



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 783**

51 Int. Cl.:
G10K 11/178 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08775674 .8**

96 Fecha de presentación : **04.03.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2122607**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.11.2009**

54 Título: **Procedimiento de reducción activa de interferencias sonoras.**

30 Prioridad: **09.03.2007 FR 07 01718**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.05.2011

73 Titular/es: **QUIETYS**
Parc Eureka-le-Génésis 97 rue de Freyr
34000 Montpellier, FR

72 Inventor/es: **Odent, Jean-Claude y**
Mazeaud, Benoît

74 Agente: **Díaz Núñez, Joaquín**

ES 2 359 783 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 de reducción activa de interferencias sonoras.

5 La invención presente se refiere a un procedimiento para reducir las interferencias de ruidos por control activo. También se refiere a un sistema que aplica el procedimiento de acuerdo con la invención.

10 En particular, la invención pretende reducir las interferencias por ruidos en una zona determinada por un procedimiento de reducción activa. Las interferencias de ruidos pueden ser todo tipo de ondas acústicas molestas que puedan considerarse ruido en una zona determinada. Estas interferencias pueden ser de todo tipo y de frecuencias que pueden variar de algunos hertzios a algunos millares de hertzios. Pueden ser creadas por cualquier dispositivo en funcionamiento. En el caso, por ejemplo, de un recinto cerrado, los ruidos pueden generarse por dispositivos que se encuentran dentro de dicho recinto. También pueden causarse por fuentes exteriores al recinto cuando este último está situado, por ejemplo, cerca de lugares tales como un aeropuerto, una autopista, una vía de ferrocarril, etc.

15 Los sistemas actuales de reducción activa de las interferencias de ruido ambientales permiten atenuar estas interferencias por dos tipos de procedimientos. El primero, denominado de retroalimentación, necesita una información anterior en la señal de ruido que es la causa de la interferencia de ruido que hay que reducir (véase, por ejemplo, los documentos US-A-5 978 489 y WO-A-03/015074). La detección de la señal de ruido se realiza corriente arriba de la zona de procesamiento por reducción activa y devuelve una señal de referencia que debe estar fuertemente correlacionada con la interferencia de ruido que hay que reducir. En este caso, el conocimiento anterior de la señal de ruido se usa para minimizar el error de reducción de la interferencia de ruido, cuantificando este error por una denominada señal de error medida en la zona determinada. Sin embargo, la información anterior de una interferencia de ruido no está siempre disponible, por lo que se realiza el uso de un segundo procedimiento de reducción de ruidos sonoros, llamado retroalimentación, o control de lazo cerrado, en el que no hay detección previa. La señal de error de reducción se usa para proporcionar una señal de control destinada a minimizar la misma señal de error.

20 Sin embargo, la mayor parte de los sistemas actuales aportan soluciones limitadas a la restricción de causalidad indispensable para la implementación satisfactoria de ciertas aplicaciones de control activo. Esto hace necesario realizar operaciones numéricas intrínsecas al procedimiento de reducción activa en un tiempo muy corto. Por lo tanto, estos sistemas tienen una eficacia limitada, en cuanto a tiempo de reacción, en el espacio y en cuanto a la frecuencia.

25 Por lo tanto, un objetivo de la invención es proponer un procedimiento para la reducción activa de interferencias de ruidos que haga posible satisfacer mejor la restricción que se ha mencionado anteriormente, y por lo tanto conseguir una mejor reducción de las interferencias de ruidos.

30 La invención propone remediar el problema que se ha mencionado anteriormente mediante un procedimiento de reducción activa en una zona determinada de la energía de una señal sonora, denominada señal de ruido propagado, generada en la zona determinada por una señal primaria, denominada señal de ruido. El procedimiento comprende una emisión, por medios de emisión, de al menos una señal de contra ruido que comprende al menos una primera señal de contra ruido, denominada de retroalimentación, contrarrestando la señal de ruido propagado, comprendiendo también este procedimiento al menos una iteración de las siguientes operaciones:

35 - medida, por medios de medición dispuestos en la zona determinada, de una denominada señal de error, representando la información sobre la eficacia de la reducción de la energía de la señal de ruido propagado en la zona;

40 - modelación, por al menos un primer filtro, de un camino acústico directo, llamado camino secundario, entre los medios de emisión de la señal de contra ruido y los medios de medición de dicha señal de error opcionalmente durante una etapa de identificación anterior;

45 - detección de al menos un componente periódico de la señal de ruido propagado por el análisis de una señal de ruido propagado estimado a partir de, por una parte, la señal de error y, por otra parte, la señal de contra ruido de retroalimentación tratada por el primer filtro, proporcionando dicha detección dicho componente periódico; y

50 - ajuste de la señal de contra ruido de retroalimentación en función del componente periódico detectado, en función de la señal de error y del camino secundario modelado.

55 En la presente solicitud, las fuentes de la señal de contra ruido se llaman fuentes secundarias y las fuentes de la señal de ruido fuentes primarias.

60 La medida de la señal de error, por un medio de medición constituido por ejemplo por un micrófono de control, hace posible registrar la reducción de la energía de la señal de ruido propagado y ajustar la señal de contra ruido para disminuir la misma señal de error.

65

5 La modelación del camino secundario puede realizarse por emisión, por un medio de emisión de la señal de contra ruido constituido por ejemplo por un altavoz, de una señal conocida seguida de una medición de esta señal en la zona determinada por un medio de medición. Por lo tanto, conociendo la señal transmitida y la señal medida, es posible definir el camino acústico entre el medio de emisión de la señal de contra ruido y el medio de medición en la zona determinada. Esta modelación puede tener lugar antes o durante cualquier fase de emisión de contra ruido.

10 Una vez que se ha determinado este camino, y siempre antes de cualquier reducción de la señal de ruido, puede realizarse una modelación de la inversa del camino secundario de forma digital para no introducir un desplazamiento de fase, es decir, retraso en la cadena de control, lo que sería contrario al objetivo principal de la invención. Por consiguiente, se realiza una modelación de la amplitud en solitario. Este filtro inverso hace posible limitar las resonancias inherentes al equipo electro-acústico usado así como a la topografía de la zona de procesamiento, resonancias que se encuentran en dicho camino secundario.

15 Lo que se indica a continuación sucede durante la fase de control real.

20 La detección de los componentes periódicos de la señal de ruido propagado permite un mejor conocimiento de la composición espectral de dicha señal y permite por consiguiente realizar operaciones de filtración banda-paso. Por lo tanto, la señal de contra ruido puede ajustarse de manera óptima para garantizar, con una mayor estabilidad, la mejor reducción de la energía de la señal de ruido propagado y, por lo tanto, de la interferencia causada por la señal de ruido en la zona determinada, particularmente en el momento de cambios rápidos de los componentes periódicos.

25 Por una parte, la señal de ruido propagado puede estimarse a partir de la señal de error y, por otra parte, de la señal de contra ruido de retroalimentación tratada por el primer filtro que modela el camino secundario. En efecto, suprimiendo la señal de error medida en la zona determinada, la señal de contra ruido de retroalimentación filtrada por el primer filtro modelando el camino secundario, es decir el camino acústico entre la fuente secundaria y el medio de medición en la zona determinada, es posible realizar una estimación de la señal de ruido propagada que se va a reducir.

30 La detección de los componentes periódicos de la señal de ruido propagado puede realizarse por una filtración de la señal de ruido propagado estimado por filtros banda-paso de tipo "notch", por corte, que realiza una filtración banda-paso de respuesta impulsional infinita (IIR) de amplitud constante por todas partes excepto en las frecuencias de los componentes periódicos de la señal de ruido propagado donde los anchos de bandas son casi nulos. Estos filtros se llaman filtros notch adaptativos (ANF: "Adaptive Notch Filter").

35 Además, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende una filtración banda-paso de la señal de ruido propagado estimado, en la frecuencia de todos o algunos de los componentes periódicos detectados, proporcionando dicha filtración una denominada señal de referencia, constituida básicamente por los componentes periódicos de la señal de ruido propagado. Después, esta señal de referencia se usa en el ajuste de la señal de contra ruido de retroalimentación, como se describe más abajo.

40 De hecho, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende un ajuste de al menos un coeficiente de un segundo filtro de respuesta impulsional finita previsto para ajustar la señal de contra ruido de retroalimentación en función de la señal de referencia filtrada por el tercer filtro de respuesta impulsional finita modelando por amplitud la inversa del camino secundario. La señal filtrada de referencia obtenida de este modo, compuesta básicamente por los componentes periódicos de la señal de ruido propagado estimado, sirve por lo tanto como base para el ajuste de los coeficientes del segundo filtro, cuya función es precisamente eliminar los componentes periódicos de la señal de ruido propagado. La operación de filtración, por el tercer filtro modelando por amplitud la inversa del camino secundario, permite facilitar el ajuste de los coeficientes del segundo filtro.

45 De hecho, la combinación, por una parte del primer filtro modelando el camino secundario y, por otra parte del tercer filtro modelando por amplitud la inversa del camino secundario, tiene como resultado, en salida, una respuesta de amplitud plana, igual a 1. Esto facilita el trabajo del segundo filtro que consiste en encontrar las amplitudes y las fases óptimas de la señal de contra ruido de retroalimentación que minimizan la energía de la señal de error y por tanto la energía de la señal de ruido propagado. En efecto, garantizar esta amplitud unidad permite liberar el segundo filtro del trabajo de búsqueda de amplitud óptima y concentrarse solamente sobre la búsqueda de la fase óptima.

50 Ventajosamente, al menos un coeficiente del segundo filtro puede ajustarse por un algoritmo del tipo algoritmo de minimización según el criterio de mínimos cuadrados (LMS: "Least Mean Square") en función de la señal de referencia tratada por el primer filtro, en función de la señal de error que ha experimentado una filtración banda-paso en la frecuencia de todos o algunos de los componentes periódicos detectados y de un denominado coeficiente de convergencia de retroalimentación que forma parte en el algoritmo LMS. Por lo tanto, realizando dicha filtración banda-paso sobre la señal de error es posible aislar así los componentes periódicos de la señal de ruido propagado que están presentes en la señal de error con el fin de que el segundo filtro se concentre sólo sobre éstos.

- 5 Ventajosamente, la señal de contra ruido comprende además una denominada señal de contra ruido predictiva, ajustada en función de la señal de error y de la señal de ruido medida por medios de medición que comprenden, por ejemplo un micrófono. La señal de contra ruido predictiva está destinada a reducir la energía de los componentes no periódicos de la señal de ruido. Por lo tanto, el procedimiento de acuerdo con la invención permite aplicar de manera combinada una señal de contra ruido de retroalimentación y una señal de contra ruido predictiva destinadas respectivamente a disminuir la energía de los componentes periódicos y de los componentes no periódicos de la señal de ruido.
- 10 Además, el procedimiento de acuerdo con la invención también puede comprender:
- Una modelación por amplitud de la inversa del camino secundario al menos por un cuarto filtro de respuesta impulsional finita, y
 - Una modelación por al menos por un sexto filtro de respuesta impulsional finita del camino secundario, siempre en la perspectiva de facilitar la tarea de ajustar los coeficientes de un quinto filtro definido en lo
- 15 sucesivo en este documento. El cuarto filtro puede ser idéntico al tercer filtro y el sexto filtro idéntico al primer filtro.
- En un ejemplo no limitante de realización, el cuarto filtro puede ser el tercer filtro y el sexto filtro puede ser el primer filtro.
- 20 El ajuste de la señal de contra ruido predictiva comprende un ajuste de al menos un coeficiente de un quinto filtro de respuesta impulsional finita previsto para ajustar dicha señal de contra ruido predictiva en función de la señal de ruido previamente tratada por el cuarto filtro.
- 25 Además, al menos un coeficiente del quinto filtro se ajusta por un algoritmo del tipo algoritmo de minimización según el criterio de mínimos cuadrados en función de la señal de error, modelando la señal de ruido medido y tratada previamente por el sexto filtro el camino secundario y un denominado coeficiente de convergencia predictivo que afecta al algoritmo en cuestión.
- 30 Como previamente, la combinación, de una parte del cuarto filtro modelando el camino secundario y, por otra parte del sexto filtro modelando por amplitud la inversa del camino secundario tiene como resultado, en salida, una respuesta de amplitud plana, igual a 1.
- 35 Ventajosamente, el procedimiento de acuerdo con la invención puede usarse para la atenuación de al menos una señal de ruido por emisión de una pluralidad de señales de contra ruido por una pluralidad de medios de emisión. Cada una de las señales de contra ruido puede comprender:
- Una señal de contra ruido de retroalimentación,
 - Una señal de contra ruido predictiva, o
 - Una señal de contra ruido de retroalimentación y una señal de contra ruido predictiva.
- 40
- A través de la emisión de una pluralidad de señales de contra ruido, y el uso de una pluralidad de puntos de medida de señales de error, por ejemplo micrófonos de control, el procedimiento de acuerdo con la invención permite, por una parte, aumentar el tamaño de la zona determinada en la que se busca realizar una reducción de la energía de al
- 45 menos una señal de ruido propagado, y por otra parte realizar esta reducción hasta frecuencias más elevadas. Por lo tanto, aumentando el número medio de parejas de emisión de señal de contra ruido/medio de medición de señal de error, es decir señal de contra ruido/señal de error, es posible tratar interferencias de ruidos sobre una distancia más grande y en una banda de frecuencia más ancha.
- 50 Por ejemplo, el procedimiento de acuerdo con la invención puede usarse para producir una "burbuja de confort acústico». Ya que la extensión espacial de dicha burbuja de confort acústico en espacio libre que está bastante confinada a medida que la frecuencia aumenta, hay que contemplar varias fuentes de emisión de varias señales de contra ruido y varios micrófonos de control de reducción de la energía de la señal de ruido propagado. Por ejemplo, sabiendo que el espacio entre las orejas es de aproximadamente 20 centímetros, y que se toma un margen idéntico con el fin de dejar toda libertad a un usuario para mover razonablemente la cabeza, la burbuja de confort acústico que hay que producir será de 40 centímetros de diámetro, es decir un tratamiento eficaz de hasta 200 Hz máximo considerando únicamente un solo par de medios de emisión de señal de contra ruido/medios de medición de la
- 55 señal de error. Multiplicando los puntos de reducción de las interferencias, es decir, el número de micrófonos de control, es posible aumentar la frecuencia máxima de las señales de ruido de las que se desea reducir la energía. Por lo tanto, con 3 puntos de reducción de interferencias de ruidos sobre esta distancia, es posible tratar señales de ruido de hasta aproximadamente 700 Hz en una burbuja de confort de 40 cm de diámetro. Multiplicando el número de señales de contra ruido y el número de puntos de reducción y disponiéndolos adecuadamente, también es posible aumentar la medida de la burbuja de confort.
- 60
- 65 Por punto de reducción, o de minimización, se refiere a la ubicación de un micrófono de control previsto para medir una señal de error.

De acuerdo con otra característica de la invención, se propone un sistema de reducción activa, en una zona determinada, de la energía de una señal sonora, llamada señal de ruido propagado, generada en la zona determinada por una señal primaria, llamada señal de ruido, por emisión de al menos una señal de contra ruido que comprende al menos una primera denominada señal de contra ruido de retroalimentación, que contrarresta la señal de ruido propagado en la zona determinada, comprendiendo el sistema:

- Medios para emitir la señal de contra ruido;
- Medios de medición, en la zona determinada, de una denominada señal de error, que representa información sobre la eficacia de la reducción de la energía de la señal de ruido propagado;
- Al menos un primer filtro para modelar un camino acústico directo, llamado camino secundario, entre los medios de emisión de la señal de contra ruido y los medios de medición de la señal de error obtenida opcionalmente al final de una etapa de identificación anterior;
- Medios para estimar la señal de ruido propagado a partir de una parte de la señal de error, y por otra parte de la señal de contra ruido de retroalimentación tratada por el primer filtro, proporcionando dichos medios una señal de ruido propagado estimado;
- Medios para detectar y proporcionar al menos un componente periódico de la señal de ruido propagada por el análisis de dicha señal de ruido propagado estimado; y
- Medios para ajustar la señal de contra ruido de retroalimentación en función del componente periódico detectado, de la señal de error y del camino secundario modelado.

Ventajosamente los medios de emisión de la señal de contra ruido pueden comprender transductores ultrasónicos direccionales que tienen un haz de emisión reducido. En efecto, una de las limitaciones de los sistemas actuales de reducción activa de un interferencias de ruido es que, aunque el contra ruido contribuye a reducir la señal de ruido en una zona o un volumen diana, es perfectamente capaz de aumentarlos en otro lugar. En otras palabras, disminuir las interferencias en un espacio no significa reducirlas en todo el espacio. Además, medios de emisión de una señal de contra ruido, tales como altavoces son más direccionales en bajas frecuencias que en altas frecuencias. A menos que se pueda disponer de altavoces más grandes que la más grande de las longitudes de onda inherentes al espectro de la señal de ruido a procesar, no será posible evadir esta limitación, a menos que se usen transductores ultrasónicos. Los ultrasonidos, que son completamente inaudibles cuando se emiten, se distorsionan según se propagan en el aire y se desplazan en el espectro audible. La ventaja de los transductores ultrasónicos reside en el hecho de que tienen un haz de emisión muy reducido y el volumen en el cual los ultrasonidos se vuelven audibles es completamente predecible. Otra ventaja del uso de dichos transductores es que su actividad de directividad simplifica el sistema multi-ruta. De hecho, la transposición al caso multi-ruta del sistema de una sola ruta implica considerar un gran número de caminos secundarios: Los caminos secundarios directos entre cada transductor y su micrófono de control asociado, pero también los denominados caminos secundarios cruzados que representan las interacciones entre todos los transductores y los micrófonos. Por otra parte, las contribuciones de cada fuente secundaria a los medios de medición de la señal de ruido, llamadas contribuciones traseras, deben considerarse de la misma manera. Esto requiere disponer de una electrónica de fuerte capacidad de cálculo y de memoria. Con el objetivo de minimización de los costes a menudo importantes de las operaciones en tiempo real inherentes al cálculo de las señales de contra ruido, la directividad de los transductores ultrasónicos presenta una gran ventaja en que puede usarse, en lugar de un sistema multi-ruta complejo, una paralelización de múltiples sistemas de una sola ruta mucho menos complejos. En efecto, en este caso, los caminos cruzados y las contribuciones traseras se vuelven despreciables a causa de la directividad de los transductores ultrasónicos y la estabilidad del sistema no se perturba como resultado de no tener en cuenta las entidades en la estructura paralelizada.

Además, el sistema de acuerdo con la invención puede comprender medios para medir la señal de ruido. Estos medios pueden comprender al menos un denominado micrófono de ruido, colocado adecuadamente en función de la fuente de ruido.

Además, el sistema de acuerdo la invención puede comprender medios de filtración banda-paso de la señal de ruido propagado estimado en la frecuencia de todos o algunos de los componentes periódicos de la señal de ruido propagado, y dispuestos para generar una señal de referencia, como se ha descrito anteriormente.

Los medios para ajustar la señal de contra ruido de retroalimentación pueden comprender ventajosamente al menos un segundo filtro de respuesta impulsional finita, previsto para ajustar dicha señal de contra ruido de retroalimentación en función de la señal de referencia filtrada por un tercer filtro de respuesta impulsional finita, dispuesto para modelar en amplitud la inversa del camino secundario.

Ventajosamente, la señal de contra ruido puede comprender una denominada segunda señal de contra ruido predictiva, comprendiendo además el sistema de acuerdo con la invención medios para emitir la señal de contra ruido predictiva ajustada en función de la señal de error y de la señal de ruido.

El sistema puede comprender un cuarto filtro de respuesta impulsional finita, modelando por amplitud la inversa del camino secundario, un quinto filtro, previsto para ajustar la señal de contra ruido predictiva, en función de la señal de ruido medido tratada por el cuarto filtro y un sexto filtro de respuesta impulsional finita, dispuesto para modelar el camino secundario.

El sistema de acuerdo con la invención puede ventajosamente, comprender una pluralidad de medios de emisión de una pluralidad de señales de contra ruido, usada para la atenuación de al menos una señal de ruido.

5 Otras ventajas y características serán evidentes en el examen de la descripción detallada de una realización que no está de manera limitativa, y los dibujos adjuntos en los que:

- 10 - La figura 1 es una representación esquemática de una configuración de reducción activa de una señal acústica por medio de un sistema de una sola ruta de acuerdo con la invención;
- La figura 2 es una representación esquemática de una configuración de reducción activa de una señal acústica por medio de un sistema de una sola ruta de acuerdo con la invención;
- La figura 3 es una representación esquemática en forma de bloques funcionales de las operaciones realizadas en una ruta de un sistema multi-ruta de acuerdo con la invención que comprende una medida de la señal de ruido con micrófonos de medición;
- 15 - La figura 4 es una representación esquemática en forma de bloques funcionales de un módulo de detección y de filtración de componentes periódicos de una señal de ruido propagado en una ruta de un sistema multi-ruta de acuerdo con la invención;
- La figura 5 es una representación esquemática de una placa de circuito multi-ruta utilizada en el sistema multi-ruta de acuerdo con la invención;
- 20 - La figura 6 es una representación de un haz de emisión de un transductor ultrasónico usado en el sistema de acuerdo con la invención;
- La figura 7 es un primer ejemplo de realización del sistema multi-ruta de acuerdo con la invención para la obtención de una burbuja de confort; y
- La figura 8 es un segundo ejemplo de realización del sistema multi-ruta de acuerdo con la invención para la obtención de una burbuja de confort.

25 La figura 1 es una representación esquemática de una configuración 10 para la reducción activa de interferencias de ruidos por medio de un sistema de una sola ruta 11 de acuerdo con la invención. Este sistema 11 comprende un micrófono de ruido que hace posible medir una señal de ruido x y un transductor que emite una señal de contra ruido y ajustada para minimizar las interferencias de ruidos causados por la señal de ruido x en una zona de confort acústico 12 donde está dispuesto un micrófono de control que permite medir una señal de error e . En el resto de la descripción, la zona de confort acústico 12 creada de este modo se denominará «burbuja de confort acústico».

35 Ahora, la extensión espacial de una dicha burbuja de confort acústico 12 en espacio libre que está bastante confinada a medida que la frecuencia aumenta, por lo que han de preverse varias parejas de transductor/micrófono de control. Por ejemplo, sabiendo que el espacio entre las orejas es de aproximadamente 20 centímetros, y que se toma un margen idéntico con el fin de dejar toda libertad a un usuario para mover razonablemente la cabeza, la burbuja de confort acústico que hay que producir será de 40 centímetros de diámetro, es decir un tratamiento eficaz de hasta 200 Hz máximo considerando únicamente una sola pareja transductor/micrófono de control. Multiplicando el número de parejas transductor/micrófono de control, es posible aumentar la frecuencia máxima de tratamiento.

40 Por lo tanto, con 3 puntos de reducción de interferencias de ruidos sobre esta distancia, es posible tratar señales de ruido de hasta aproximadamente 700 Hz en una burbuja de confort de 40 cm de diámetro. Multiplicando el número de señales de contra ruido y el número de puntos de reducción y disponiéndolos adecuadamente, también es posible aumentar la medida de la burbuja de confort.

45 Así, la figura 2 representa una configuración 20 de reducción activa de interferencias de ruidos por medio de un sistema multi-ruta 21 de acuerdo con la invención. Este sistema multi-ruta 21 comprende:

- 50 - K micrófonos de ruido que permiten medir K señales de ruidos x_k ,
- K micrófonos de control que miden K señales de error e_k , y
- K transductores que emiten K señales de contra ruido y_k y producen una burbuja de confort acústico 22 más grande que la burbuja de confort 12,

55 con k comprendido entre 1 y K. Por supuesto, el número de micrófonos de control, el número de micrófonos de ruido y el número de transductores pueden no ser iguales. Sin embargo, para una descripción más clara de las diferentes operaciones realizadas en cada ruta del sistema multi-ruta 21, se asumirá en este documento que el sistema multi-ruta 21 comprende el mismo número de micrófonos de control y de transductores y un micrófono de ruido.

60 La figura 3 es una representación en forma de diagrama de bloques de una ruta k en la configuración multi-ruta 20 aplicando el sistema multi-ruta 21 de acuerdo con la invención haciendo posible realizar la burbuja de confort 22. En la figura 3, n representa el tiempo discreto, es decir el tiempo de muestreo, por S_{kk} el camino secundario entre la fuente secundaria k y el micrófono de control k , es decir, el camino acústico directo entre la fuente secundaria k y el micrófono k . El módulo 221 P_k representa el camino primario entre el micrófono de detección de la señal de referencia $x_k(n)$ y el micrófono de control k . El micrófono de control k permite medir la señal de error e_k en el nivel de la burbuja de confort. A continuación, se describirá el funcionamiento del sistema 21 en una ruta k .

65

El sistema 21 comprende dos partes, concretamente una denominada parte predictiva 211 y una denominada parte de retroalimentación 212. La parte de retroalimentación 212 comprende un filtro de respuesta impulsional finita $W^{fbk}_k(z)$ que permite generar y ajustar una señal contra ruido de retroalimentación $yfbk_k(n)$. Esta parte de retroalimentación 212 comprende también dos filtros FIR $\hat{S}_{kk}(z)$ modelando digitalmente el camino secundario S_{kk} .

5 Un módulo 213, compuesto por un filtro $\hat{S}_{kk}(z)$ y un sumador Σ , hace posible realizar una estimación de la señal de ruido propagado $d_k(n)$ en la burbuja de confort a partir de la señal de error $e_k(n)$ medida por el micrófono de control k y por la señal de contra ruido de retroalimentación $yfbk_k(n)$ filtrada por un filtro $\hat{S}_{kk}(z)$. Este módulo 213 proporciona en la salida una señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$. Un módulo 214 de detección y de filtración hace posible realizar una detección de los componentes periódicos de la señal de ruido propagado $d_k(n)$ a partir del análisis de la
 10 señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$ y proporciona en la salida una señal de referencia $d'_k(n)$ compuesta por los componentes periódicos detectados de la señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$. Este módulo 214 comprende un bloque ANF^C que detecta las frecuencias periódicas en la señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$ y un bloque de filtración banda-paso ALE^P (ALE por Adaptive Line Enhancer) de la señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$ a las frecuencias de los componentes periódicos detectadas por el bloque de detección ANF^C. Se
 15 proporcionarán los detalles de este módulo 214 más adelante en la descripción. Después, la señal de referencia $d'_k(n)$ se usa por un filtro FIR $1/\hat{S}_{kk}(z)$ modelando por amplitud la inversa del camino secundario modelado \hat{S}_{kk} y después por un filtro $W^{fbk}_k(z)$ para ajustar la señal de contra ruido de retroalimentación $yfbk_k(n)$.

20 Los coeficientes del filtro $W^{fbk}_k(z)$ se ajustan por un algoritmo de minimización de acuerdo con al menos el criterio de mínimos cuadrados, representado por el bloque LMS, en función de la señal de referencia $d'_k(n)$ tratada previamente por un filtro $\hat{S}_{kk}(z)$, y la señal de error $e_k(n)$ que ha experimentado una filtración banda-paso por un bloque ALE^P a las frecuencias de los componentes periódicos detectadas en la señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$.

25 La parte predictiva 211 del sistema 21 comprende un filtro FIR $W^{fwd}_k(z)$ que hace posible generar y ajustar una señal contra ruido de retroalimentación $yfwd_k(n)$ en función de la señal de ruido $x_k(n)$ medida por medios de medición y previamente filtrada por un filtro FIR $1/\hat{S}_{kk}(z)$ modelando por amplitud la inversa del camino secundario modelado \hat{S}_{kk} . Los coeficientes del filtro $W^{fwd}_k(z)$ se ajustan por un algoritmo LMS, representado por el bloque LMS, en función, por una parte de la señal de error $e_k(n)$, y por otra parte de la señal de ruido medido y previamente tratada por un
 30 filtro $\hat{S}_{kk}(z)$.

Después, las señales de contra ruido predictivas $yfwd_k(n)$ y de retroalimentación $yfbk_k(n)$ se suman mediante un sumador Σ para obtener una señal de contra ruido $y_k(n)$ que se emite hacia la burbuja de confort por medios de emisión, que son transductores ultrasónicos en el ejemplo.

35 Por lo tanto, en la burbuja de confort, la señal de error $e_k(n)$ para la ruta k medida por un micrófono de control no representado corresponde a la suma, por una parte, de la señal de ruido propagado $d_k(n)$ y, por otra parte, de las señales de contra ruido correspondientes a cada una de las rutas del sistema 21 y que hayan recorrido los caminos secundarios $S_{jk}(z)$ entre las fuentes secundarias asociadas a cada una de las rutas y el micrófono de control k, es decir así, puede escribirse:

$$40 \quad e_k(n) = \sum_{i=1}^K S_{jk}(z)y_i(n) + d_k(n).$$

Debe apreciarse que en el caso de que se usen los transductores ultrasónicos a modo de fuentes secundarias, la señal de error $e_k(n)$ para la ruta k medida por un micrófono de control no representado corresponde esta vez a la suma, por una parte, de la señal de ruido propagado $d_k(n)$ y, por otra parte, de la señal de contra ruido $y_k(n)$ correspondiente a la ruta k que ha recorrido el camino secundario $S_{kk}(z)$, es decir el camino acústico entre el
 45 transductor k y el micrófono de control k. En este caso,

$$e_k(n) = y_k(n)S_{kk}(z) + d_k(n).$$

La figura 4 es una representación de diagrama de bloques del módulo 214 de detección y de filtración de los
 50 componentes periódicos de la señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$. El método de estimación de la frecuencia usado en el ejemplo presente implica una filtración banda-paso de respuesta impulsional infinita de amplitud constante en cualquier parte distinta a las frecuencias de los componentes de la señal de ruido, donde el ancho de banda es casi nulo. Estos filtros se llaman filtros "notch" y representan ANF (Adaptive Notch Filter). Existen dos tipos de filtros notch, correspondientes a dos enfoques diferentes, concretamente la aproximación directa o en enrejado. Se presentan ambos en la forma racional $H_i(z, \theta) = N_i(z, \theta)/D_i(z, \theta)$. Para una señal de entrada, se busca el mejor
 55 conjunto de coeficientes θ que minimicen el error cuadrático definido como la filtración de esta señal de entrada por el filtro $H_i(z, \theta)$.

La formulación en enrejado se presenta de la siguiente forma:

$$H_i(z) = \frac{1+\rho}{2} \frac{1+a_i z^{-1} + z^{-2}}{1 + \frac{1+\rho}{2} a_i z^{-1} + \rho z^{-2}}$$

con el parámetro a_i vinculado directamente a la frecuencia buscada por la relación $a_i = (-2\cos(2\pi f_i))$ y ρ un número real estrictamente positivo próximo a 1 llamado factor de contracción y que registra el ancho de banda alrededor de la frecuencia cortada.

5 Para optimizar las operaciones aritméticas y limitar el impacto perturbador del módulo de detección y el módulo de filtración 214 sobre el sistema 21, se selecciona una descomposición en cascada, mostrada en la figura 4, de este módulo 214 con el fin de determinar las frecuencias que componen una señal determinada. Por lo tanto, para componentes periódicos p , existen filtros $H_i(z)$ en serie.

10 Ha de apreciarse que la descomposición en cascada del bloque 214 se indica por una C, para cascada, en ANF^C (véase la figura 3).

Proponiendo la siguiente relación:

$$\tilde{\varepsilon}_i(n) = \frac{1}{D_i} \varepsilon_{i-1}(n)$$

15 es posible determinar cada parámetro a_i por medio de una reescritura ingeniosa del algoritmo de minimización de acuerdo con el criterio de mínimos cuadrados recursivos (algoritmo RLS: Recursive Least Squares). Para ello, se hace uso de función de autocorrelación definida recursivamente por:

$$\Phi_i(n) = \lambda \Phi_i(n-1) + \tilde{\varepsilon}_i^2(n-1)$$

20 y, tomando $\Theta(n) = [a_1(n) \dots a_p(n)]^T$, $\Gamma(n) = [\Phi_1(n) \dots \Phi_p(n)]^T$, $\tilde{E}(n) = [\tilde{\varepsilon}_1(n-1) \dots \tilde{\varepsilon}_p(n-1)]^T$ y $E(n) = [\varepsilon_1(n) \dots \varepsilon_p(n)]^T$, significando T transpuesto, se usa la siguiente relación de recurrencia:

$$\Theta(n) = \Theta(n-1) + \Gamma^{-1}(n) \tilde{E}(n) E(n).$$

Finalmente, λ y ρ se adaptan exponencialmente por medio de la siguiente recursión:

$$\begin{cases} \lambda(n) = \lambda_0 \lambda(n-1) + (1 - \lambda_0) \lambda_\infty \\ \rho(n) = \rho_0 \rho(n-1) + (1 - \rho_0) \rho_\infty \end{cases}$$

25 lo que permite comenzar con un ancho de banda elevado, de manera que permita a cada sección 2141 detectar un componente periódico, luego estrecharlo con el fin de poder precisar esta detección. Por lo tanto, es un medio para limitar los conflictos entre secciones, sabiendo que éstos pueden producirse independientemente.

30 Para cuestiones de estabilidad y de rapidez de convergencia, la señal de referencia $d'_k(n)$ y la señal de error $e_k(n)$ se filtran por filtros banda-paso centrados alrededor de las frecuencias presentes en la señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$. El complementario de un filtro notch, en la formulación que sea, es un filtro banda-paso, representado $N^{ALE}(z-1)$, en el que interviene la frecuencia central de filtración.

35 Por lo tanto, como se muestra en la figura 4, el módulo de detección y de filtración 112 está compuesto de tantas secciones 2141 en cascada como por componentes periódicos que hay que detectar. Cada sección i se presenta en forma de un filtro $H_i(z-1)$ que comprende:

- 40 - un conjunto 2142, compuesto por dos bloques representados $1/D_i(\rho z^{-1})$ y este conjunto 2142 está previsto para realizar la detección de un componente periódico a_i de la señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$; y
- un filtro 2143, representado y previsto para filtrar la señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$ a la frecuencia del componente periódico a_i detectado por el conjunto 2142. Este filtro 2143 proporciona de salida una señal $d'_{ki}(n)$ compuesta solamente por el componente periódico a_i de la señal de ruido propagado estimado $de_k(n)$.

45 La señal de referencia $d'_k(n)$ se obtiene añadiendo todas las señales $d'_{ki}(n)$ proporcionadas por los filtros de las secciones 2141.

50 Ha de apreciarse que esta operación de adición se indica por una P, para paralelo, en ALE^P (véase la figura 3).

Las operaciones de análisis de la señal de ruido, de generación y de ajuste de las señales de contra ruido $y_k(n)$ para todas las rutas k del sistema de reducción de interferencias multi-rutas 21 de acuerdo con la invención pueden integrarse sobre una sola placa de circuitos.

55 La figura 5 representa esquemáticamente un ejemplo de placa de circuitos 30 para un sistema de reducción de interferencias de ruidos multi-rutas que tiene 6 rutas de entrada 300-305, y 4 rutas de salida 306-309. En la entrada de esta placa 30:

- Las rutas 300-303 correspondientes a cuatro señales de error, respectivamente $e_1(n)$ - $e_4(n)$, medidas por cuatro micrófonos de control, respectivamente 310-313, colocados en la burbuja de confort 22;
- La ruta 304 corresponde a la señal de ruido $x(n)$ medida por un micrófono de ruido; y
- La ruta 305 corresponde a una señal que proviene de un potenciómetro 315 que hace posible ajustar los coeficientes de convergencia de retroalimentación y predictivos implicados en los algoritmos LMS usados.

En la salida de esta placa 30:

- Las rutas 306-309 corresponden a cuatro señales de contra ruido, respectivamente $y_1(n)$ - $y_4(n)$, destinadas a ser emitidas por cuatro transductores, 316-319 respectivamente, adecuadamente colocados.

Para cada una de las rutas 300-304, la placa contiene:

- Una etapa de preamplificación 320, que realiza una preamplificación de las señales de cada una de las rutas 300-304, usando preamplificadores 3200-3204;
- Una etapa de ganancia 330, dispuesta a la salida de la etapa 320, y que aplica una ganancia a las señales de cada una de las rutas 300-304 con la ayuda de amplificadores de ganancia ajustables 3300-3304;
- Una etapa 340 de filtración antirrepliegue en la salida de la etapa de ganancia 330, y que realiza una filtración antirrepliegue de las señales de cada una de las rutas 300-304, con la ayuda de filtros antirrepliegue 3400-3404. La frecuencia de muestreo en los filtros 3400-3404 puede ajustarse usando un módulo 3405;
- A la salida de la etapa 340, un multiplexor 31 que realiza un multiplexado de las señales de las rutas 300-304; y
- En la salida del multiplexor 31, un convertidor analógico-digital 32, que realiza una conversión analógica-digital de la señal multiplexada.

Después, la señal digital multiplexada, obtenida en la salida del convertidor 32, se introduce en un procesador 33 de tipo DSP que hace posible realizar para cada ruta las operaciones que se han descrito anteriormente y que se representan esquemáticamente en las figuras 3 y 4. El procesador 33 usado en el ejemplo presente es un procesador Analog Devices de la gama SHARC en acabado industrial por lo tanto resistente a las temperaturas extremas. El código se implementa a través de la interfaz desarrollada por Analog Devices, es decir, el software VisualDSP++, que posee un compilador C de alto nivel. Es posible trabajar en punto flotante o en punto fijo. La frecuencia de muestreo en el procesador es parametrizable, usando un módulo 331, para responder a todos los casos de reducción activa de la energía de una señal acústica.

El DSP 33 se dimensionó para soportar las operaciones inherentes a los algoritmos LMS usados. El DSP puede soportar algoritmos más complejos que los usados ya que está presente una memoria externa 34 en la placa 30, con el fin de satisfacer cualquier coste suplementario en memoria y cálculos.

En el caso de un sistema multi-placa, las diferentes placas pueden vincularse usando líneas de conexión 35. Esta eventualidad se consideró con el fin de poder extender al infinito las aplicaciones de reducción activa de las interferencias de ruidos y de no tener limitaciones debido al procesador 33.

En la salida del procesador 33, la señal digital está compuesta por señales de contra ruido $y_1(n)$ - $y_4(n)$. Esta señal digital se convierte usando un convertidor analógico-digital 36. Después, la señal analógica obtenida entra en un desmultiplexor 37 y experimenta un desmultiplexado. Después del desmultiplexado, las diferentes señales de contra ruido $y_1(n)$ - $y_4(n)$ se separan y se sitúan sobre las rutas de salida 306-309. Antes de ser emitidas por los transductores 316-319, las señales de contra ruido experimentan:

- Un alisado por una etapa de alisado 350 que comprende filtros paso-bajo 3500-3503. La frecuencia de muestreo en los filtros 3500-3503 puede ajustarse usando el módulo 3405;
- Una disminución de ganancia por una etapa de ganancia 360 que comprende amplificadores de ganancia ajustables 3600-3603; y
- Una amplificación de potencia por una etapa de amplificación de potencia 370 que comprende amplificadores de potencia. Esta etapa de amplificación de potencia 370 no tiene que estar situada en la placa 30 como se representa en la figura 5.

La señal de ajuste de los coeficientes de convergencia de retroalimentación y predictivos que provienen del potenciómetro 315 en la ruta 305 experimenta una amplificación por medio de un amplificador 3051 y después una conversión analógica-digital por medio de un convertidor analógico-digital 3052 antes de entrar en el procesador 33. Este coeficiente de convergencia es un factor de ponderación, estrictamente positivo e inferior a 1, aplicado en la actualización en el algoritmo LMS de los coeficientes de los diversos filtros que se han mencionado anteriormente.

Los transductores 316-319 usados en el ejemplo presente son transductores ultrasónicos. Estos transductores ultrasónicos 316-319 tienen un haz de emisión 61 muy reducido, mostrado en la figura 6. Además, los ultrasonidos,

completamente inaudibles en la emisión, se distorsionan según se propagan en el aire y se desplazan en el espectro audible y el volumen en el que se vuelven audibles es completamente predecible.

5 La figura 7 representa esquemáticamente un primer ejemplo de realización del sistema multi-ruta de acuerdo con la invención para la obtención de una burbuja de confort 22 usando los 4 transductores ultrasónicos 316-319 situados adecuadamente sobre una mesa de oficina 71. El posicionamiento de estos transductores no se limita evidentemente únicamente a la oficina. Pueden estar completamente dispuestos alrededor de una abertura, una ventana o una puerta, por ejemplo. La burbuja de confort 22 obtenida está situada sobre la mesa de oficina 71 sustancialmente a un nivel que corresponde al nivel de la cabeza de un usuario.

10 Otra realización del sistema de acuerdo con la invención se esquematiza en la figura 8. Se trata de una cabina 80 destinada a acoger a uno o más usuarios 81 para proporcionarles una zona de reducción de interferencias de ruidos alrededor de su cabeza. Está concebida para instalarse tanto en espacios públicos como en fábricas, y también puede constituir un soporte publicitario.

15 El principio es el siguiente: un gran número de micrófonos de ruido 82 instalados en la estructura de la cabina 81 proporcionan las señales de ruidos, bases para el algoritmo que se ha descrito previamente para calcular las señales de contra ruido propagadas por un gran número de fuentes secundarias 83 instaladas en la cabina 80. Una red de micrófonos de control 84, alrededor de la cual se encuentra la burbuja de confort, permite la adaptación en tiempo real de los filtros que se han descrito anteriormente. Los paneles de visualización 85 permiten la visualización de la información, tal como publicidad. La cabina 80 comprende uno o más asientos o bancos 86 que permiten al usuario 81 sentarse.

20 La ventaja de una integración de este tipo de la burbuja confort es que se mezclan en las funciones de baja frecuencia del control activo se combinan con la eficacia conocida de los tratamientos acústicos por materiales pasivos con los que la estructura y la cabina del aislamiento está revestida. De este modo, se obtiene una atenuación completamente satisfactoria y homogénea sobre el conjunto del espectro de ruido.

25 Por supuesto, la invención no se limita a los ejemplos de solicitudes que se acaban de describir y pueden aplicarse a la reducción de la energía de cualquier señal acústica en una zona determinada.

30

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de reducción activa al nivel de una zona (22) determinada de la energía de una señal acústica ($d_k(n)$), llamada señal de ruido propagado, generada en dicha zona (22) por una señal primaria ($x_k(n)$), llamada señal de ruido, comprendiendo dicho procedimiento una emisión, por medios de emisión, de al menos de una señal de contra ruido ($y_k(n)$) que comprende al menos una primera denominada señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$), que contrarresta dicha señal de ruido propagado ($d_k(n)$), comprendiendo también dicho procedimiento al menos una iteración de las siguientes operaciones:
- 10 - medida, por medios de medición dispuestos al nivel de dicha zona determinada (22), de una denominada señal de error ($e_k(n)$), representando la información sobre la eficacia de la reducción de la energía de la señal de ruido propagado ($d_k(n)$) en dicha zona (22);
- 15 - modelación, por al menos un primer filtro ($\hat{S}_{kk}(z)$), de un camino acústico directo (S_{kk}), llamado camino secundario, entre dichos medios de emisión de la señal de contra ruido ($y_k(n)$) y dichos medios de medición de dicha señal de error ($e_k(n)$);
- 20 - detección de al menos un componente periódico de dicha señal de ruido propagado ($d_k(n)$) por el análisis de una señal de ruido propagado ($d_k(n)$) estimado a partir de, por una parte, la señal de error ($e_k(n)$) y, por otra parte, la señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$) tratada por el primer filtro ($\hat{S}_{kk}(z)$), proporcionando dicha detección dicho componente periódico; y
- ajuste de dicha señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$) en función de dicho componente periódico detectado, de dicha señal de error ($e_k(n)$) y de dicho camino secundario modelado ($\hat{S}_{kk}(z)$).
- 25 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende además un filtrado banda-paso de la señal de ruido propagado estimado ($d_k(n)$), en la frecuencia de todos o algunos de los componentes periódicos detectados, proporcionando dicho filtrado una denominada señal de referencia ($d'_k(n)$).
- 30 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** el ajuste de la señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$) comprende un ajuste de al menos un coeficiente de un segundo filtro de respuesta impulsional finita ($W_{kk}^{fbk}(z)$), proporcionándose dicho segundo filtro para ajustar dicha señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$) en función de la señal de referencia ($d'_k(n)$) filtrada por una tercera amplitud de filtro de respuesta impulsional finita ($1/\hat{S}_{kk}(z)$) modelando la inversa del camino secundario.
- 35 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** al lo menos un coeficiente del segundo filtro ($W_{kk}^{fbk}(z)$) está ajustado por un algoritmo del tipo algoritmo de minimización según el criterio de mínimos cuadrados (LMS) en función de la señal de referencia ($d'_k(n)$) procesado previamente por el primer filtro ($\hat{S}_{kk}(z)$), de la señal de error ($e_k(n)$) que ha experimentado previamente una filtración banda-paso en la frecuencia de todos o algunos de los componentes periódicos detectados y de un denominado coeficiente de convergencia de retroalimentación.
- 40 5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la señal de contra ruido ($y_k(n)$) también comprende una denominada señal de contra ruido predictiva ($y_{fwd_k}(n)$), ajustada en función de la señal de error ($e_k(n)$), de la señal de ruido ($x_k(n)$) medida por medios de medición (314).
- 45 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** también comprende una modelación de amplitud de la inversa del camino secundario (S_{kk}) por al menos un cuarto filtro de respuesta impulsional finita ($1/S_{kk}(z)$).
- 50 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** el ajuste de la señal de contra ruido predictiva ($y_{fwd_k}(n)$) comprende un ajuste de al menos un coeficiente de un quinto filtro de respuesta impulsional finita ($W_{kk}^{fwd}(z)$), proporcionándose dicho quinto filtro para ajustar dicha señal de contra ruido predictiva ($y_{fwd_k}(n)$) en función de la señal de ruido ($x_k(n)$) tratada por el cuarto filtro ($1/\hat{S}_{kk}(z)$).
- 55 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** al menos un coeficiente del quinto filtro ($W_{kk}^{fwd}(z)$) está ajustado por un algoritmo del tipo algoritmo de mínimos cuadrados (LMS) en función de la señal de error ($e_k(n)$), de señal de ruido medido ($x_k(n)$) tratada previamente por un sexto filtro ($\hat{S}_{kk}(z)$) modelando el camino secundario (S_{kk}) y de un denominado coeficiente de convergencia predictivo.
- 60 9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** se usa para atenuar al menos una señal de ruido propagado ($d_k(n)$) por la emisión de una pluralidad de señales de contra ruido ($y_1(n)$ - $y_4(n)$) por una pluralidad de medios de emisión (316-319).
- 65 10. Sistema de reducción activa, en una zona determinada (22), de la energía de una señal acústica ($d_k(n)$), denominada señal de ruido propagado, generada en dicha zona (22) por una señal primaria ($x_k(n)$), denominada señal de ruido, por la emisión de al menos una señal de contra ruido ($y_k(n)$) que comprende al menos una denominada primera señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$), contrarrestando dicha señal de ruido propagado ($d_k(n)$) en la zona determinada (22), comprendiendo dicho sistema:

- medios (316-319) para transmitir la señal de contra ruido ($y_k(n)$);
 - medios (310-313) de medición, en dicha zona determinada (22), una denominada señal de error ($e_k(n)$), que representa información sobre la eficacia de la reducción de la energía de dicha señal de ruido propagado ($d_k(n)$);
 - 5 - al menos un primer filtro ($\hat{S}_{kk}(z)$) para modelar un camino acústico directo (S_{kk}), denominado camino secundario, entre dichos medios de emisión (316-319) de la señal de contra ruido ($y_k(n)$) y dichos medios de medición (310-313) de dicha señal de error ($e_k(n)$);
 - medios (213) para estimar la señal de ruido propagado ($d_k(n)$) a partir de, por una parte, la señal de error ($e_k(n)$) y, por otra parte, la señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$) tratada por el primer filtro ($\hat{S}_{kk}(z)$), proporcionando dicho medio (213) una señal de ruido propagado estimado ($de_k(n)$);
 - 10 - medios (214) para detectar y proporcionar al menos un componente periódico de dicha señal de ruido propagado ($d_k(n)$) mediante el análisis de dicha señal de ruido propagado estimado ($de_k(n)$); y
 - medios para ajustar dicha señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$) en función de dicho componente periódico detectado, de dicha señal de error ($e_k(n)$) y de dicho camino secundario modelado ($\hat{S}_{kk}(z)$).
11. Sistema de acuerdo la reivindicación 10, **caracterizado por que** los medios (316-319) para transmitir la señal de contra ruido ($y_k(n)$) comprenden transductores ultrasónicos que tienen un haz de emisión (61) reducido.
- 20 12. Sistema de acuerdo una cualquiera de las reivindicaciones 10 ú 11, **caracterizado por que** también comprende medios para la filtración banda-paso (214) de la señal de ruido propagado estimado ($de_k(n)$) en la frecuencia de todos o algunos de los componentes periódicos detectados, proporcionando dichos medios de filtración una señal de referencia ($d'_k(h)$).
- 25 13. Sistema de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** los medios para ajustar la señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$) comprenden al menos un segundo filtro de respuesta impulsional finita ($W^{fbk}_k(z)$) previsto para ajustar dicha señal de contra ruido de retroalimentación ($y_{fbk_k}(n)$) en función de la señal de referencia ($d'_k(n)$) filtrada por un tercer filtro ($1/\hat{S}_{kk}(z)$) modelando por amplitud la inversa del segundo camino.
- 30 14. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado por que** la señal de contra ruido ($y_k(n)$) comprende una segunda denominada señal de contra ruido predictiva ($y_{fwd_k}(n)$), comprendiendo también el sistema medios para ajustar dicha señal de contra ruido predictiva ($y_{fwd_k}(n)$) en función de la señal de error ($e_k(n)$) y de la señal de ruido ($x_k(n)$).
- 35 15. Sistema de acuerdo la reivindicación 14, **caracterizado por que** comprende además un cuarto filtro de respuesta impulsional finito ($1/\hat{S}_{kk}(z)$), dispuesto para modelar en amplitud la inversa del camino secundario.
- 40 16. Sistema de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado por que** comprende además un quinto filtro ($W^{fwd}_k(z)$), previsto para ajustar la señal de contra ruido predictivo ($y_{fwd_k}(n)$), en función de la señal de ruido ($x_k(n)$) tratada por el cuarto filtro ($1/\hat{S}_{kk}(z)$).
17. Sistema de acuerdo una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, **caracterizado por que** comprende además una pluralidad de medios de emisión (316-319) de una pluralidad de señales de contra ruido ($y_1(n)$ - $y_4(n)$).

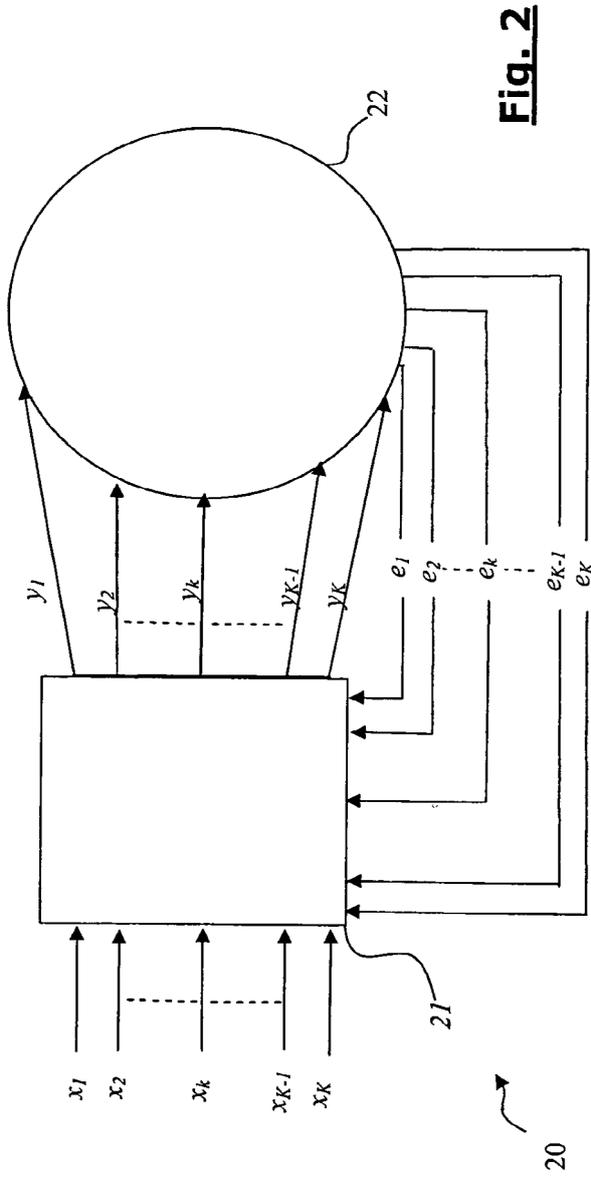
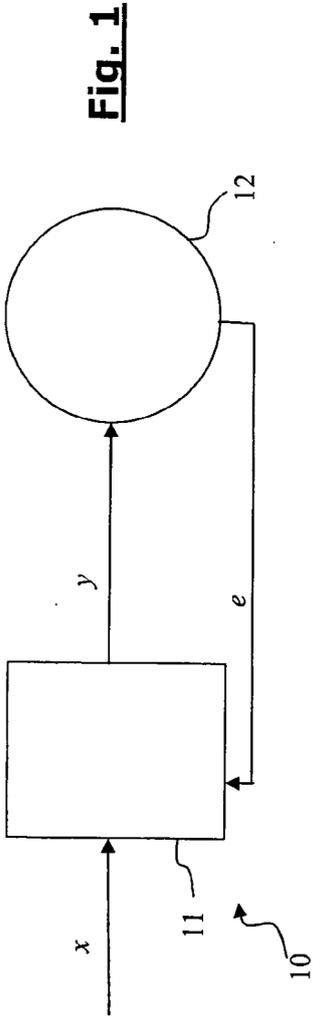
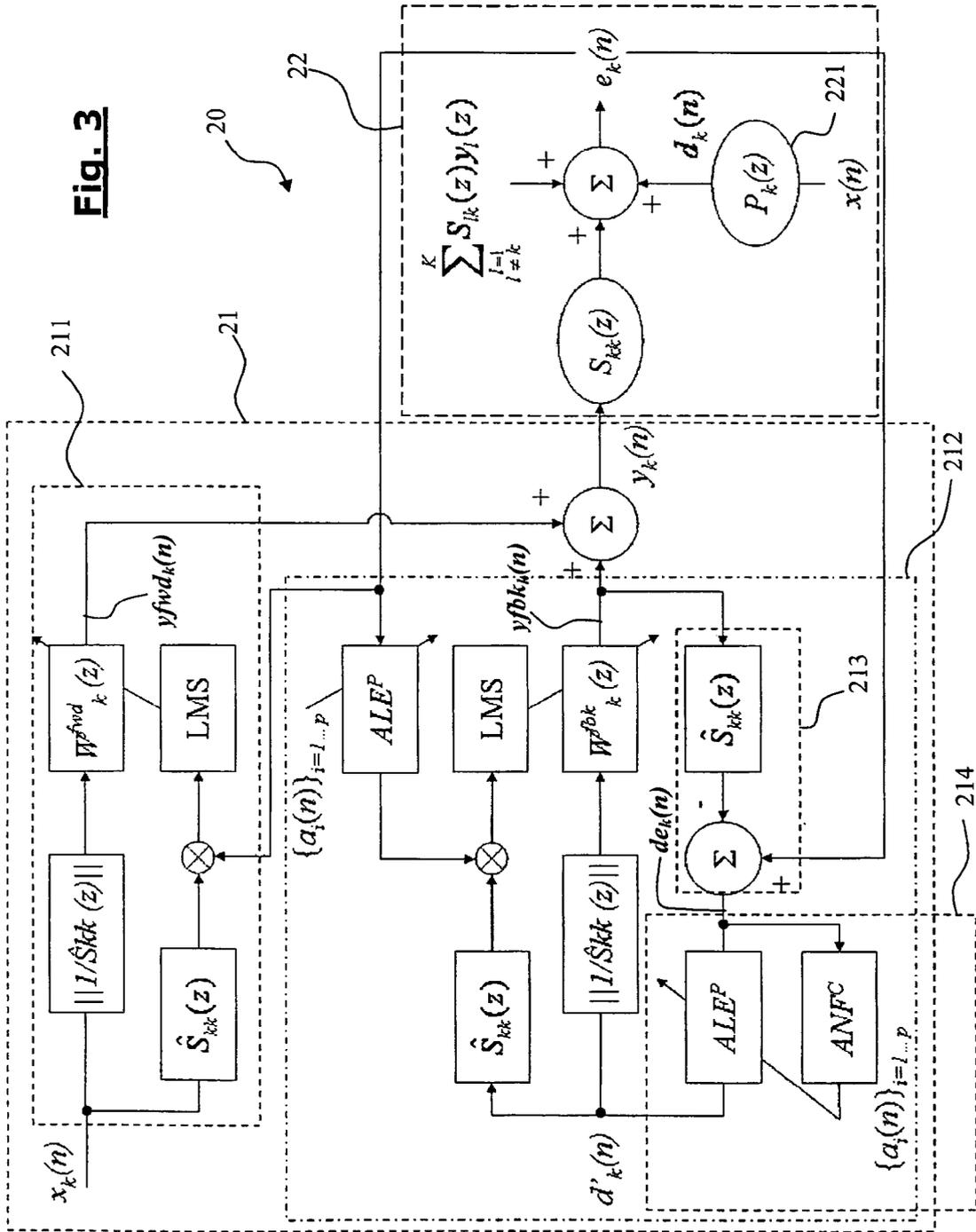


Fig. 3



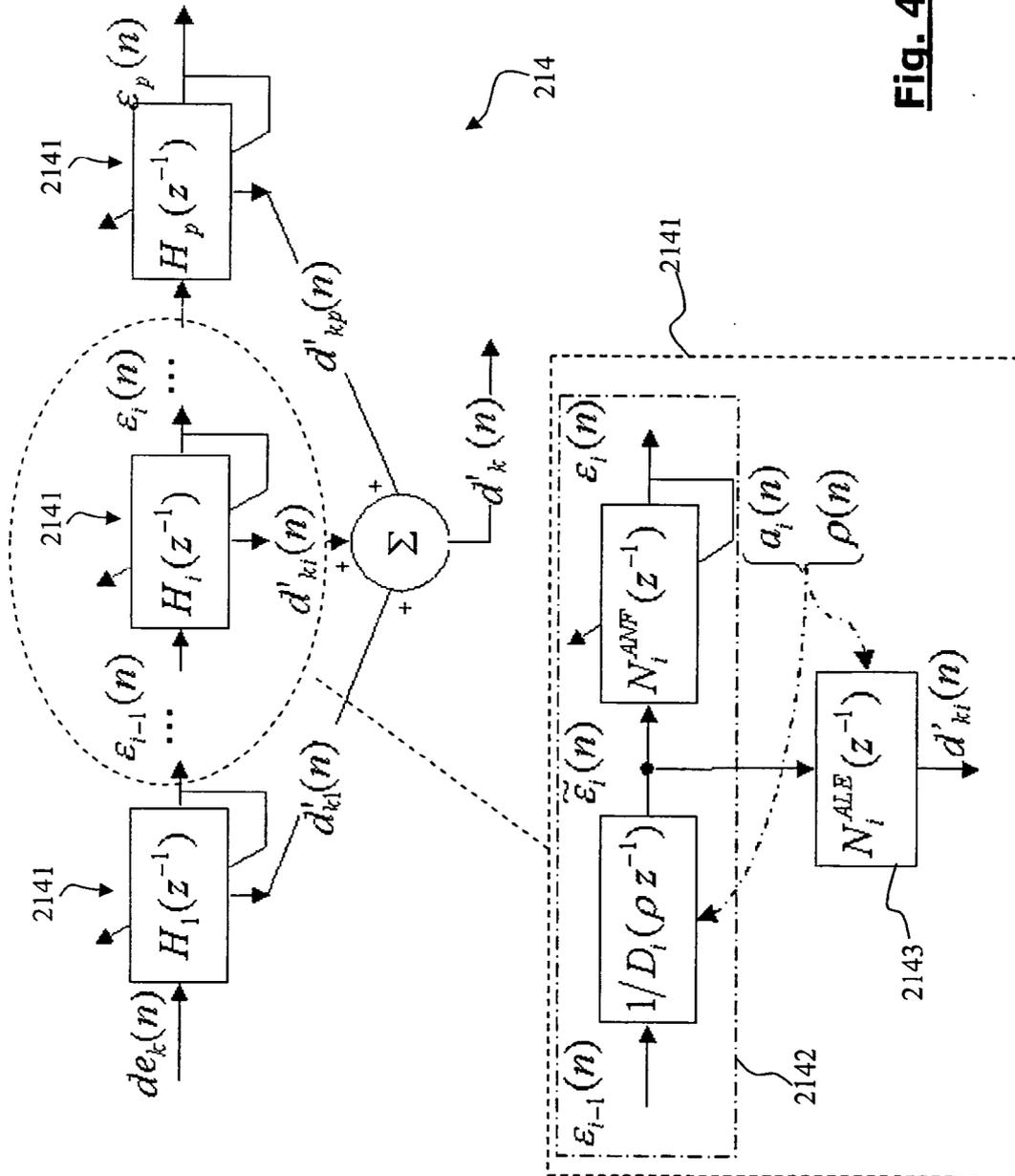


Fig. 4

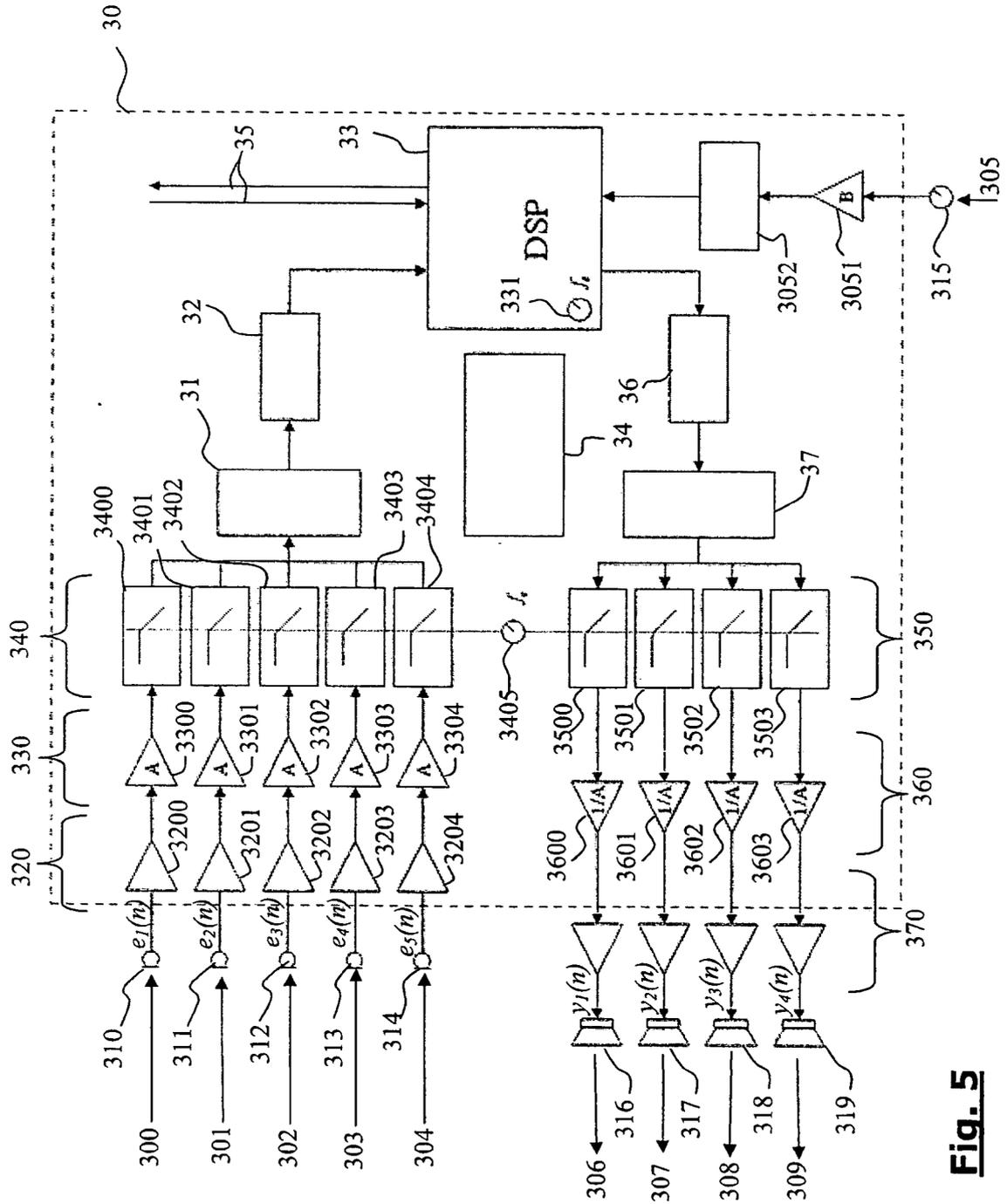


Fig. 5

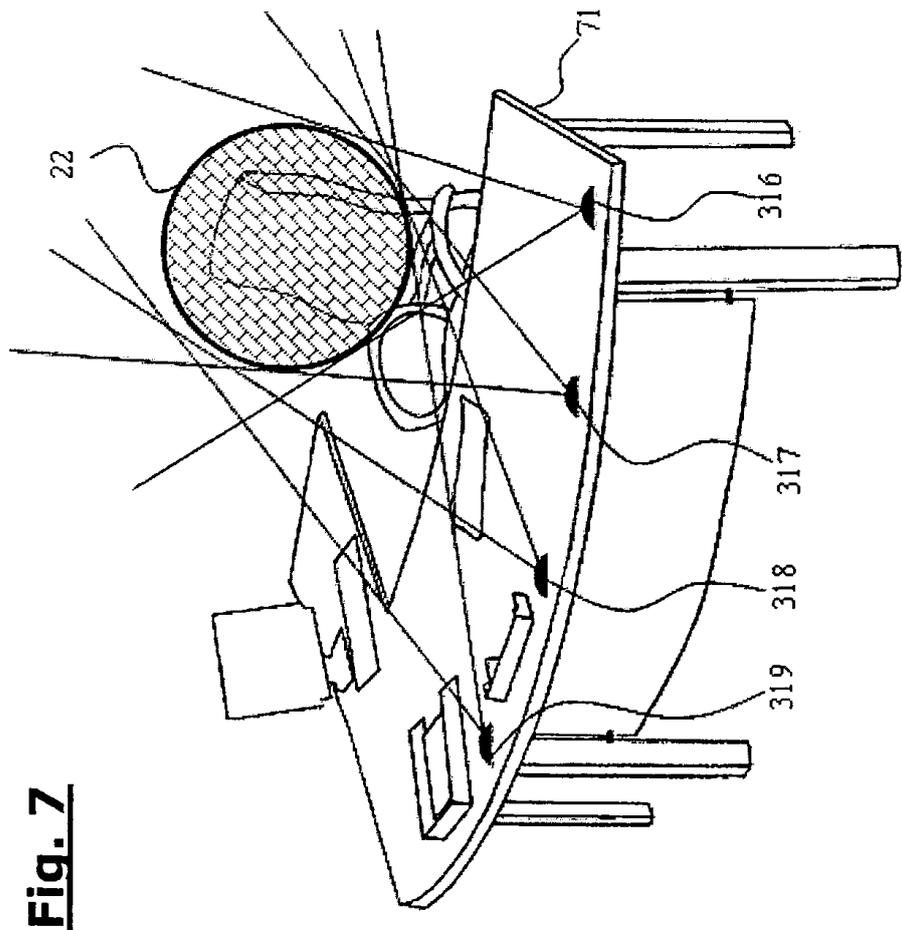


Fig. 7

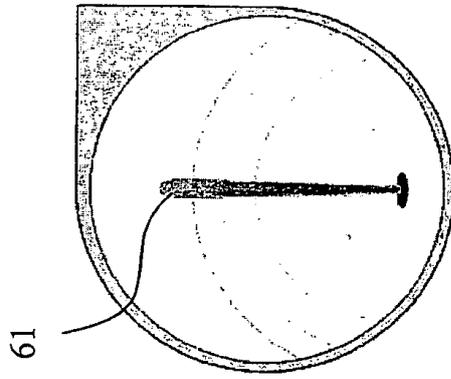


Fig. 6

