expone cómo se puede usar esta información del patrón 5 adicionalmente en el contexto de una localización de los aparatos móviles 10, 11.

A este respecto, un aspecto consiste en que dos patrones registrados 5 deben ser comparados entre sí, para que se pueda determinar que se han recibido patrones 5 idénticos de diferentes aparatos 10, 11.

Por ejemplo, si los patrones 5 a ser comparados presentan cuatro frecuencias dominantes, las energías de las cuatro frecuencias son normalizadas entonces para lograr que los patrones 5 sean comparables. A continuación se efectúa una asignación de las distintas frecuencias de los patrones 5. Luego se puede calcular una medida para las diferencias de energía normalizadas. Si previamente se fija un valor de umbral para diferencias todavía aceptables, se puede determinar automáticamente si los patrones 5 coinciden o no en el marco de la definición.

De manera similar, es decir, mediante la normalización y comparación de amplitudes, se pueden procesar las aproximaciones de amplitud representadas en relación con la Fig. 4, para permitir una comparación entre los patrones 5 recibidos. En principio también se puede usar una codificación de longitud.

Para la comparación de los tiempos de llegada de la señal acústica 2, los tiempos de los distintos reconocimientos de patrón de diferentes dispositivos de micrófono 1 o aparatos móviles 10, 11, respectivamente, tienen que ser comparables. Para asegurar esta comparabilidad cronológica, por medio de una sincronización de tiempo 6 apropiada se establece un tiempo de red uniforme para los aparatos móviles 10, 11. En principio también es posible establecer posteriormente la comparabilidad cronológica de los resultados de medición. Esto es posible, por ejemplo, en el marco de una sincronización de tiempo post facto (Post-Facto Time Synchronisation).

Esta sincronización cronológica 6 de los diferentes aparatos 10, 11 puede lograrse, por ejemplo, mediante señales de radio que sirven como referencia cronológica. Sin embargo, para este fin también se puede usar cualquier otro tipo de sincronización cronológica 6 que presente una precisión cronológica suficiente.

El cálculo descrito de la estimación de distancia mínima entre los distintos aparatos móviles 10, 11 se posibilita debido al conocimiento de la velocidad del sonido y la comparabilidad de los tiempos de muestra de los diferentes aparatos móviles 10, 11 participantes (o también de objetos estacionarios 10, 11). Para esto se supone una velocidad del sonido respectivamente constante (C_{aire}), que se puede calcular con bastante precisión si se conoce la temperatura del aire. Para la estimación de la velocidad del sonido en el aire (en el alcance entre -20 °C y 40 °C) se puede usar la siguiente fórmula:

$$C_{\text{aire}} = 331,3 + (0,6 * \text{Temperatura}_{\text{aire}}) [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

C_{aire}: Velocidad del sonido en el aire medido en [m*s⁻¹]

Temperatura_{aire}: Temperatura del aire en grados centígrados

Si por lo menos uno de los aparatos móviles 10, 11 presenta un dispositivo de termómetro, se puede determinar el valor de temperatura requerido para el cálculo de la velocidad del sonido.

De lo contrario, el valor de temperatura requerido para esto se podría fijar basándose en valores empíricos.

Por lo tanto, con el transcurso del tiempo se produce una serie de estimaciones de distancia mínima que sean almacenadas. Para respectivamente un par de aparatos móviles 10, 11 a ser localizados (o también objetos estacionarios 10, 11) se pueden usar entonces todas estas estimaciones de distancia mínima, a fin de determinar la distancia entre los dos aparatos móviles 10, 11. A este respecto se supone que la posición de un aparato móvil 10, 11 es aproximadamente igual a la del dispositivo de micrófono 1 del respectivo aparato móvil 10, 11. La estimación total de la distancia entre respectivamente dos aparatos móviles 10, 11 se denomina en lo sucesivo como estimación de distancia total.

Una posibilidad para la estimación de distancia total resulta de una evaluación estadística de los patrones 5 medidos, por ejemplo, a través de la evaluación de un histograma de todas las evaluaciones de distancia mínima para respectivamente dos objetos 10, 11. De esta manera se determina la clase de distancia máxima del histograma que todavía presenta una relevancia significativa. Esta clase de distancia en lo sucesivo se denomina como clase de distancia característica.

La Fig. 3 muestra un histograma de este tipo con una amplitud de clase fija de respectivamente 10 cm.

La distancia real entre los dos aparatos móviles 10, 11 en este ejemplo es de 1,6 m. La frecuencia máxima es de 26 y es causada por la clase que agrega las estimaciones de distancia mínima entre 1,5 m y 1,6 m. Esta clase de distancia en este caso al mismo tiempo es también la clase de distancia característica. En la Fig. 3, todas las clases de distancia que agregan las estimaciones de distancia mínima de mayor distancia presentan una frecuencia mucho menor que la frecuencia máxima. Por lo tanto, estas clases de distancia reciben una relevancia inferior y no se consideran como clase de distancia característica. Los resultados extraños en el borde derecho del histograma son el resultado de inexactitudes de medición o de otras deficiencias, tales como, por ejemplo, errores en la caracterización o errores en la comparación de inicios.

Con un análisis estadístico de este tipo también se puede efectuar una localización segura en un ambiente ruidoso.

La amplitud de las clases de este histograma en metros se fijara de forma apropiada para corresponder al objetivo planteado. La relevancia de una clase de un histograma elaborado de esta manera se rige por la frecuencia de las estimaciones de distancia mínima.

En la determinación de la estimación total de la distancia entre respectivamente dos aparatos móviles 10, 11, se procesan de manera preferente las clases con una estimación de distancia más alta frente a las que presentan una estimación de distancia más baja, asignándoles una mayor relevancia. De esta manera, un algoritmo puede determinar la clase de distancia característica de cada histograma.

Para encontrar la clase de distancia característica del histograma, se busca una clase de distancia que agregue la mayor estimación de distancia mínima entre los dos aparatos móviles 10, 11 a ser localizados y que al mismo tiempo presente también por lo menos una fracción previamente definida de la frecuencia máxima del histograma de todas las estimaciones de distancia mínima en relación a respectivamente dos objetos 10, 11. Como ejemplo de tal fracción hemos fijado la frecuencia de una cuarta parte de la frecuencia máxima. La relevancia de una clase de distancia, por lo tanto, puede fijarse por medio del límite superior de una clase de distancia en metros, dependiendo de si la respectiva clase de distancia todavía presenta una frecuencia relevante. Si la clase de distancia presenta una frecuencia más baja que la fracción requerida de la frecuencia máxima, la misma tendrá entonces la relevancia más baja de 0.

De manera adicional a la estimación de distancia total, se puede determinar la calidad de la misma. Esta calidad estima cuán sólida o significativa es una estimación de distancia total obtenida de esta manera para el proceso posterior de reconstrucción de la topología (es decir, la localización de los aparatos móviles 10, 11). La calidad de la estimación de distancia total entre dos o más aparatos móviles 10, 11 depende de la configuración de la cantidad de las estimaciones de distancia mínima. Con más de dos objetos 10, 11 se usa una norma apropiada para las distancias entre los objetos 10, 11, por ejemplo, un mínimo de las calidades individuales.

Se define un valor límite que determina a partir de cuándo una estimación de distancia total presenta una calidad suficiente. La calidad de una estimación de distancia total se denomina en lo sucesivo como calidad de la estimación. Para determinar la calidad de la estimación se dispone de diferentes heurísticas.

Es posible definir la calidad de la estimación en función del número de estimaciones de distancia mínima. Para esto se requiere un valor límite que indique cuántas estimaciones de distancia mínima se requieren para alcanzar una calidad de estimación completa. La siguiente fórmula indica la manera en que se puede calcular la calidad de la estimación.

Si el número (de estimaciones de distancia mínima) < valor límite:

=> $G_{\text{valor límite}} = \text{número (de estimaciones de distancia mínima)} / \text{valor límite si el número (de estimaciones de distancia mínima)} \geq \text{valor límite}$:

=> $G_{\text{valor límite}} = 1$

en donde

$G_{\text{valor límite}}$: Calidad de la estimación de distancia total determinada basada en un valor límite en relación al número de estimaciones de distancia mínima

Número (de estimaciones de distancia mínima): Número de las estimaciones de distancia mínima, Valor límite: Valor límite a ser fijado

La calidad de la estimación de distancia total también se puede definir a través de la forma de un histograma, que para esta finalidad se elabora a partir de un subconjunto de las estimaciones de distancia mínima. El subconjunto de estimaciones de distancia mínima existentes que se usa para esto es determinado por todas las estimaciones de distancia mínima que forman parte de la clase de distancia característica o que son menores en su estimación de distancia. A partir de estas estimaciones de distancia mínima se forma un histograma con N clases. A este respecto, la amplitud de clase se fija de tal manera que la estimación de distancia mínima con el mayor valor apenas se clasifica todavía en la última clase. Este histograma formado así se compara con un histograma de referencia. El histograma de referencia es el histograma perfecto a ser esperado con N A clases, que supone una distribución uniforme de las fuentes de sonido. A este respecto, el histograma de referencia a ser esperado se escala de tal manera que la clase más alta presenta la misma frecuencia que el histograma elaborado. La suma de todas las desviaciones dividida por la máxima desviación posible da como resultado la calidad de la estimación de distancia total. La desviación máxima es la suma de todas las frecuencias del histograma de referencia a ser esperado previamente escalado.

La calidad de la estimación se puede usar de múltiples maneras. Por ejemplo, la misma puede servir para ignorar las estimaciones de distancia total, en tanto las mismas presenten una calidad insuficiente. Otra posibilidad consiste en usar la calidad como una relevancia para la reconstrucción de topología (es decir, para la localización).

Es posible simular la localización de los aparatos móviles 10, 11 mediante un modelo, en el que los aparatos 10, 11 se suponen como masas que se conectan mediante muelles. La calidad de estimación de una tal simulación de "masa-muelle elástico" se puede usar para definir la resistencia de los diferentes muelles de manera proporcional a esta calidad de la estimación de distancia total causante. De esta manera, las estimaciones de distancia total de menor calidad tendrían menos influencia sobre el resultado de la reconstrucción topológica que aquellas con una mayor calidad.

Por medio de un procedimiento apropiado posteriormente se puede determinar la imagen de posiciones relativas de los dispositivos de micrófono 1 entre sí. Procedimientos apropiados para calcular la posición relativa de los dispositivos de micrófono 1 o de los aparatos móviles 10, 11 basados en las estimaciones de distancia total son, por ejemplo, las simulaciones de masa-muelle elástico o la "escalada multidimensional". En la simulación de masa-muelle elástico, los diferentes aparatos móviles 10, 11 se representan como masas puntuales. Cada estimación de distancia total existente resulta en un muelle elástico entre las dos masas puntuales con la longitud de la estimación de distancia total que representan a estos aparatos móviles 10, 11. La energía de los distintos muelles elásticos se minimiza de manera iterativa hasta que se establece un equilibrio estable. Esta última configuración estable se interpreta a su vez como imagen de posición relativa de los aparatos móviles 10, 11.

Si se puede partir de la suposición de que los aparatos móviles 10, 11 se encuentran en un mismo plano, el espacio para la reconstrucción previamente descrita de la topología (es decir, la localización de los aparatos móviles 10, 11) igualmente debería ser bidimensional. Si esto no es el caso, la reconstrucción de la topología deberá trabajar con coordenadas tridimensionales.

En la Fig. 7 se representa el efecto que tiene la disposición geométrica de la fuente acústica 3 en relación a los dos objetos 10, 11 sobre la estimación de la distancia A (véase la Fig. 1 con respecto a la disposición geométrica). En principio, cada medición de las señales acústicas presenta un error que depende de la disposición relativa de la fuente 3 y de los objetos 10, 11.

En la Fig. 7, los dos objetos 10, 11 están dispuestos de manera fija y se representan de manera aproximadamente centrada en la Fig. 7. Dependiendo de la disposición geométrica de la fuente acústica 3 se generan diferentes errores. En la Fig. 7, la calidad de la medición se representa en forma de isolíneas. Si la fuente acústica 3 y los dos objetos 10, 11 están ubicados sobre una recta y la fuente 3 no está ubicada exactamente entre los dos objetos 10, 11, el error es mínimo, es decir, la calidad de la medición alcanza casi un 100%. En el otro extremo, la fuente acústica 3 está ubicada sobre la perpendicular media entre los objetos 10, 20, de tal manera que la calidad de las mediciones en este caso tiende a 0. Entre los extremos existen los valores intermedios representados en la Fig. 7.

La presente invención no está limitada en su realización a los ejemplos de realización preferentes previamente descritos. Más bien es imaginable un número de variantes que aplican el procedimiento de acuerdo con la invención

y el dispositivo de acuerdo con la invención incluso en formas de realización configuradas de forma fundamentalmente diferente.

Lista de caracteres de referencia:

- 5
- 1 Dispositivo de micrófono
- 2 Señal acústica
- 3 Fuente acústica
- 4 Dispositivo de procesamiento de datos (parte externa)
- 10 5 Muestra en la señal acústica
- 6 Sincronización cronológica
- 7 Dispositivo de procesamiento de datos (parte interna)
- 10 10 Primer aparato móvil, primer objeto
- 15 11 Segundo aparato móvil, segundo objeto
- A Distancia entre dos aparatos móviles (objetos)

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la estimación de la distancia más probable de por lo menos un objeto móvil (10) a por lo menos otro objeto móvil (11), en donde los objetos (10, 11) presentan respectivamente un dispositivo de micrófono (1), en el que

a) con los dispositivos de micrófono (1) de los objetos (10, 11) se recibe por lo menos una señal acústica (2) de por lo menos una fuente (3),

b) mediante un dispositivo de procesamiento de datos (4, 7) se examina automáticamente el desarrollo cronológico de las señales acústicas (2) respectivamente recibidas basándose en criterios predeterminados basados en por lo menos un patrón (5), en donde

c) el por lo menos un patrón (5) es un inicio (*onset*) de la por lo menos una señal acústica (2) o presenta un inicio de la por lo menos una señal acústica (2) y dicho inicio (5) es un tono, un ruido, un patrón de tono y/o un patrón de ruido que proceden del entorno de los objetos (10, 11), concretamente un ruido ambiental y/o un tono ambiental, y

d) en función del tiempo desde la recepción del por lo menos un patrón (5) por medio de una sincronización cronológica (6), a través de la que los objetos (10, 11) están acoplados, en particular a través de una señal de radio, y

basándose en la diferencia del tiempo de propagación medida entre los respectivamente por lo menos dos patrones (5) determinados y clasificados como probablemente iguales en la señal acústica, se determina respectivamente un valor para por lo menos una estimación de distancia ($\text{Distancia}_{\min}$) entre los objetos móviles (10, 11), que representa una distancia (A) entre los por lo menos dos dispositivos de micrófono (1) como estimación de distancia mínima,

caracterizado por que

e) por medio del dispositivo de procesamiento de datos (4, 7) se efectúa un análisis estadístico mediante una serie de estimaciones de distancia mínima para la determinación de la estimación de distancia más probable de los objetos (10, 11), y el análisis estadístico comprende una evaluación de una división en clases de mediciones de distancia, en donde la frecuencia máxima de las estimaciones de distancia mínima agregadas forma la clase de distancia característica.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el por lo menos un objeto está configurado como aparato móvil (10, 11), concretamente como teléfono móvil o como ordenador portátil.

3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el por lo menos un patrón (5) es un inicio de la por lo menos una señal acústica (2), concretamente un cambio súbito de la intensidad acústica y/o un cambio de la presión acústica después de una fase previa de silencio relativo y/o una señal generada basada en un efecto Doppler.

4. Procedimiento de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el examen en búsqueda del por lo menos un patrón (5) se efectúa basándose en una propiedad de la por lo menos una señal acústica (2) que es independiente de la ruta de propagación de la señal acústica (2).

5. Procedimiento de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el por lo menos un patrón (5) es reconocido y/o caracterizado a través de un análisis de frecuencia, por medio de una frecuencia dominante basada en la amplitud de la por lo menos una señal acústica (2), basándose en el número de puntos de anulación, una codificación de la longitud y/o la forma de onda de la por lo menos una señal acústica (2).

6. Procedimiento de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** a partir de los datos cronológicos de la llegada del por lo menos un patrón (5) y los diferentes tiempos de propagación resultantes de ello con por lo menos dos objetos (10, 11) se determina automáticamente una distancia (A) entre los dos objetos (10, 11).

7. Dispositivo para estimar la distancia más probable de por lo menos un objeto móvil (10) a por lo menos otro objeto móvil (11), en donde los objetos (10) presentan respectivamente un dispositivo de micrófono (1), con el que se puede recibir por lo menos una señal acústica (2) de por lo menos una fuente acústica (3), con un dispositivo de procesamiento de datos (4, 7) para examinar automáticamente el desarrollo cronológico de las señales acústicas (2) respectivamente recibidas basándose en criterios predeterminados para la determinación de por lo menos un patrón (5), con un medio para la detección de por lo menos un patrón (5) de la por lo menos una señal acústica (2) con por lo menos un inicio, en donde el inicio (5) es un tono, un ruido, un patrón de tono y/o un patrón de ruido que provienen del entorno de los objetos (10, 11), concretamente un ruido ambiental y/o un tono ambiental, y un medio para estimar la distancia entre los objetos (10, 11) en función de la recepción del por lo menos un patrón (5), en donde los objetos (10, 11) están acoplados mediante una sincronización cronológica (6), en particular mediante una señal de radio, en donde con ayuda de la diferencia del tiempo de propagación medido entre respectivamente por lo menos dos patrones (5) determinados y clasificados como probablemente iguales en la señal acústica se determina

respectivamente un valor para la por lo menos una estimación de distancia ($\text{Distancia}_{\min}$) entre los objetos móviles (10, 11), que representa una distancia (A) entre los dos dispositivos de micrófono (1) como estimación de distancia mínima,

caracterizado por

- 5 un medio para el análisis estadístico de una serie de estimaciones de distancia mínima de los objetos (10, 11) para determinar la estimación de distancia más probable de los objetos (10, 11), en donde el análisis estadístico es una evaluación de la división en clases de mediciones de distancia, en donde la frecuencia máxima de las estimaciones de distancia mínima agregadas representa la clase de distancia característica.
- 10 8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por** un medio para la detección de por lo menos un patrón (5) de la por lo menos una señal acústica (2) con un cambio súbito de la intensidad acústica y/o un cambio de la presión acústica después de una fase previa de silencio relativo y/o de una señal generada basada en el efecto Doppler.
- 15 9. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado por** un medio para efectuar un examen en busca del por lo menos un patrón (5) basándose en una propiedad de la por lo menos una señal acústica (2), en donde la propiedad es independiente de la ruta de propagación de la señal acústica (2).
- 20 10. Dispositivo de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado por** un medio para el análisis de frecuencia del por lo menos un patrón (5), mediante el uso de una frecuencia dominante, de la amplitud de la por lo menos una señal acústica (2) y/o de la forma de onda de la por lo menos una señal acústica (2).
- 25 11. Dispositivo de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por que** con el dispositivo de procesamiento de datos (4, 7), a partir de los datos cronológicos de la llegada del por lo menos un patrón (5) y los diferentes tiempos de propagación que resultan de ello con por lo menos dos objetos (10, 11), se puede determinar automáticamente una distancia (A) entre los dos objetos (10, 11).
- 30 12. Dispositivo de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 7 a 11, **caracterizado por que** el por lo menos un objeto está configurado como aparato móvil (10, 11), concretamente como teléfono móvil o como ordenador portátil.

FIG 1

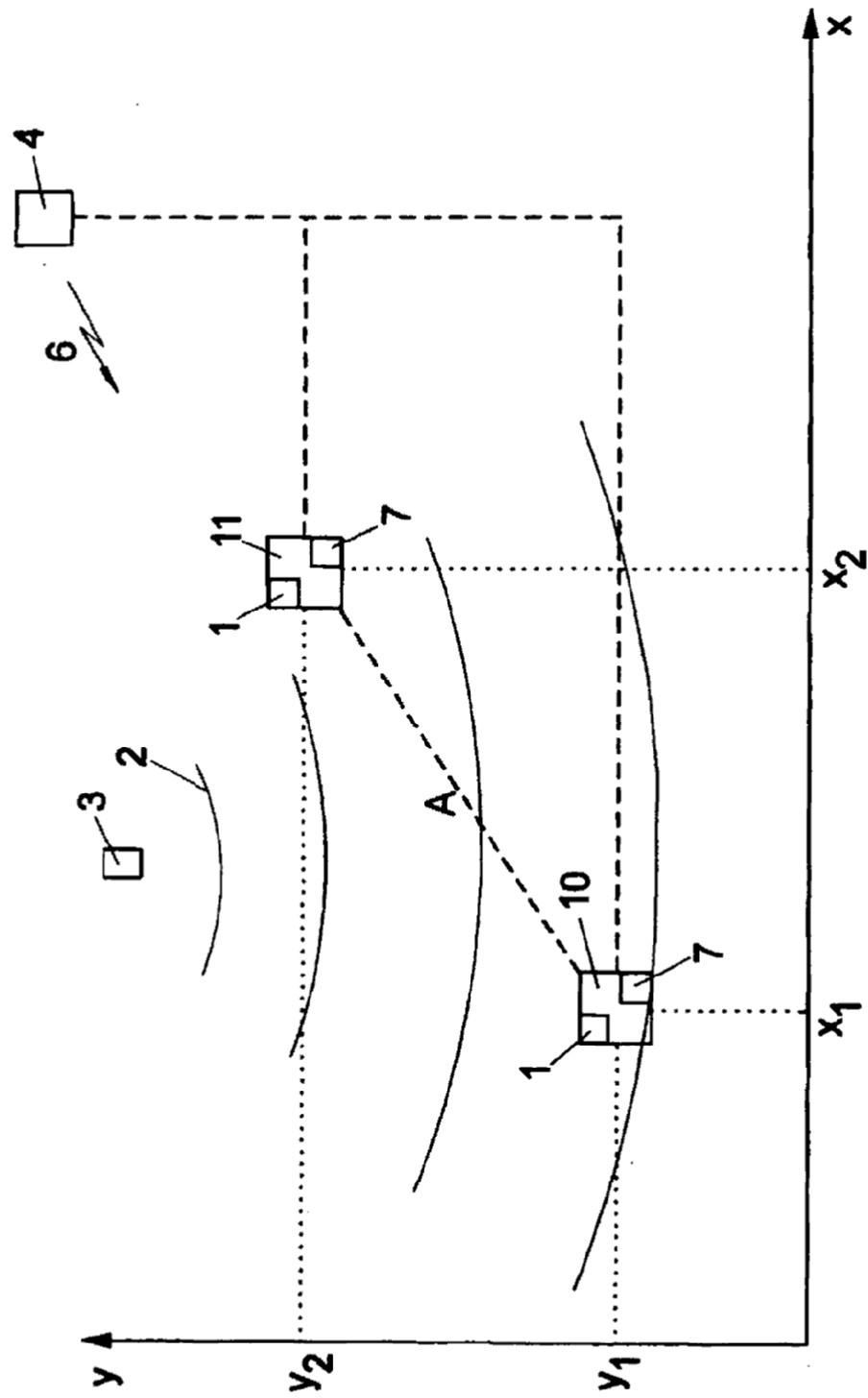


FIG 2

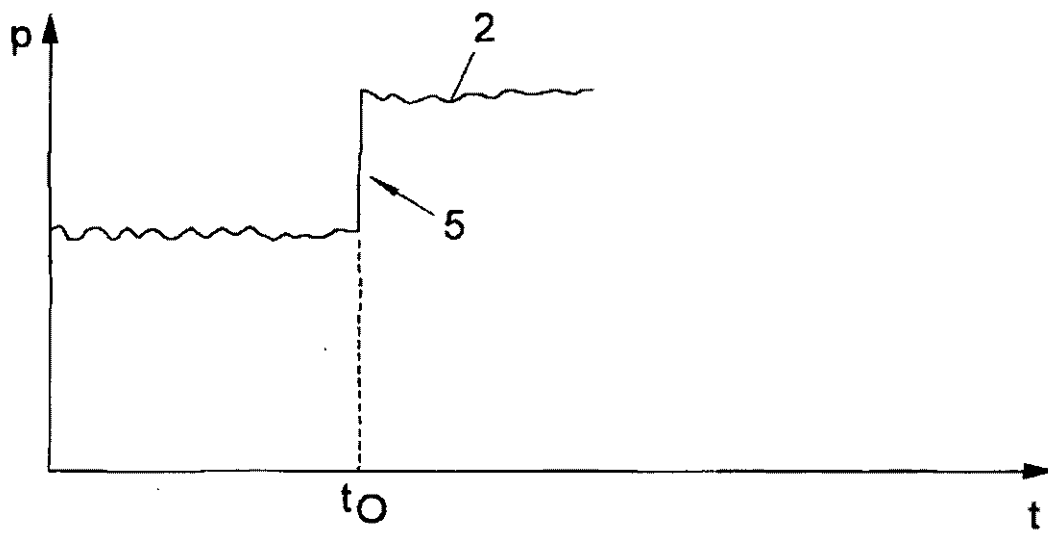


FIG 2A

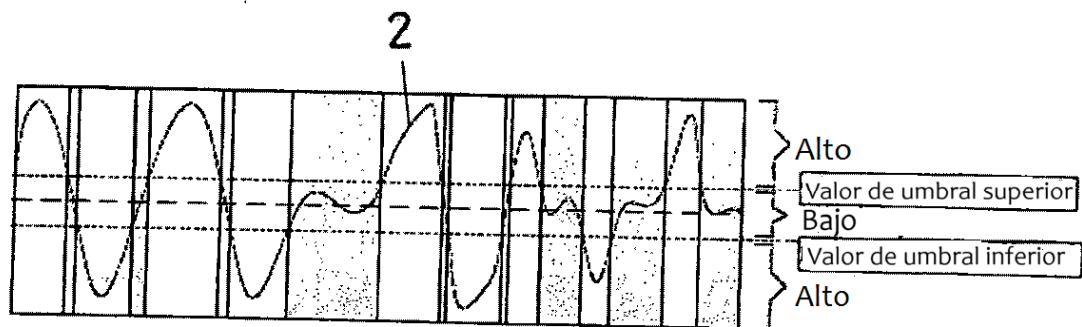


FIG 3

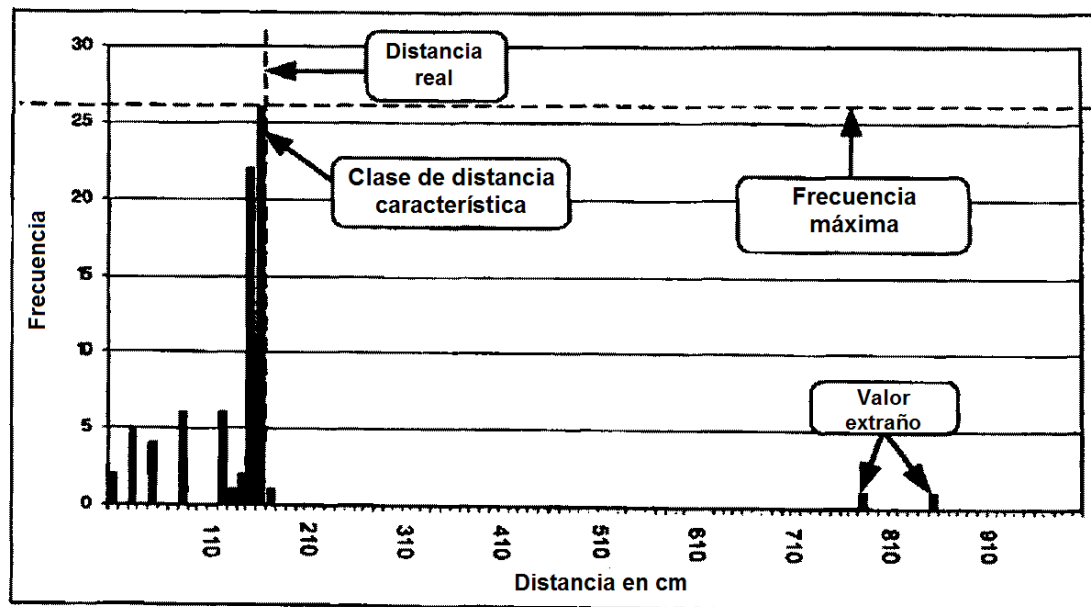


FIG 4

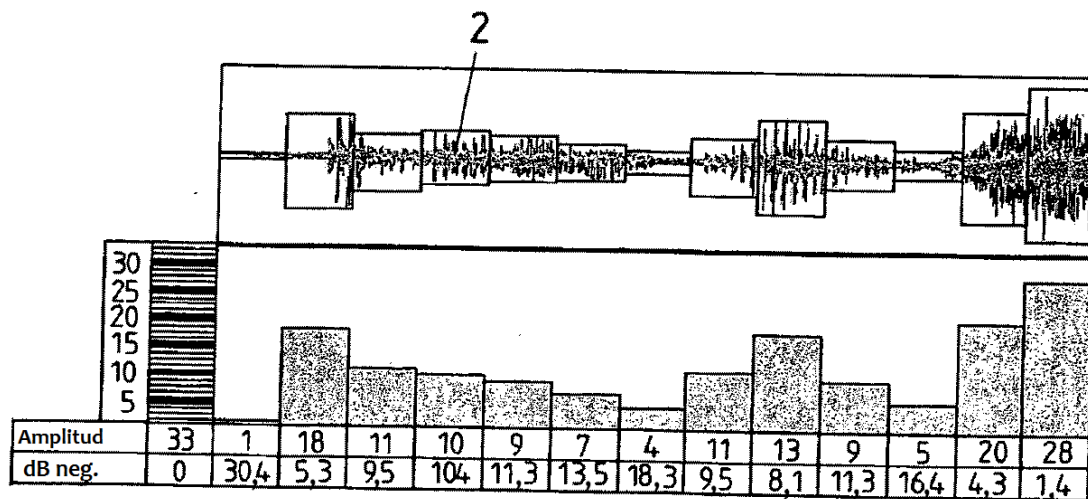


FIG 5

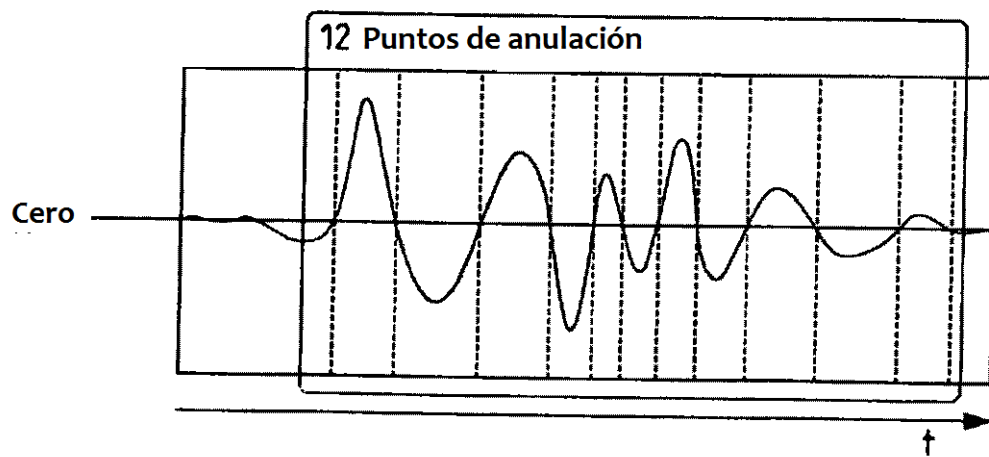


FIG 6

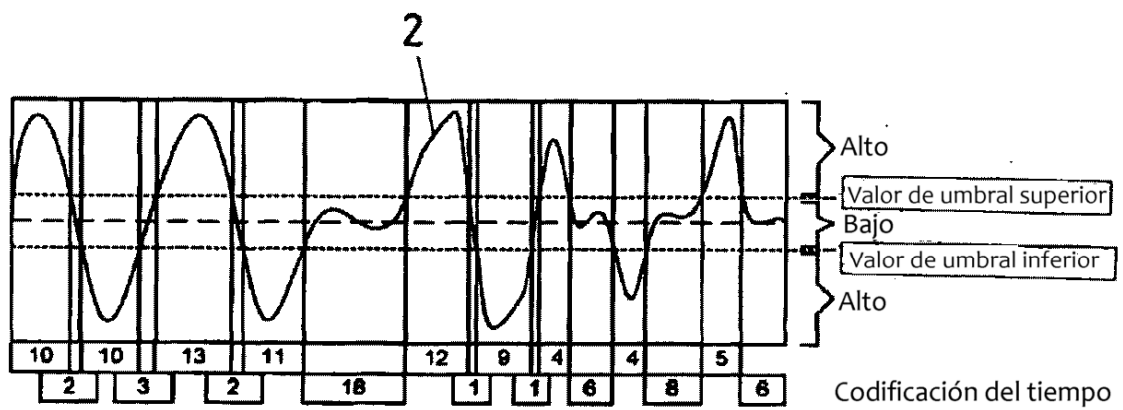


FIG 7

