



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 343 931**

② Número de solicitud: 200802769

⑤ Int. Cl.:

G01S 5/18 (2006.01)

G01S 5/30 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **25.09.2008**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **12.08.2010**

Fecha de la concesión: **08.06.2011**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **20.06.2011**

⑯ Fecha de publicación del folleto de la patente:
20.06.2011

⑰ Titular/es: **Universitat Politècnica de Catalunya
c/ Jordi Girona, 31
08034 Barcelona, ES**

⑱ Inventor/es: **Pàmies Gómez, Teresa;
Genescà Francitorra, Meritxell y
Romeu Garbí, Jordi**

⑳ Agente: **No consta**

㉔ Título: **Sistema para la medida de ruido y localización de una fuente móvil en presencia de ruido de fondo.**

㉕ Resumen:

Sistema para la medida de ruido y localización de una fuente móvil en presencia de ruido de fondo.

Sistema de medida de ruido que consigue eliminar del registro sonoro cualquier ruido distinto al generado por la fuente, incluso si ambos se han producido simultáneamente, además proporciona las tres coordenadas de posición necesarias para situar la fuente en cada instante mientras su ruido es audible.

El sistema consta de un conjunto de micrófonos no inferior a 7 esparcidos alrededor de la trayectoria de la fuente. Las señales son adquiridas con el objetivo de eliminar las componentes de ruido no comunes y aislar la componente común que es el ruido de la fuente. La componente común es el ruido de fondo presente en el sitio de medida, que se supone distinto para cada micrófono. La componente común está afectada de distinta manera por el efecto Doppler en función de la posición de cada receptor respecto a la fuente; estas diferencias permiten establecer la posición de la fuente en cada instante.

ES 2 343 931 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Sistema para la medida de ruido y localización de una fuente móvil en presencia de ruido de fondo.

5 **Sector de la técnica**

El sistema permite obtener el registro sonoro de una fuente móvil sin influencia del resto de fuentes sonoras que contribuyan al campo acústico del lugar de la medida. Al mismo tiempo es capaz de determinar la posición en el espacio de dicha fuente móvil. Actualmente esto es también posible mediante el uso de antenas de micrófonos tridimensionales. El sistema que se presenta es alternativo a este puesto que en algunas aplicaciones ofrece mejores prestaciones.

Estado de la técnica

15 Medida de la emisión acústica de fuentes móviles de trayectoria desconocida en presencia de ruido de fondo.

El desarrollo de técnicas para medir la emisión acústica de una fuente móvil de trayectoria desconocida en presencia de ruido de fondo nace básicamente de la necesidad de medir la emisión acústica de las aeronaves en sobrevuelo en los alrededores de los aeropuertos. A este fin, los aeropuertos disponen de una red de receptores acústicos no vigilados que miden continuamente el registro de ruido de su emplazamiento. Conocer la trayectoria de la fuente permite saber automáticamente durante qué intervalo de tiempo ha sobrevolado el receptor, con lo cual se sabrá en que parte del registro temporal sonoro se encuentra su contribución. Muchas veces, aunque los aeropuertos dispongan de radar, los datos sobre la trayectoria exacta de cada avión están protegidos por motivos de seguridad y si se proporcionan, es al cabo de días. En caso de no tener acceso a los datos sobre la trayectoria de la aeronave, hay distintas técnicas en desarrollo para reconocer en que momento un receptor está siendo sobrevolado por un avión:

Métodos de reconocimiento de señal

Estos métodos intentan imitar los procedimientos que sigue un ser humano para reconocer la fuente que está causando un ruido concreto, a través del uso de redes neuronales (inteligencia artificial). Se trata de construir una extensa base de datos con registros sonoros de aviones de distintos modelos y en distintos tipos de operación (despegue, aterrizaje y sobrevuelo) parametrizados. Los parámetros de interés son, la características de la huella del paso de avión en el registro sonoro (longitud, forma...), contenido frecuencial (espectro de frecuencia, existencia de componentes tonales...), variación temporal del espectro frecuencial (efecto Doppler). Dichos parámetros son comparados con los del registro sonoro proporcionado por los micrófonos para concluir si el ruido registrado pertenece, o no, al paso de un avión.

Medidas direccionales de intensidad sonora

Este método implica la medida no de la presión sonora en el punto de medida, sino de la intensidad. La ventaja reside en el hecho que la intensidad es una magnitud vectorial, de manera que indica módulo, dirección e sentido del flujo neto de energía por unidad de área. De este modo, cuando un avión sea la fuente sonora predominante, el vector intensidad apuntará en dirección al cielo, aunque no exactamente hacia dónde esté el avión si hay ruido de fondo presente, puesto que la intensidad total será la suma de los vectores intensidad del avión, que este sí que apuntará hacia el avión, y el vector de ruido urbano, que apuntará hacia la fuente de ruido urbano.

La dirección del vector intensidad puede utilizarse, entonces, para discernir si el receptor está siendo sobrevolado por un avión o no.

A pesar de que métodos como los descritos sirvan para identificar un determinado evento sonoro como provocado por el paso de un avión o no, puede ocurrir que otras fuentes de ruido presentes en el lugar de la medida estén contribuyendo simultáneamente al registro temporal sonoro. Los sistemas anteriores atribuyen a las aeronaves el global del ruido medido durante el periodo de sobrevuelo, con lo que su emisión acústica puede estar sobreestimada. En consecuencia, aparece la necesidad de separar el ruido provocado por las aeronaves del ruido de fondo del lugar de la medida.

Medidas con matrices de micrófonos

Una matriz de micrófonos consta de un conjunto de micrófonos que muestrean el campo acústico simultáneamente en distintas posiciones del espacio. En contraposición a los sistemas que usan un solo micrófono, tienen la capacidad de determinar la cantidad de energía sonora que llega de una posición concreta del espacio, de una dirección determinada, o que incide con un ángulo determinado, en función de si la matriz es 3D, 2D o 1D respectivamente. El principio básico de funcionamiento es que la señal recibida en los micrófonos es la misma pero desfasada un cierto intervalo de tiempo, dicho desfase temporal está relacionado con el ángulo de incidencia de las ondas sonoras. Así, si el desfase temporal es medido en tres direcciones perpendiculares del espacio, la posición de la fuente queda determinada. Las matrices de micrófonos se utilizan cuando es preciso medir la aportación sonora de las distintas fuentes que contribuyen al campo sonoro desde distintas posiciones del espacio. Así pues, en el caso de aplicar esta técnica a la monitorización de aeropuertos usando un número elevado de micrófonos, basta con una matriz lineal de micrófonos que integre la

presión del ruido que incide con ángulos por encima de la horizontal de referencia (que pasa por el micrófono más alto de la antena), i que corresponderá a ruido de aviones. De esta manera, cuando se mide ruido procedente de ángulos por encima de la horizontal es que se está produciendo el sobrevuelo, y el ruido medido es únicamente causado por las aeronaves.

5

Hay también desarrollos de matrices de micrófonos con bajo número de receptores que consiguen el mismo efecto añadiendo modificaciones al procesado de señal convencionalmente utilizado.

10 **Breve descripción de la invención**

El sistema consta de 7 o más micrófonos esparcidos alrededor de la trayectoria de la fuente que registran la señal acústica simultáneamente. Dicha señal es la suma del ruido de fondo del sitio de medida (distinto para cada micrófono), y el ruido del avión. El ruido del avión es distinto para cada micrófono en frecuencia (debido al Efecto Doppler), y en amplitud (debido a la diferencia de distancia entre la fuente y cada receptor, y en consecuencia a la atenuación atmosférica y geométrica).

15

Para poder localizar la fuente se ha desarrollado una función matemática que permite encontrar el cual es el corrimiento frecuencial entre dos espectros, con lo que se puede conocer el corrimiento frecuencial relativo entre dos micrófonos. Geométricamente se puede establecer la ecuación que relaciona dicho corrimiento frecuencial relativo, y la posición y velocidad de la fuente. Planteando esta ecuación entre un micrófono de referencia y un mínimo de 6 otros micrófonos, se consigue un sistema de 6 ecuaciones no lineales con 6 incógnitas (las tres componentes de la posición, y las tres componentes de la velocidad).

20

Una vez ha sido localizada la fuente puede calcular-se el corrimiento frecuencial absoluto que afecta la señal de cada micrófono debido al Efecto Doppler, y corregirlo. De esta manera se obtiene un conjunto de 7 señales (una por micrófono) que contienen el ruido emitido por el avión con distinta amplitud en función de la distancia entre cada receptor y la fuente, más una señal de ruido distinta para cada receptor.

25

Como la posición de la fuente es conocida, también lo es la distancia entre esta y cada receptor, de manera que puede compensarse también el efecto de la atenuación geométrica y atmosférica para obtener un conjunto de 7 señales que contienen el ruido emitido por el avión (la misma en todos los casos), más una señal de ruido distinta para cada micrófono. La señal de ruido puede ser eliminada calculando el espectro cruzado entre las distintas señales, y promediándolos. De esta forma se obtiene la potencia acústica de la fuente móvil.

30

35

Descripción detallada del método

Los datos de entrada son las señales de los 7 micrófonos; cada una de ellas está compuesta por el ruido procedente de la aeronave más el ruido de fondo. El ruido de la aeronave está afectado de diferente manera por el efecto Doppler en cada receptor, y tiene distinta amplitud debido a la diferencia en los caminos de propagación.

40

En el método expuesto en esta patente, se ha desarrollado una función matemática que permite determinar el efecto Doppler relativo entre dos señales a pesar de que estén mezcladas con ruido. Sean $x_n^r(t)$ la señal medida en el receptor n , y $x_m^r(t)$ la señal medida en el receptor m (ambas incluyen tanto el ruido que llega desde el avión como el ruido de fondo en el sitio de la medida), la Función de Correlación por Producto se expresa como:

45

$$PR_{X_n^r X_m^r}(\delta f) = \lim_{f_{max} \rightarrow \infty} \frac{1}{f_{max}} \int_0^{f_{max}} |X_n^r(f) \cdot X_m^r(f \cdot \delta f)^*| \cdot df$$

50

55 donde:

$X_n^r(f)$ es el valor para la frecuencia f de la Transformada de Fourier de la señal $x_n^r(t)$.

$X_m^r(f \cdot \delta f)$ es el valor para la frecuencia $f \cdot \delta f$ de la Transformada de Fourier de la señal $x_m^r(t)$.

60

El valor δf para el que la función $PR_{X_n^r X_m^r}(\delta f)$ tiene su máximo coincidirá con δf_{nm} que representa el corrimiento frecuencial relativo entre las señales $x_n^r(t)$ y $x_m^r(t)$.

65

ES 2 343 931 B1

La relación geométrica existente entre el corrimiento frecuencial relativo entre dos micrófonos y la posición de la fuente es la siguiente:

$$\delta f_{nm} = \frac{c - \mathbf{v}_a \cdot \frac{\mathbf{r}_m}{r_m}}{c - \mathbf{v}_a \cdot \frac{\mathbf{r}_n}{r_n}}$$

donde:

\mathbf{v}_a es el vector velocidad de la fuente móvil.

\mathbf{r}_m es el vector entre la fuente y el receptor m.

\mathbf{r}_n es el vector entre la fuente y el receptor n.

Las posiciones de los receptores m y n son conocidas, de manera que la anterior ecuación escalar tiene como incógnitas las tres componentes de la velocidad de la fuente móvil, y las tres componentes de su posición. De esta manera, escribiendo esta ecuación entre un micrófono de referencia y seis otros micrófonos, se obtiene un sistema de ecuaciones lineales determinado que, al resolverlo, proporciona la posición y velocidad de la fuente móvil.

Inicialmente se tiene un conjunto de 7 señales ($X_n^s[f]$ donde $n=1,2,\dots,7$) integradas por el ruido de la fuente en la posición del receptor ($X_n^r[f]$), y el ruido de fondo presente en la localización de dicho receptor ($N_n^r[f]$):

$$X_n^r(f) = X_n^s(f) + N_n^r(f)$$

Una vez la posición y la velocidad de la fuente móvil son conocidas, puede calcularse la influencia absoluta del Efecto Doppler en la señal de cada micrófono, y puede corregirse. Una vez efectuada dicha corrección, se tiene un conjunto de siete señales ($X_n^{r,d}[f]$ donde $n=1,2,\dots,7$) que contiene la señal de ruido de la fuente móvil corregida de manera que las componentes tonales aparecen en la frecuencia en que fueron originalmente emitidas ($X_n^{s,d}[f]$), y una señal de ruido distinta para cada micrófono ($N_n^{r,d}[f]$):

$$X_n^{r,d}(f) = X_n^{s,d}(f) + N_n^{r,d}(f)$$

La componentes $X_n^{s,d}[f]$ difieren de un micrófono a otro sólo por lo que respecta a su amplitud puesto que la atenuación geométrica y atmosférica sufrida por esta componente es función del camino de propagación. Conociendo la posición de la fuente puede compensarse los efectos de dichas atenuaciones, de manera que se obtienen 7 señales que contienen una componente común debida al ruido del avión ($X^{s,u}[f]$), y una componente de ruido distinta para cada señal ($N_n^{r,u}[f]$):

$$X_n^{r,u}(f) = X^{s,u}(f) + N_n^{r,u}(f)$$

Finalmente, se calcula la media entre los espectros cruzados de todas las señales apareadas para eliminar el ruido de las señales y conseguir el espectro de potencia del ruido de la fuente móvil:

$$W(f) = \left| G_{X_n^{r,u} X_m^{r,u}}(f) \right| \cdot \frac{4 \cdot \pi}{\rho \cdot c}$$

Modos de realización de la invención

Para la aplicación del sistema de medida descrito en la presente patente es necesario contar con, al menos, 7 micrófonos distribuidos alrededor de la trayectoria de la fuente.

ES 2 343 931 B1

Es necesario que el ruido de la fuente sea audible en todos los micrófonos durante todo el tramo de trayectoria que se quiera monitorizar. Si el tramo monitorizar es muy largo, se pueden incorporar nuevos micrófonos en posiciones más avanzadas, y dejar de considerar los micrófonos en los que, por quedar lejos de la fuente cuando esta avanza, deja de oírse su ruido.

5

Debe evitarse que la fuente pase por delante del micrófono de referencia escogido para plantear las ecuaciones escogiendo, cuando esto vaya a suceder, otro micrófono distinto como referencia.

10

El tiempo de integración para el cálculo del espectro frecuencial de las señales debe ser suficientemente largo para obtener una resolución frecuencial adecuada, pero suficientemente corto para que la variación del Efecto Doppler que se produce durante el mismo no afecte los resultados.

15

Se debe contar con un equipo de adquisición de datos que permita la medida simultánea en los distintos micrófonos, si estos están muy distanciados es necesario un equipo de telemetría, o que cada receptor tenga la capacidad de almacenaje suficiente y que todos estén sincronizados entre sí.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Sistema para la medida de ruido y localización de una fuente móvil en presencia de ruido de fondo, basado en la medida simultánea del campo acústico con un mínimo de 7 micrófonos esparcidos alrededor de la trayectoria de la fuente que:

- utiliza la Función de Correlación por Producto:

$$PR_{X_n^r X_m^r}(\delta f) = \lim_{f_{max} \rightarrow \infty} \frac{1}{f_{max}} \int_0^{f_{max}} |X_n^r(f) \cdot X_m^r(f \cdot \delta f)^*| \cdot df$$

donde:

$X_n^r(f)$ es el valor para la frecuencia f de la Transformada de Fourier de la señal $x_n^r(t)$.

$X_m^r(f \cdot \delta f)$ es el valor para la frecuencia $f \cdot \delta f$ de la Transformada de Fourier de la señal $x_m^r(t)$.

para determinar el corrimiento frecuencial relativo entre dos espectros provocado por el Efecto Doppler.

- utiliza un sistema de ecuaciones no lineales que relacionan la posición y la velocidad de la fuente móvil con el corrimiento frecuencial relativo entre dos receptores, para determinar la posición y la velocidad de la fuente.

- calcula la potencia de la fuente de ruido compensando la influencia del Efecto Doppler, y las atenuaciones atmosférica y geométrica de las seis señales, y calculando la media de los espectros cruzados entre dichas señales apareadas.



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 343 931

② Nº de solicitud: 200802769

③ Fecha de presentación de la solicitud: **25.09.2008**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01S 5/18** (2006.01)
G01S 5/30 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	Evaluación de un sistema matricial de ocho micrófonos para la localización de fuentes sonoras. (GENESCA M., ROMEU J. BOONE M. M.) 04.03.2003. Todo el documento.	1
Y	Design and use of microphone directional arrays for aeroacoustic measurements. AIAA-98-0471. 02.08.2007. Todo el documento.	1
Y	JP 11304906 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 05.11.1999, todo el documento.	1
A	WO 2007087638 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 02.08.2007, todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
23.07.2010

Examinador
G. Foncillas Garrido

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01S

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.07.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1	SÍ
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones		SÍ
	Reivindicaciones	1	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Evaluación de un sistema matricial de ocho micrófonos para la localización de fuentes sonoras. GENESCA M., ROMEU J. BOONE M. M. 2003 Todo el documento.	04-05-2003
D02	Design and use of microphone directional arrays for aeroacoustic measurements. AIAA-98-0471	02-08-2007
D03	JP11304906	05-11-1999
D04	WO2007087638	02-08-2007

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El objeto de la solicitud se basa en la utilización de no menos de 7 micrófonos para detectar la posición y velocidad de una fuente de ruido. Esto se hace mediante la detección en todos ellos de la señal y posteriormente ir analizando por parejas la correlación.

Reivindicación 1

El documento D01 describe (resumen y párrafos 1 a 4 de los fundamentos) un sistema para la medida de ruido y localización de una fuente móvil, basado en la medida simultánea del campo acústico con 8 micrófonos esparcidos de una manera predeterminada (figura 3).

La diferencia entre el dispositivo descrito en D01 y el definido en la reivindicación 1 radica en la utilización específica de la función de correlación por producto que permite detectar el corrimiento frecuencial relativo para cada par de señales y calcular la posición y velocidad y la potencia de la fuente de ruido a partir de éste.

El efecto técnico de este invento que conlleva esta diferencia es que al utilizar dicha función de correlación por producto se determinan las diferencias provocadas por el efecto Doppler entre cada par de señales recibidas.

Así, el problema técnico objetivo que resolvería la invención reivindicada es la detección de la traslación en frecuencia del espectro entre los distintos micrófonos y así se mejora la detección del origen de la señal además de una mejor discriminación de la señal original del ruido de fondo.

La solución propuesta se encuentra descrita como solución al mismo problema en el documento D02, donde se divulga (página 3, columna 1, primer y segundo párrafos) que cada uno de los micrófonos recibe una señal trasladada en el tiempo debido a su distinta distancia a la fuente (efecto Doppler) y se determina la presión relativa medida en cada micrófono. Las salidas de los micrófonos se trasladan en fase según su retraso y esto permite distinguir la señal buscada del ruido.

Así, se puede observar que en el documento D02 se determina el corrimiento frecuencial relativo (página 6, fórmula 6b) entre cada par de espectros provocado por el efecto Doppler, se determina la posición de la fuente y la velocidad y la potencia de la fuente de ruido (página 8, fórmula 14).

Por tanto se considera que un experto en la materia intentaría combinar las partes principales del documento D01 con el documento D02 del estado de la técnica más próximo para obtener las características de las reivindicación 1.

También se observa en D03 (Figura 4) que para la detección de la posición de un elemento, es conocido en el estado de la técnica la utilización de una unidad de correlación, otra unidad de estimación de la potencia del espectro y por último una unidad de posicionamiento de la medida, que convergen en la utilización que se le da al sistema de medida de ruido de la invención.

Por otro lado en D04 (WPI, resumen) se observa que la utilización de la función de correlación cruzada usada entre pares de micrófonos para detectar la posición de la fuente (altavoz) es sobradamente conocida en el estado de la técnica.

La reivindicación 1 es nueva (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).