

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 519**

51 Int. Cl.:

G10L 21/0208 (2013.01)

H04R 3/00 (2006.01)

H04R 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.06.2006 PCT/EP2006/005347**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2007 WO07140799**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2006 E 06754127 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 2030200**

54 Título: **Extracción de Señal Ciega**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.02.2018

73 Titular/es:
**EXAUDIO AB (100.0%)
MOGATAN 101
431 64 MOLNDAL, SE**

72 Inventor/es:
**GRBIC, NEDELKO;
CLAESSON, INGVAR y
ERIKSSON, PER**

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 654 519 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

Extracción de Señal Ciega

Campo técnico

5 La presente invención concierne a un procedimiento adaptativo de extracción de al menos una de señales de ondas electro magnéticas deseadas, señales de ondas acústicas o cualquier otra señal y supresión de otro ruido y señales de interferencia para producir señales mejoradas de una mezcla de señales. Además, la invención expone un aparato para realizar el procedimiento.

Antecedentes de la técnica

10 Algoritmos de extracción (o mejora) de señal, en general, se dirigen a la creación de versiones favorables de señales recibidas mientras al mismo tiempo atenúan o cancelan otras señales de fuente no deseadas mediante un conjunto de transductores/sensores. Los algoritmos pueden operar en datos de sensor único produciendo una o varias señales de salida o puede operar en datos de múltiples sensores produciendo una o varias señales de salida. Un sistema de extracción de señal puede ser o bien un sistema no adaptativo fijo que mantiene las mismas propiedades independientemente de las variaciones de señal de entrada o puede ser un sistema adaptativo que puede cambiar sus propiedades a base de las propiedades de los datos recibidos. La operación de filtrado, cuando se detiene la parte adaptativa de los parámetros estructurales, puede ser o bien lineal o no lineal. Adicionalmente, la operación puede ser dependiente de los dos estados, señal activa y señal no activa, es decir la operación depende de detección de actividad de señal.

20 Con respecto a por ejemplo extracción de voz, se reconocen dominios físicos y por lo tanto se considerarán cuando se reconstruya la voz en un ambiente ruidoso. Estos dominios pertenecen a selectividad de tiempo por ejemplo apareciendo en accionador/sustracción espectral/TDMA (Acceso Múltiple por División en el Tiempo) de voz y otros. El dominio de selectividad de frecuencia comprende filtrado de Wiener/filtrado de muesca/FDMA (Acceso Múltiple por División en Frecuencia) y otros. El dominio de selectividad espacial se refiere a BF (Conformación de Haces) de Wiener/BSS (Separación de Señal Ciega)/MK (Curtosis Máxima/Mínima)/GSC (Cancelador de Lóbulos Laterales Generalizado)/LCMV (Varianza Mínima Linealmente Restringida)/SDMA (Acceso Múltiple por División del Espacio) y otros. Otro dominio existente es el dominio de selectividad de código que incluye por ejemplo procedimiento CDMA (Acceso Múltiple por División de Código), que de hecho es una combinación del dominio físico anteriormente mencionado.

30 Ninguna investigación científica o descubrimiento ha sido todavía capaz de combinar selectividad de tiempo, selectividad de frecuencia y selectividad espacial en mejorar/extraer señales deseadas en un ambiente ruidoso. Especialmente, una combinación de este tipo no se ha llevado a cabo sin las asunciones previas o conocimiento espacial acerca del ambiente en el que se consigue la extracción de señal. Por lo tanto, extracción de señal completamente automática adaptativa sería apreciada por los expertos en la técnica.

35 La extracción de señal completamente automática se encuentra especialmente con los siguientes problemas; se desconoce la inter geometría de sensor y fuente y es cambiante; se desconoce el número de fuentes deseadas; fuentes de ruido ambiente tienen propiedades espectrales desconocidas; características de sensor no son ideales y cambian debido al envejecimiento; restricciones de complejidad; necesita operar también en escenarios de alto ruido.

40 Un trabajo publicado anteriormente en el campo técnico de extracción de voz es "BLIND SEPARATION AND BLIND DECONVOLUTION: AN INFORMATION-THEORETIC APPROACH" de Anthony J. Bell y Terrence J. Sejnowski, en Laboratorio de Neurobiología Computacional, El Instituto Salk, 10010 N. Torrey Pines Road, La Jolla, California 92037, 0-7803-2431 45/95 4,00 \$ 0 1995 IEEE.

45 Separación ciega y deconvolución ciega son problemas relacionados con aprendizaje no supervisado. En separación ciega, diferente gente hablando, música, etc. se mezclan juntos linealmente mediante una matriz. Nada se conoce acerca de las fuentes o el procedimiento de mezclado. Lo que se recibe es la N superposición de los mismos, $X_1(t)$, $X_2(t)$..., $X_N(t)$. La tarea es por lo tanto recuperar las fuentes originales encontrando una matriz cuadrada W que es una permutación de la inversa de una matriz desconocida, A. El problema también se ha llamado el problema de 'fiesta de cóctel'.

50 Otro trabajo publicado anteriormente en el campo técnico de extracción de señal se refiere a "Blind Signal Separation: Statistical Principles", JEAN-FRANCOIS CARDOSO, ACTAS DEL IEEE, VOL. 86, N.º 10, OCTUBRE DE 1998.

55 Separación de señal ciega (BSS) y análisis de componentes independientes (ICA) son técnicas emergentes de procesamiento de matriz y análisis de datos que se dirige a recuperar señales no observadas o "fuentes" de mezclas observadas (típicamente, la salida de una matriz de sensores), explotando únicamente la asunción de independencia mutua entre las señales. La debilidad de la asunción hace de la misma un enfoque poderoso, pero requiere aventurarse más allá de estadísticas de segundo orden familiares. Los objetivos del documento son revisar

algunos de los enfoques que se ha desarrollado recientemente para abordar este problema, para ilustrar cómo se originan a partir de principios básicos y para mostrar cómo se relacionan entre sí.

BSS-ICA/PCA, ICA es equivalente a PCA no lineal, dependiendo de independencia de salida/falta de correlación. Todas las fuentes de señal necesitan estar activas simultáneamente y los sensores que graban las señales deben igualar o superar en número las fuentes de señal. Además, la BSS existente y sus iguales son únicamente operables en ambientes de bajo ruido.

Aún otro trabajo publicado anteriormente en el campo técnico de extracción de señal se refiere a "BLIND SEPARATION OF DISJOINT ORTHOGONAL SIGNALS: DEMIXING N SOURCES FROM 2 MIXTURES", Jourjine, A.; Rickard, S.; Yzlmaz O.; Actas en Conferencia Internacional de IEEE de 2000 sobre Acústica, Voz y Procesamiento de Señales, Volumen 5, Página(s): 2985 -2988, 5-9 de junio de 2000.

En este artículo científico los autores presentan un procedimiento novedoso para separación ciega de cualquier número de fuentes usando únicamente dos mezclas. El procedimiento se aplica cuando fuentes son (W-) ortogonales disjuntas, es decir, cuando los soportes de la transformada de Fourier (de ventana) de dos señales cualquiera en la mezcla son conjuntos disjuntos. Se muestra que, para mezclas anecoicas de fuentes atenuadas y retardadas, el procedimiento permite la estimación de parámetros de mezcla agrupando relaciones de las representaciones de frecuencia de tiempo de las mezclas. Estimadas de los parámetros de mezcla se usan a continuación para dividir la representación de frecuencia de tiempo de una mezcla para recuperar las fuentes originales. La técnica es válida incluso en el caso cuando el número de fuentes es mayor que el número de mezclas. Los resultados generales se verifican tanto en señales de voz como inalámbricas. Archivos de sonido de muestra pueden encontrarse en:

<http://eleceng.ucd.ie/~srickard/bss.html>.

La desmezcla Ortogonal Disjunta BSS depende de energía de frecuencia de tiempo no solapante en la que el número de sensores >< el número de fuentes. Introduce tonos musicales, es decir distorsión severa de las señales y opera únicamente en ambientes de bajo ruido.

Diagonalización acumulada conjunta BSS, diagonaliza matrices acumuladas de mayor orden y los sensores tienen que superar en número igualar el número de fuentes. Un problema relacionado con la misma es convergencia lenta, así como que únicamente opera en ambientes de bajo ruido.

Un todavía adicional trabajo publicado anteriormente en el campo técnico de extracción de señal se refiere a "ROBUST SPEECH RECOGNITION IN A HIGH INTERFERENCE REAL ROOM ENVIRONMENT USING BLIND SPEECH EXTRACTION", Koutras, A.; Dermatas, E.; Actas en la 14ª Conferencia Internacional de 2002 en Procesamiento de Señal Digital, Volumen 1, Página(s): 167 - 171, 2002.

Este documento presenta un procedimiento novedoso de Extracción de Señal Ciega (BSE) para reconocimiento de voz robusto en un ambiente de sala real con la coexistencia de fuentes distintas de voz interferentes simultáneas. El procedimiento propuesto es capaz de la extracción de la voz del orador objetivo a base de un criterio de curtosis máxima. Experimentos de reconocimiento de fonema exhaustivos han probado la eficiencia de la red propuesta cuando se usa en una situación real de un orador hablando con la coexistencia de diversas fuentes distintas de voz (por ejemplo, música y ruido), logrando una mejora de reconocimiento de fonema de aproximadamente el 23 %, especialmente con grandes interferencias. Adicionalmente, comparación de la red propuestas con redes de Separación de Fuente Ciega (BSS) conocidas, comúnmente usadas en situaciones similares, mostraron complejidad de computación menor y mejor precisión de reconocimiento de la red BSE haciendo la misma ideal para usarse como una interfaz para sistemas ASR (Reconocimiento Automático de la Voz) existentes.

El criterio de curtosis máxima extrae una única fuente con la curtosis más alta y el número de sensores >< el número de fuentes. Sus dificultades se refieren a manipular varios oradores y únicamente opera en ambientes de bajo ruido.

Un todavía adicional trabajo publicado anteriormente en el campo técnico de reconocimiento de señal se refiere a "Robust Adaptive Beamforming Based on the Kalman Filter", Amr El-Keyi, Thiagalingam Kirubarajan y Alex B. Gershman, TRANSACCIONES DE IEEE SOBRE PROCESAMIENTO DE SEÑAL, VOL. 53, N.º 8, AGOSTO DE 2005.

El documento presenta un enfoque novedoso para implementar el conformador de haces de respuesta sin distorsión de varianza mínima (MVDR) robusto. Este conformador de haces es a base de optimización de rendimiento de peor escenario y se ha mostrado que proporciona una excelente solidez contra desajustes arbitrarios pero limitados por norma en el vector de dirección de señal deseada. Sin embargo, los algoritmos existentes para resolver este problema no tienen implementaciones en línea computacionalmente eficientes directas. En este documento se desarrolla un nuevo algoritmo para el conformador de haces MVDR robusto, que es a base del filtro de Kalman restringido y puede implementarse en línea con un coste computacional bajo. El algoritmo muestra tener rendimiento similar que el de la implementación basada en programación de cono de segundo orden original (SOCP) del conformador de haces MVDR robusto. También hay presentes dos modificaciones mejoradas del algoritmo propuesto para explicar adicionalmente ambientes no estacionarios. Estas modificaciones son a base de

conmutación de modelos y técnicas de fusión de hipótesis que mejoran adicionalmente la solidez del conformador de haces contra cambios ambientales rápidos (abruptos).

5 Conformación de haces ciega depende de la localización de orador pasiva junto con conformación de haces convencional (tales como la MVDR) en la que el número de sensores $><$ el número de fuentes. Un problema relacionado con esto es que únicamente opera en ambientes de bajo ruido debido a la localización pasiva.

Aún otros procedimientos de extracción de señales deseadas de una mezcla de señales se desvelan mediante los documentos US-B1-6 408 269 y "Blind speech extraction using subband independent component analysis with scale adjustment function and neural memory", Hanada T et al, TENCON 2004.

Sumario de la invención

10 El nombre de trabajo del concepto subyacente de la presente invención es Extracción de Señal Ciega (BSE). Mientras las ilustraciones y la descripción incluyen mejora de voz como ejemplos y realizaciones de la misma, la invención no se limita a mejora de voz en sí, sino que también comprende detección y mejora de señales electro magnéticas, así como sonido que incluye vibraciones y similares.

15 La operación adaptativa de la BSE de acuerdo con la presente invención depende de la distinción de una o más señal(es) deseada(s) de una mezcla de señales si se separan mediante algún parámetro de distinción (medida), por ejemplo, espacialmente o temporalmente, distinguiéndose habitualmente mediante propiedades estadísticas, la forma de las funciones de distribución de probabilidad estadística (pdf), ubicación en tiempo o frecuencia, etc. o de señales deseadas. Señales con diferentes parámetros distintivos (medidas), tales como forma de las funciones de distribución de probabilidad estadística que las señales deseadas se favorecerán menos en la salida de la operación adaptativa. El principio de extracción de señal fuente en BSE es válido para cualquier tipo de parámetro distintivo (medidas) tales como funciones de distribución de probabilidad estadística, con la condición de que los parámetros, tales como la forma de las funciones de distribución estadística (pdf) de las señales deseadas es diferente de los parámetros, tales como la forma de las funciones de distribución de probabilidad estadística of señales no deseadas. Esto implica que pueden implementarse varias estructuras BSE paralelas de tal manera que pueden extraerse simultáneamente varias señales de fuente con parámetros diferentes, tal como pdf, con las mismas entradas a sensores de acuerdo con la presente invención.

20 La presente invención se dirige a resolver por ejemplo problemas tales como extracción de voz totalmente automática en la que inter geometría de sensor y de fuente se desconoce y es cambiante; el número de fuentes de voz se desconoce; fuentes de ruido ambiente tienen propiedades espectrales desconocidas; características de sensor no son ideales y cambian debido al envejecimiento; restricciones de complejidad; necesita operar también en escenarios de alto ruido y otros problemas mencionados. Por lo tanto, en el caso de extracción de voz, la presente invención proporciona un procedimiento y un aparato que extrae todas las señales de fuente de voz distintas a base de únicamente propiedades de voz independientes de orador (forma de distribución estadística).

25 La BSE de la presente invención proporciona un puñado de propiedades deseables tales como ser un algoritmo adaptativo; capaz de operar en el dominio de selectividad de tiempo y/o el dominio espacial y/o el dominio temporal; capaz de operar en cualquier número (> 0) de transductores/sensores; su operación no depende de detección de actividad de señal. Además, no se requiere conocimiento previo de inter geometrías de fuente y/o sensor para la operación de la BSE y su operación no requiere una matriz de transductor/sensor calibrada. Otra propiedad deseable de la operación BSE es que no depende de la independencia estadística de las fuentes o falta de correlación estadística de la salida producida.

30 Adicionalmente, la BSE no necesita ninguna señal de matriz pregrabada o estimaciones de parámetro extraídas del ambiente actual ni depende de ninguna señal o estimación de parámetro extraída de fuentes actuales. La BSE puede operar satisfactoriamente en ambientes SNIR (relación de señal a ruido con interferencia) positivos así como negativos y su operación incluye la des-reverberación de señales recibidas.

35 Para lograr las ventajas anteriormente mencionadas y otras, la presente invención expone un procedimiento adaptativo de extracción de al menos una de señales de ondas electro magnéticas y señales de ondas acústicas deseadas y supresión de ruido y señales de interferencia para producir señales mejoradas de una mezcla de señales de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas. Se aprecia que el aparato se adapta para realizar realizaciones relacionadas con el procedimiento anteriormente descrito, como es evidente a partir del conjunto adjunto de reivindicaciones de aparato dependientes.

40 La BSE se describe esquemáticamente desde ahora en el contexto de mejora de voz en propagación de onda acústica en la que señales de voz son señales deseadas y ruido y otras señales de interferencia son señales de fuente no deseadas.

Breve descripción de los dibujos

55 Desde ahora se hace referencia a los dibujos adjuntos junto con ejemplos dados y realizaciones descritas para una mejor comprensión de la presente invención, en los que:

la **Figura 1** ilustra esquemáticamente dos escenarios para voz y ruido de acuerdo con la técnica anterior;
las Figuras 2a-c ilustran esquemáticamente un ejemplo de selectividad de tiempo de acuerdo con la técnica anterior;
la Figura 3 ilustra esquemáticamente un ejemplo de cómo se manipula la selectividad temporal utilizando un filtro digital de acuerdo con la técnica anterior;
las Figuras 4a y 4b ilustran esquemáticamente selectividad espacial de acuerdo con la técnica anterior;
las Figuras 5a y 5b ilustran esquemáticamente dos señales resultantes de acuerdo con la selectividad espacial de las Figuras 4a y 4b;
la Figura 6 ilustra esquemáticamente cómo se recogen espacialmente señales de sonido mediante tres micrófonos de acuerdo con la técnica anterior;
la Figura 7 ilustra esquemáticamente una vista general de esquema de trama de tiempo de extracción de señal ciega de acuerdo con la presente invención;
la Figura 8 ilustra esquemáticamente un esquema de trama de tiempo de descomposición de señal de acuerdo con la presente invención;
la Figura 9 ilustra esquemáticamente un filtrado realizado para producir una salida en el dominio de transformada de acuerdo con la presente invención;
la Figura 10 ilustra esquemáticamente una transformada inversa para producir una salida de acuerdo con la presente invención;
la Figura 11 ilustra esquemáticamente selectividad de tiempo, temporal y espacial utilizando una matriz de coeficientes de filtro de acuerdo con la presente invención; y
las Figuras 12a-c ilustran esquemáticamente diagramas gráficos BSE en el dominio temporal de filtrado de pdf:s de las señales deseadas de pdf:s de las señales no deseadas de acuerdo con la presente invención.
la Figura 13 ilustra esquemáticamente un diagrama gráfico de filtrado de señales deseadas de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

La presente invención describe la BSE (Extracción de Señal Ciega) de acuerdo con la presente invención en términos de su principio fundamental, operación y selección/notación de parámetro algorítmico. Por lo tanto, proporciona un procedimiento y un aparato que extrae todas las señales deseadas, ejemplificadas como fuentes de voz en las Figuras adjuntas, a base de únicamente las diferencias en la forma de las funciones de densidad de probabilidad entre las señales de fuente deseadas y señales de fuente no deseadas, tales como ruido y otras señales de interferencia.

La BSE proporciona un puñado de propiedades deseables tales como como ser un algoritmo adaptativo; capaz de operar en el dominio de selectividad de tiempo y/o el dominio espacial y/o el dominio temporal; capaz de operar en cualquier número (> 0) de transductores/sensores; su operación no depende de detección de actividad de señal. Además, no se requiere conocimiento previo de inter geometrías de fuente y/o sensor para la operación de la BSE y su operación no requiere una matriz de transductor/sensor calibrada. Otra propiedad deseable de la operación BSE es que no depende de la independencia estadística de las señales de fuente o falta de correlación estadística de las señales de salida producidas.

Adicionalmente, la BSE no necesita ninguna señal de matriz pregrabada o estimaciones de parámetro extraídas del ambiente actual ni depende de ninguna señal o estimación de parámetro extraída de fuentes actuales. La BSE puede operar satisfactoriamente en ambientes SNIR (relación de señal a ruido con interferencia) positivos así como negativos y su operación incluye la des-reverberación de señales recibidas.

Existen numerosas aplicaciones para el procedimiento BSE y aparato de la presente invención. La operación BSE puede usarse para diferentes aplicaciones de extracción de señal. Estas incluyen, pero sin limitación mejora de señal en campos acústicos aéreos por ejemplo teléfonos personales, tanto móviles como fijos, dispositivos de comunicación de radio personales, audífonos, teléfonos para reuniones, dispositivos para comunicación personal en ambientes ruidosos, es decir, el dispositivo se combina entonces con protección auditiva, herramientas de análisis de ultrasonido médicas.

Otra aplicación de la BSE se refiere a mejora de señal en campos electromagnéticos por ejemplo matrices de telescopios, por ejemplo, para vigilancia cósmica, comunicación de radio, Detección y Localización por Radio (Radar), herramientas de análisis médicas.

Una aplicación adicional presenta mejora de señal en campos submarinos acústicos por ejemplo comunicación submarina acústica, Navegación y Localización por Sonido (Sonar).

Adicionalmente, otras posibles aplicaciones son mejora de señal en campos de vibración por ejemplo detección y predicción de terremotos, análisis volcánicos, análisis de vibración mecánica.

Otro posible campo de aplicación es mejora de señal en campos de ondas marinas por ejemplo detección de tsunami, análisis de corrientes marinas, análisis de temperatura marina, análisis de salinidad marina.

La Figura 1 ilustra esquemáticamente dos escenarios para voz y ruido de acuerdo con la técnica anterior. La mitad

superior de la Figura 1 representa una fuente 10 de sonido (persona) grabada mediante un micrófono/sensor/transductor 12 a una distancia corta y mezclada con sonido, indicado como una flecha apuntando al micrófono 12. Por lo tanto, voz + ruido se graba mediante el micrófono 12 y la relación señal-ruido (SNR) iguala $SNR = x$ [dB]. La mitad inferior de la Figura 1 representa una persona 10 como fuente de sonido a grabar, extraída, a una distancia R del micrófono/sensor/transductor 12. Ahora el sonido grabado es α voz + ruido en la que α^2 es proporcional a $1/R^2$ y la SNR iguala $x + 10 \cdot \log_{10} \alpha^2$ [dB].

La Figura 2a-c ilustra esquemáticamente diferentes ejemplos de selectividad de tiempo de acuerdo con la técnica anterior. Un micrófono 12 observa $x(t)$ que contiene una señal de fuente deseada añadida con ruido. La figura 2a ilustra un conmutador 14 que puede encenderse en la presencia de voz y puede apagarse en todos los demás periodos de tiempo. La figura 2b ilustra una función multiplicativa $\alpha(t)$ que puede tomar cualquier valor entre 1 y 0. Este valor puede controlarse mediante el patrón de actividad de la señal de voz y por lo tanto se convierte en un conmutador lógico adaptativo.

La Figura 2c ilustra una transformación de banco de filtros antes de un conjunto de conmutadores lógicos adaptativos en el que cada conmutador opera en su señal de sub-banda de banda estrecha individual. La salida de sub-banda resultante se reconstruye entonces mediante un banco de filtro de síntesis para producir la señal de salida.

La Figura 3 ilustra esquemáticamente un ejemplo de cómo la selectividad temporal, es decir, señales con diferente periodicidad en tiempo se tratan de forma diferente, se manipula utilizando un filtro digital 30 de acuerdo con la técnica anterior. El filtro aplica el operador de retardo de unidad, indicado mediante el símbolo z^{-1} . Cuando se aplica a una secuencia de valores digitales, este operador proporciona el valor anterior en la secuencia. Por lo tanto, en efecto introduce un retardo de un intervalo de muestra. Aplicando el operador z^{-1} a un valor de entrada (x_n) da la entrada anterior (x_{n-1}). La salida de filtro $y(n)$ se describe mediante la fórmula en la Figura 3. Las propiedades del filtro digital se definen mediante selección apropiada de los parámetros a_k y b_k .

Las Figuras 4a y 4b esquemáticamente ilustran problemas relacionados con selectividad espacial de acuerdo con la técnica anterior y las Figuras 5a y 5b esquemáticamente ilustran dos señales resultantes de acuerdo con la selectividad espacial de las Figuras 4a y 4b.

Las flechas en las Figuras 4a y 4b indican la propagación de dos ondas 40, 42 idénticas en la dirección desde una fuente de señales en frente de dos micrófonos 12 y dos ondas 44, 46 idénticas en un ángulo con los micrófonos 12. En la Figura 4a las ondas en una dirección espacial en frente de los micrófonos están en fase. Como las ondas 40, 42 están en fase y se transmiten desde la misma distancia a la misma frecuencia; la amplitud de la señal recogida se añade a la suma de ambas amplitudes, proporcionando en el presente documento una señal de salida del doble de la amplitud de las ondas 40, 42 como se representa en la Figura 5a.

Las dos ondas 44, 46 en la Figura 4b también están en fase, pero tienen que viajar una diferencia de longitudes de media onda para alcanzar cada micrófono 12 cancelándose por lo tanto entre sí cuando se añaden como se representa en la Figura 5b.

Este simple ejemplo de las Figuras 4a-4b y las Figuras 5a-5b proporciona un vistazo de las dificultades encontradas cuando se extrae una señal deseada. Un problema real con por ejemplo voz y ruido, selectividad temporal y de tiempo, diferentes distancias desde fuentes a micrófonos 12 y múltiples frecuencias indica lo extremadamente difícil e importante que es proporcionar un procedimiento BSE, que no necesita ninguna señal de matriz pregrabada o estimaciones de parámetro extraídas del ambiente actual ni depende de ninguna señal o estimación de parámetro extraída de fuentes actuales.

La Figura 6 ilustra esquemáticamente cómo se recogen espacialmente señales de sonido mediante tres micrófonos desde todas direcciones en la que los micrófonos 12 captan señales tanto de voz como ruido en todos los dominios mencionados.

Ahora con referencia a la Figura 7, esto ilustra esquemáticamente una vista general de esquema de trama de tiempo de extracción de señal ciega de acuerdo con la presente invención. La BSE 70 opera en señales de entrada de número "I", muestreadas espacialmente de un campo de propagación de onda físico usando transductores/sensores/micrófonos 12, creando señales de salida de número P que suministran un conjunto de transductores inversos/sensores inversos de tal forma que se crea otro campo de propagación de onda físico. El campo de propagación de onda creado se caracteriza por el hecho de que niveles de señal deseada son significativamente más altos que los niveles de señal de señales no deseadas. El campo de propagación de onda creado puede mantener las características espaciales del campo de propagación de onda originalmente muestreado espacialmente o puede alterar las características espaciales de tal forma que las fuentes originales aparecen como que se originan desde diferentes ubicaciones en relación a sus ubicaciones físicas reales.

La BSE 70 de la presente invención opera como se describe a continuación, con lo que un objetivo de la operación de Extracción de Señal Ciega (BSE) es producir señales mejoradas que se originan, parcial o totalmente, desde fuentes deseadas con correspondientes funciones de densidad de probabilidad (pdf:s) mientras que atenúan o

cancelan señales que se originan, parcial o totalmente, desde fuentes no deseadas con correspondientes pdf:s. Un requisito para que esto suceda es que las formas de pdf no deseadas son diferentes que las formas de las pdf deseadas.

5 La Figura 8 ilustra esquemáticamente un esquema de trama de tiempo de descomposición de señal de acuerdo con la presente invención. Los datos recibidos $x(t)$ se recogen mediante un conjunto de transductores/sensores 12. Cuando los datos recibidos son analógicos en naturaleza se convierten a forma digital mediante conversión 12 analógica a digital (ADC) (esto se consigue en la etapa 1 en el procedimiento/procedimiento/algorithm descrito a continuación). Los datos se transforman a continuación en sub-bandas $x_i^{(k)}(n)$ mediante una transformación, etapa 2 en el procedimiento descrito a continuación. Esta transformación 82 es de tal forma que las señales disponibles en la representación digital se subdividen en señales de sub-banda de ancho de banda más pequeñas o iguales $x_i^{(k)}(n)$. Estas señales de sub-banda se filtran correspondientemente mediante un conjunto predeterminado de filtros 90 de sub-banda que produce un número de señales de salida $y_p^{(k)}(n)$ de señales de sub-banda añadidas 92 en el que cada una de las señales de salida favorece señales con una forma de pdf específica, etapa 3-9 en el procedimiento descrito a continuación.

15 Como se representa en la Figura. 10, estas señales de salida $y_p^{(k)}(n)$ se reconstruyen mediante una transformación 100 inversa, etapa 10 en el procedimiento descrito a continuación. Cuando se requieren señales analógicas se realiza una conversión 102 digital a analógica (DAC), etapa 11 en el procedimiento descrito a continuación.

20 El núcleo de operación, como el ejemplo proporcionado a través de la Figura 11, es que cada etapa, es decir para cada trama de tiempo de datos 110 de entrada, que sigue a una etapa de transformación de sub-banda de canal múltiple, los coeficientes 112 de filtro, mostrados como una matriz de coeficientes de filtro, se actualizan en cada sub-banda de tal forma que todas las señales se atenúan y/o amplifican. En 114, las señales de salida se reconstruyen mediante una transformación inversa.

25 En el caso cuando todas las señales se atenúan, se consigue de una forma tal que las señales con forma deseada de las pdf se atenúan menos que todas las demás señales. En el caso cuando todas las señales se amplifican, las señales con la forma deseada de las pdf se amplifican más que todas las demás señales. Esto conduce a un principio en el que los coeficientes de filtro en cada sub-banda se adaptan ciegamente para mejorar ciertas señales, en el dominio de selectividad de tiempo y en el temporal, así como el dominio espacial, definido mediante la forma de sus correspondientes pdf.

30 Cuando las formas de los pdf no deseados son significativamente diferentes de los pdf de las señales deseadas, entonces la correspondiente atenuación/amplificación es significativamente mayor. Esto conduce a un principio en el que fuentes con pdf más alejadas de las pdf deseadas reciben más grados de libertad (atención) para alterarse. La atenuación/amplificación se realiza en las etapas 3-4. Cuando las señales de salida se crean de tal forma que están más cerca de la forma deseada forma de las pdf, el criterio de error (etapa 4) será menor. La optimización por lo tanto se logra para minimizar el criterio de error para cada señal de salida. Los coeficientes de filtro se actualizan a continuación en la etapa 5. También existe una necesidad para corregir el nivel de las señales de salida debido al cambio en nivel de señal desde el procedimiento de atenuación/amplificación. Esto se realiza en las etapas 6 y 7. Ya que cada sub-banda se actualiza de acuerdo con el procedimiento anteriormente descrito automáticamente conduce a un filtrado espectral, en el que sub-bandas con mayor contribución de energía de señal no deseada se atenúan más.

40 Si los coeficientes de filtro se dejan sin restricciones posiblemente pueden caer hacia cero o pueden crecer sin control. Por lo tanto, es necesario restringir los coeficientes de filtro mediante una limitación entre un valor de norma mínimo y máximo. Para este fin existe una amplificación de coeficiente de filtro hecha cuando las normas de coeficiente de filtro son menores que un valor permitido mínimo (extracción global) y una atenuación de coeficiente de filtro hecha cuando la norma de los coeficientes de filtro es mayor que un valor permitido máximo (retracción global). Esto se realiza en las etapas 8 y 9 en el algoritmo.

Las constantes utilizadas en el procedimiento BSE/procedimiento de la presente invención son:

- I - indicando el número de transductores/sensores disponibles para la operación (indexado mediante i)
- K - indicando el número de señales de sub-banda transformadas (indexado mediante k)
- P - indicando el número de señales de salida producidas (indexado mediante p)
- 50 n - indicando un índice de tiempo discretizado (es decir tiempo real $t = nT$, en la que T es el periodo de muestreo)
- L_i - indicando la longitud de cada filtro de sub-banda
- Nivel_p - indicando un término de corrección de nivel usado para mantener un nivel de señal de salida deseado para salida n.º p
- λ_1 y λ_2 - indican parámetros de ponderación de actualización de coeficiente de filtro
- 55 C_1 - indica un nivel inferior para extracción global
- C_2 - indica un nivel superior para retracción global

Funciones utilizadas son:

- $f_p^{(k)}(\cdot)$ - indica un conjunto de funciones no lineales
- $g_1^{(k,p)}(\cdot)$ - indica un conjunto de funciones de aumento de nivel
- $g_2^{(k,p)}(\cdot)$ - indica un conjunto de funciones de disminución de nivel

5 Variables utilizadas son:

- $h_{i,n}^{(k,p)}(l)$ - indica una secuencia (filtro) de longitud L_i de coeficientes, válidos en instante de tiempo n
- $\tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l)$ - indica una secuencia intermedia (filtro) de longitud L_i de coeficientes, válidos en instante de tiempo n
- 10 • $\Delta h_{i,n}^{(k,p)}(l)$ - indica una secuencia de longitud L_i de coeficientes (de corrección), válidos en instante de tiempo n
- $\Delta \tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l)$ - indica una secuencia intermedia de longitud L_i de coeficientes (de corrección), válidos en instante de tiempo n

Señales se indican mediante:

- Las señales de entrada de transductor/sensor recibidas
- 15 • Las señales de entrada de transductor/sensor muestreadas

$$x_i(t), \quad i = 1, \dots, I$$
- Las señales de entrada de sub-banda muestreadas transformadas

$$x_i^{(k)}(n), \quad i = 1, \dots, I, \quad k = 0, \dots, K - 1$$
- 20 Las transformadas usadas en este punto pueden ser cualquier transformada selectiva de frecuencia por ejemplo una FFT de ventana de corto plazo, una transformada de ondas pequeñas, una transformada de banco de filtros de sub-banda, etc.
- Las señales de salida de sub-banda muestreadas transformadas

$$y_p^{(k)}(n), \quad p = 1, \dots, P, \quad k = 0, \dots, K - 1$$
- 25 Señal intermedia:

$$\tilde{y}_p^{(k)}(n), \quad p = 1, \dots, P, \quad k = 0, \dots, K - 1$$
- Las señales muestreadas de salida transformadas inversamente

$$y_p(n), \quad p = 1, \dots, P$$
- 30 Las transformadas inversas usadas en este punto son la inversa de la transformada usada para transformar las señales de entrada,
- Las señales de salida de tiempo continuo

$$y_p(t), \quad p = 1, \dots, P$$

Las siguientes etapas de procedimiento/procedimiento habitualmente definen la BSE de la presente invención:

- 35 1. $\forall i$, muestrear las señales de entrada de tiempo continuo $x_i(t)$ para formar un conjunto de las señales de entrada de tiempo discreto $x_i(n)$
2. $\forall i$, transformar las señales de entrada $x_i(n)$ para formar K señales de sub-banda $x_i^{(k)}(n)$
3. $\forall p, \forall k$, computar las señales de salida de sub-banda intermedias:

$$\tilde{y}_p^{(k)}(n) = \sum_{i=1}^I \sum_{l=0}^{L_i-1} x_i^{(k)}(n-l) h_{i,n-1}^{(k,p)}(l)$$

4. $\forall p, \forall k$, computar los términos de corrección (en la que $\|\cdot\|$ indica cualquier norma matemática):

$$\Delta h_{i,n}^{(k,p)}(\cdot) = \arg \min_{\Delta \tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(\cdot)} \left\| \sum_{i'=1}^I \sum_{l=0}^{L_{i'}-1} x_{i'}^{(k)}(n-l) \left(h_{i',n-1}^{(k,p)}(l) + \Delta \tilde{h}_{i',n}^{(k,p)}(l) \right) - f_p^{(k)}(\tilde{y}_p^{(k)}(n)) \right\|$$

5. Actualizar los filtros $\forall k, \forall i, \forall p, \forall l$

$$\tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l) = \lambda_1 h_{i,n-1}^{(k,p)}(l) + \lambda_2 \Delta h_{i,n}^{(k,p)}(l)$$

6. Calcular $\forall p$ (en la que $\|\cdot\|$ indica cualquier norma matemática)

$$Nivel_p = \frac{1}{\|\tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l)\|_{\forall k, \forall l}} \quad i \in [1, 2, \dots, I]$$

7. Calcular la salida $\forall k, \forall p$

$$y_p^{(k)}(n) = Nivel_p \sum_{i=1}^I \sum_{l=0}^{L_i-1} x_i^{(k)}(n-l) \tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l)$$

8. $\forall p$, SI $\|\tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l)\|_{\forall k, \forall i, \forall l} \leq C_1$, (extracción global)

$$h_{i,n}^{(k,p)}(l) = g_1^{(k,p)} \left(\tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l) \right) \quad \forall l, \forall k, \forall i$$

9. $\forall p$, SI $\|\tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l)\|_{\forall k, \forall i, \forall l} \geq C_2$, (retracción global)

$$h_{i,n}^{(k,p)}(l) = g_2^{(k,p)} \left(\tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l) \right) \quad \forall l, \forall k, \forall i$$

10. $\forall p$, SI $C_1 < \|\tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l)\|_{\forall k, \forall i, \forall l} < C_2$

$$h_{i,n}^{(k,p)}(l) = \tilde{h}_{i,n}^{(k,p)}(l) \quad \forall l, \forall k, \forall i$$

11. $\forall p$, transformar inversamente las señales de salida de sub-banda $y_p^{(k)}(n)$ para formar una trama de tiempo de las señales de salida $y_p(n)$

12. $\forall p$, reconstruir las señales de salida de tiempo continuo, $y_p(t)$ a través de una conversión digital a analógica (DAC)

Las etapas anteriores se describen adicionalmente en palabras (véase la Figura 13 que ilustra sección 4):

1. Todas las señales de entrada se convierten de forma analógica a digital si es necesario.

2. Todas las señales de entrada se transforman en una o más sub-bandas.

3. Las señales de sub-banda de entrada se filtran con los coeficientes de filtro obtenidos en la última iteración (es decir en instante de tiempo $n - 1$) para formar una señal de salida intermedia para cada sub-banda k , para todas las salidas p .

4. Esta etapa realiza un procedimiento de linealización. Individualmente para cada sub-banda k y para toda salida p , un conjunto de términos de corrección se encuentra de tal forma que se minimiza la diferencia de norma entre un filtrado lineal de las señales de entrada de sub-banda y las señales de salida intermedias no linealmente transformadas. Las funciones no lineales se eligen de tal forma que muestras de salida, que predominantemente ocupan niveles que se esperan de señales deseadas, se pasan con valores (niveles) más altos que muestras de salida que predominantemente ocupan niveles que se esperan de señales no deseadas. Debería observarse que

si la función no lineal se sustituye por la función lineal $f_p^{(k)}(x) = x$, entonces los términos de corrección óptimos siempre serían iguales a cero, independientemente de las señales de entrada.

5. Los términos de corrección se ponderan (con λ_2) y añaden a los coeficientes ponderados (con λ_1) obtenidos en la última iteración para formar el nuevo conjunto de filtros intermedios, para cada sub-banda k , cada canal i , cada salida p y para cada índice de parámetro l .

6. Ya que el procedimiento de linealización puede alterar el nivel de las señales de salida se calcula la inversa de las normas de filtro, para uso posterior.

7. Las señales de salida de sub-banda se calculan filtrando las señales de entrada en el filtro intermedio actual (es decir en instante de tiempo n) y multiplican por la inversa de las normas de filtro, para cada sub-banda k y

para todo índice de salida p .

8. Individualmente para todo índice de salida p , si la norma total de los coeficientes combinados que abarcan todas k, i, l se sitúa por debajo (o iguala) del nivel C_1 , entonces se realiza una extracción global para crear los filtros actuales (es decir en instante de tiempo n) pasando los filtros intermedios actuales a través de las funciones de extracción.

9. Individualmente para todo índice de salida p , si la norma total de los coeficientes combinados que abarcan todas k, i, l excede (o iguala) el nivel C_2 , entonces se realiza una retracción global para crear los filtros actuales (es decir en instante de tiempo n) pasando los filtros intermedios actuales a través de las funciones de retractación.

10. Individualmente para todo índice de salida p , si la norma total de los coeficientes combinados que abarcan todas k, i, l se sitúa entre el nivel C_1 y C_2 , entonces los filtros actuales (es decir en instante de tiempo n) son iguales a los filtros intermedios.

11. Individualmente para cada p , las señales de salida de sub-banda se transforman inversamente para formar las señales de salida.

12. Individualmente para cada p , las señales de salida de tiempo continuo se forman a través de conversión digital a analógica.

Requisitos y ajustes

1. La elección de funciones no lineales $f_p^{(k)}(\cdot)$ depende de las funciones de densidad de probabilidad estadística de las señales deseadas, en la sub-banda k particular. Se asume que se tiene un número (R) de señales estocásticas de media cero, $s_r(t)$, $r = 1, 2, \dots, R$, con las correspondientes funciones de densidad de

probabilidad $p_{x_r}(\tau)$, con la correspondiente varianza σ_r^2 , entonces las funciones no lineales deberían cumplir (si existen)

$$\sigma_r^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \tau^2 p_{x_r}(\tau) d\tau >< \int_{-\infty}^{\infty} f_p^{(k)}(\tau)^2 p_{x_r}(\tau) d\tau, \quad \forall r, \forall k, \sigma_r^2 \in \Theta$$

Este requisito significa que todas las funciones $f_p^{(k)}(\cdot)$ actúan para reducir (cuando $>$) o aumentar (cuando $<$) la potencia (varianza) de todas las señales.

• Sin pérdida de generalidad se asume que la pdf correspondiente a las primeras señales únicas es la pdf deseada, es decir $p_{x_1}(\tau)$, en la primera salida, $y_1(t)$. Entonces se requiere que

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_1^{(k)}(\tau)^2 p_{x_1}(\tau) d\tau > \int_{-\infty}^{\infty} f_1^{(k)}(\tau)^2 p_{x_r}(\tau) d\tau, \\ r \in [2, 3, \dots, R], \forall k, \sigma_r^2 \in \Theta$$

Más en general, si se desea producir señal de fuente $n^\circ s$ en salida $n^\circ j$ la función no lineal $f_j^{(k)}(\cdot)$, $\forall k$ necesita cumplir

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_j^{(k)}(\tau)^2 p_{x_s}(\tau) d\tau > \int_{-\infty}^{\infty} f_j^{(k)}(\tau)^2 p_{x_r}(\tau) d\tau, \\ r \in [1, 2, \dots, s-1, s+1, \dots, R], \sigma_r^2 \in \Theta$$

Estos requisitos significan que el nivel de reducción de potencia (varianza), provocada por las funciones no lineales, son tales que señales no deseadas se reducen más.

Debería observarse que los requisitos anteriores no pueden cumplirse en general para ninguna varianza de entrada σ_r^2 . En este caso el conjunto Θ de valores permitidos para la varianza pueden reducirse o se pueden

elegir diferentes funciones no lineales, $f_p^{(k)}(\cdot)$, para diferentes varianzas de entrada.

Habitualmente para un ambiente acústico, en el que la señal de fuente deseada es voz humana, la función no

lineal puede ser en forma de $f_p^{(k)}(x) = \alpha_1 \tanh(\alpha_2 x)$.

2. Requisito: $\frac{dg_1^{(k,p)}}{dx} > 1$, $\forall x$, elección habitual $g_1^{(k,p)}(x) = (1 + \alpha)x$, $\alpha > 0$

3. Requisito: $\frac{dg_2^{(k,p)}}{dx} < 1$, $\forall x$, elección habitual $g_2^{(k,p)}(x) = (1 - \alpha)x$, $1 > \alpha > 0$

Inicialización y selección de parámetro

Los filtros $h_{i,n}^{(k;p)}(l)$, $\forall k, \forall p$ pueden inicializarse (es decir $n = 0$) como

$$h_{i,0}^{(k;p)}(l) = 1,$$

para $l = 0, i \in [1, 2, \dots, I]$

$$h_{i,0}^{(k;p)}(l) = 0,$$

para todos los demás l y i

Los parámetros pueden elegirse en una realización ejemplificadora no limitante de la presente invención de acuerdo con:

• Habitualmente:

$$1 \leq K \leq 1024$$

• Habitualmente:

$$1 \leq L_i \leq 64$$

• Habitualmente:

$$0,01 \leq \alpha \leq 0,1$$

• Habitualmente:

$$0 < \alpha_1 < 1$$

• Habitualmente:

$$0 < \alpha_2 < 5$$

• Habitualmente:

$$0,001 \leq C_1 \leq 0,1$$

• Habitualmente:

$$0,1 < C_2 \leq 10$$

• Habitualmente:

$$0 < \lambda_1 < 1$$

• Habitualmente:

$$0 < \lambda_2 \leq 1$$

Por lo tanto, La presente invención proporciona un aparato 70 que extrae adaptativamente al menos una de señales de ondas electro magnéticas y señales de ondas acústicas deseadas de una mezcla de señales y supresión de otro ruido y señales de interferencia para producir señales mejoradas que se originan, parcial o totalmente, desde la fuente 10 que produce las señales deseadas. De este modo, se comprenden en el aparato funciones adaptadas para determinar la densidad de probabilidad estadística de señales de entrada de tiempo continuo deseado, o correspondientemente de tiempo discreto. Las funciones deseadas de densidad de probabilidad estadística difieren de las funciones de densidad de probabilidad estadística del ruido y señales de interferencia.

Además, el aparato comprende al menos un sensor, adaptado para recoger datos de señal de las señales deseadas y ruido y señales de interferencia. Un muestreo se realiza, si es necesario, en las señales de entrada de tiempo continuo mediante el aparato para formar señales de entrada de tiempo discreto. También comprendido en el aparato está un transformador adaptado para transformar los datos de señal en un conjunto de sub-bandas mediante una transformación de tal forma que señales disponibles en su representación digital se subdividen en señales de sub-banda de ancho de banda más pequeñas o iguales.

El aparato por lo tanto comprende un conjunto de coeficientes de filtro para cada trama de tiempo de señales de entrada en cada sub-banda, adaptado para actualizarse de modo que se minimiza un criterio de error entre las señales de entrada linealmente filtradas y señales de salida linealmente transformadas, y un filtro adaptado de modo que las señales sub-banda se filtran mediante un conjunto predeterminado de filtros de sub-banda que producen un número predeterminado de las señales de salida favoreciendo cada una de las mismas las señales deseadas, definido mediante la forma de sus funciones de densidad de probabilidad estadística. Finalmente, el aparato comprende una reconstrucción adaptada para realizar una transformación inversa a las señales de salida.

Las Figuras 12a-b-c ilustra esquemáticamente un diagrama gráfico BSE en el dominio temporal de filtrado de pdf:s de las señales deseadas desde pdf:s de señales no deseadas de acuerdo con la presente invención. El nivel inferior de las Figuras 12a-b-c representa datos entrantes a través de sub-bandas 2 y 3 que tienen un tipo deseado de pdf y

sub-bandas 1 y 4 que tienen un tipo no deseado de pdf, que se suprimirá mediante el filtro representado en el nivel superior de las Figuras 12a-b-c cuando se mueve hacia abajo de acuerdo con el contenido anterior.

La presente invención se ha descrito proporcionando ejemplos y realizaciones que no pretenden limitar la invención a los mismos. Un experto en la materia reconoce que el conjunto adjuntado de las reivindicaciones explica otras realizaciones ventajosas.

5

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento adaptativo de extracción de al menos una de señales de ondas electro magnéticas y señales (40, 42) de ondas acústicas deseadas de una mezcla de señales (40, 42, 44, 46) y supresión de ruido y señales de interferencia para producir señales (50) mejoradas que corresponden a las señales (10) deseadas,
- 5 siendo dichas señales deseadas predeterminadas mediante uno o más parámetro(s) distintivo(s), en el que uno de dichos parámetros distintivos es la forma de sus funciones de densidad de probabilidad estadística (pdf); difiriendo dicho parámetro(s) distintivo(s) de las señales deseadas del ruido y parámetro(s) distintivo(s) de las señales de interferencia, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de: recibir datos de señal desde dichas señales (10) deseadas y recogiendo ruido y señales de interferencia a través de al menos un medio (12) de sensor adecuado para ese fin; muestrear (80) dichos datos de señal para formar señales de entrada de tiempo discreto $x_i(n)$;
- 10 transformar (82) dichas señales de entrada de tiempo discreto $x_i(n)$ en un conjunto de señales de sub-banda $x_i^{(k)}(n)$, estando dichas señales de sub-banda $x_i^{(k)}(n)$ filtradas linealmente mediante un conjunto predeterminado de filtros (90, 112) de sub-banda que producen un número predeterminado de señales de salida $y_p^{(k)}(n)$, en el que cada una de las señales de salida $y_p^{(k)}(n)$ favorece señales con una forma de pdf específica; y
- 15 reconstruir las señales de salida $y_p(n)$ como las señales (50) mejoradas con una transformación (100, 114) inversa;
- actualizar los coeficientes de filtro de dicho conjunto predeterminado de filtros (90, 112) de sub-banda, $h_{i,n}^{(k,p)}(l)$, para cada trama de tiempo de señales de entrada en cada sub-banda;
- 20 en el que actualizar los coeficientes de filtro $h_{i,n}^{(k,p)}(l)$ comprende para toda sub-banda y para toda salida, un conjunto de términos de corrección $\Delta h_{i,n}^{(k,p)}(l)$ se encuentran de tal forma que la diferencia de norma entre el filtrado lineal de las señales de entrada de sub-banda y señales de salida intermedias no linealmente transformadas se minimiza iterativamente;
- 25 en el que las funciones para transformación no lineal $f_p^{(k)}(\cdot)$ dependen de las pdf de las señales deseadas en una sub-banda k y se eligen de tal forma que muestras de salida, que predominantemente ocupan niveles que se esperan de señales deseadas, se pasan con niveles mayores que muestras de salida que predominantemente ocupan niveles que se esperan de señales no deseadas.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha transformación (82) comprende una transformación de tal forma que señales disponibles en su representación digital se subdividen en señales de sub-banda de ancho de banda más pequeñas o iguales.
3. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que dichos datos de señal recibidos se convierten a forma digital si son analógicos (80).
4. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que dichas señales de salida se convierten a señales (102) analógicas cuando se requiere.
- 35 5. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que los niveles de las señales de salida $y_p(n)$ se corrigen debido al cambio en nivel de señal desde dichos términos de corrección $\Delta h_{i,n}^{(k,p)}(l)$.
6. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1-5, en el que la norma de dichos coeficientes de filtro intermedio se restringe a una limitación entre un valor mínimo y máximo.
- 40 7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que una amplificación de coeficiente de filtro se consigue cuando las normas de coeficiente de filtro intermedio son menores que dicho valor permitido mínimo y una atenuación de coeficiente de filtro se consigue cuando la norma de los coeficientes de filtro intermedio es mayor que un valor permitido máximo.
8. Un aparato que extrae adaptativamente al menos una de señales de ondas electro magnéticas y señales (40, 42) de ondas acústicas deseadas de una mezcla de señales (40, 42, 44, 46) y supresión de ruido y señales de interferencia para producir señales (50) mejoradas que corresponden a las señales (10) deseadas, que comprende:
- 45 medio para determinar uno o más parámetros distintivos de señales (10) deseadas, en el que uno de dichos parámetros distintivos es la forma de sus funciones de densidad de probabilidad estadística (pdf), difiriendo dicho parámetro(s) distintivo(s) de las señales (10) deseadas del ruido y parámetro(s) distintivo(s) de las señales de interferencia;
- 50 al menos un sensor (12) adaptado para recoger datos de señal de señales (10) deseadas, ruido y señales de interferencia, muestrear dichos datos de señal para formar un conjunto de señales de tiempo discreto $x_i(n)$;
- un transformador (82) adaptado para transformar dichas señales de tiempo discreto $x_i(n)$ en un conjunto de señales de sub-banda $x_i^{(k)}(n)$;
- 55 un conjunto de coeficientes de filtro adaptados de modo que dichas señales de sub-banda $x_i^{(k)}(n)$ se están filtrando linealmente mediante un conjunto predeterminado de filtros (90, 112) de sub-banda produciendo un número predeterminado de dichas señales de salida $y_p^{(k)}(n)$, favoreciendo cada una de las mismas señales (10) deseadas con una forma de pdf específica; y
- una reconstrucción adaptada para realizar una transformación (100) inversa a dichas señales de salida de sub-banda $y_p^{(k)}(n)$;

dicho conjunto de coeficientes de filtro para cada trama de tiempo de señales de entrada en cada sub-banda adaptado para actualizarse;

en el que actualizar el conjunto de coeficientes de filtro $h_{i,n}^{(k,p)}(l)$ comprende, para toda sub-banda y para toda salida, que un conjunto de términos de corrección $\Delta h_{i,n}^{(k,p)}(l)$ se encuentran de tal forma que la diferencia de norma entre un filtrado lineal de las señales de entrada de sub-banda y señales de salida intermedias no linealmente transformadas se minimiza iterativamente;

en el que las funciones para transformación no lineal, $f_p^{(k)}(\cdot)$, dependen de las pdf de las señales deseadas en una sub-banda k y se eligen de tal forma que muestras de salida que predominantemente ocupan niveles que se esperan de señales deseadas, se pasan con niveles mayores que muestras de salida que predominantemente ocupan niveles que se esperan de señales no deseadas.

9. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicho transformador (82) se adapta para transformar dichos datos de señal de tal forma que señales disponibles en su representación digital se subdividen en señales de sub-banda de ancho de banda más pequeñas o iguales.

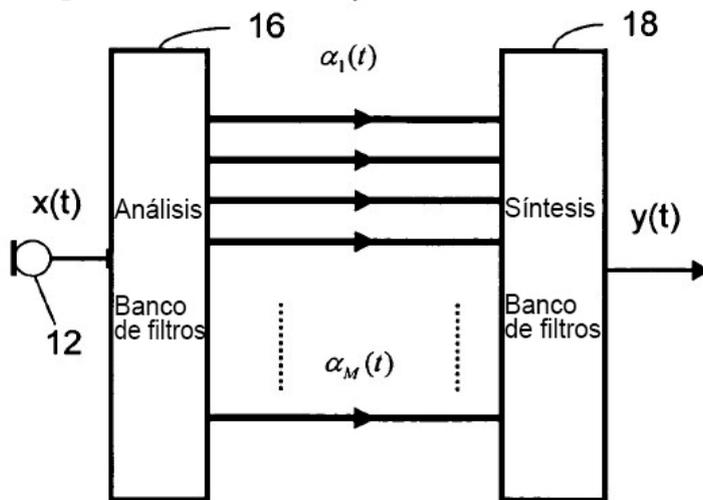
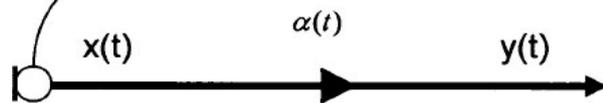
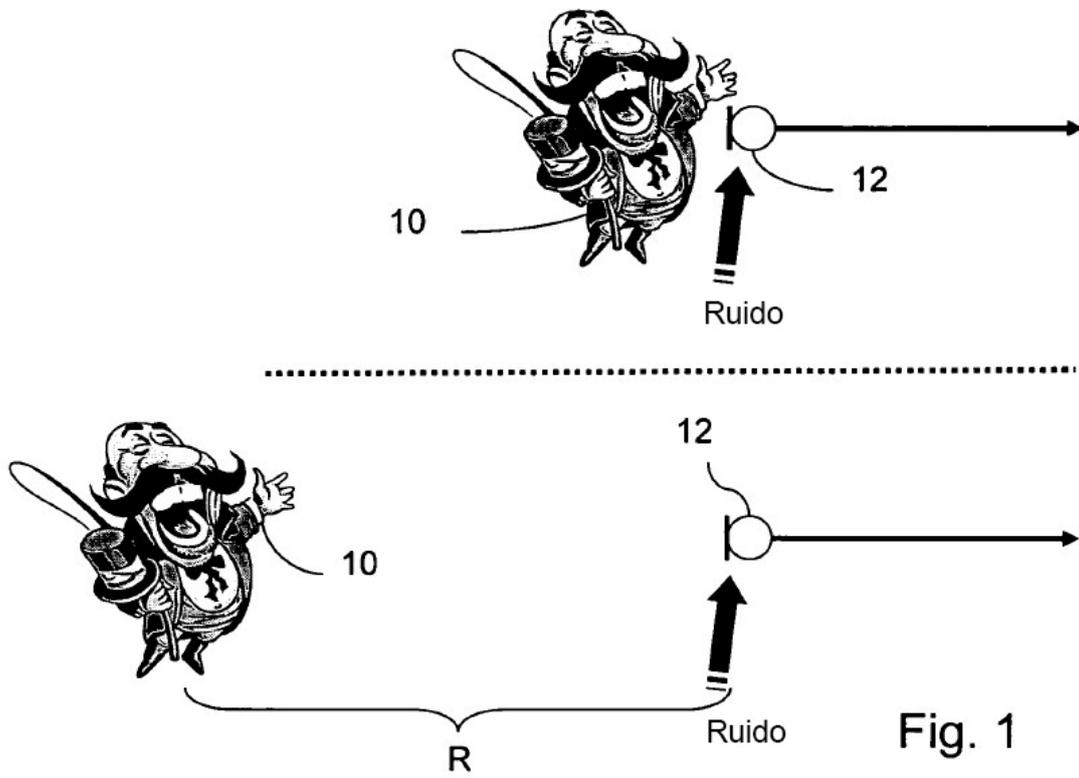
10. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que dichos datos de señal recibidos se adaptan para convertirse a forma digital si es analógico (80).

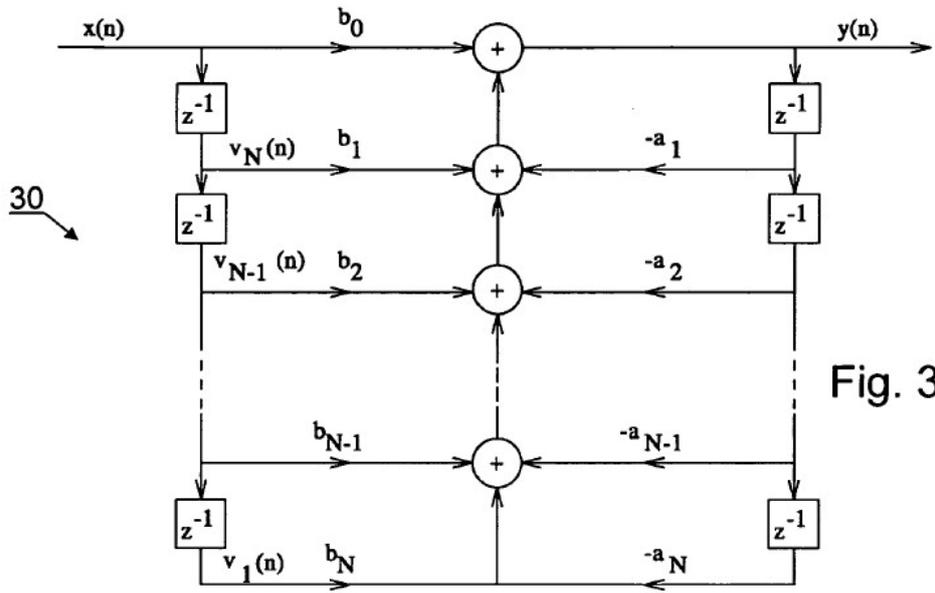
11. Un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que dichas señales de salida se adaptan para convertirse a señales (102) digitales cuando se requiere.

12. Un aparato de acuerdo con las reivindicaciones 10-11, en el que los niveles de las señales de salida $y_p(n)$ se corrigen debido al cambio en nivel de señal desde dichos términos de corrección $\Delta h_{i,n}^{(k,p)}(l)$.

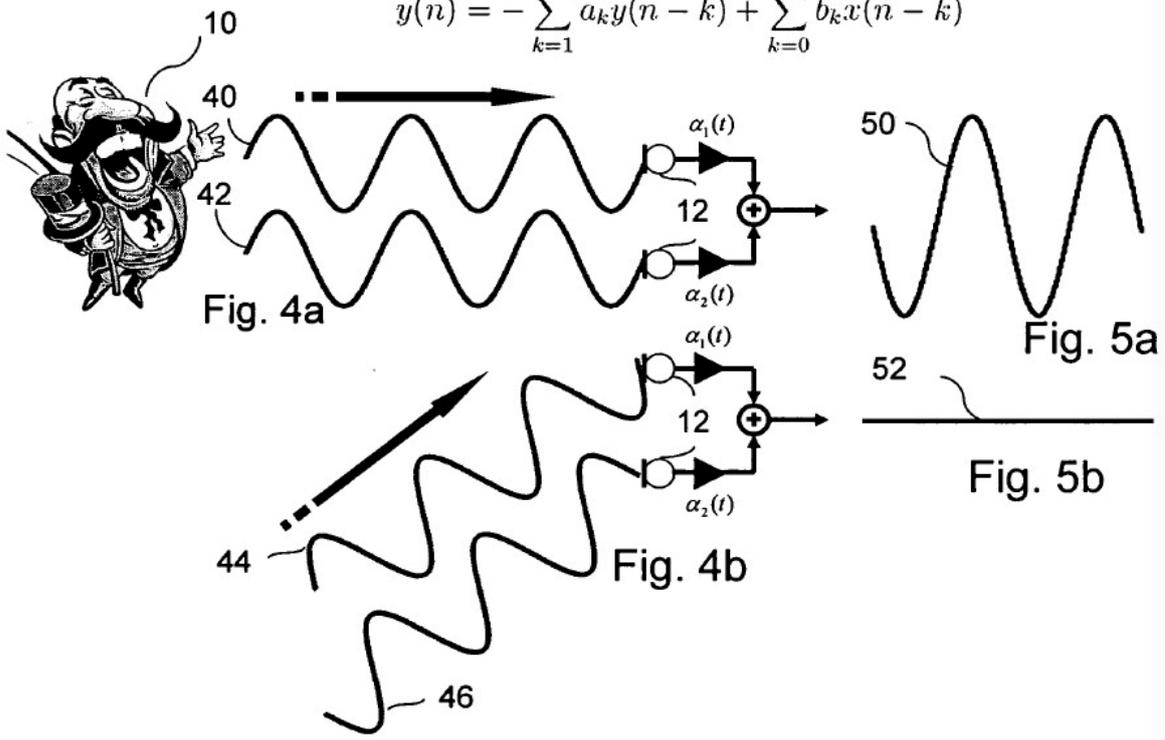
13. Un aparato de acuerdo con las reivindicaciones 10-12, en el que dichos coeficientes de filtro intermedio se restringen adaptativamente a una limitación entre un valor de norma de coeficiente de filtro mínimo y máximo.

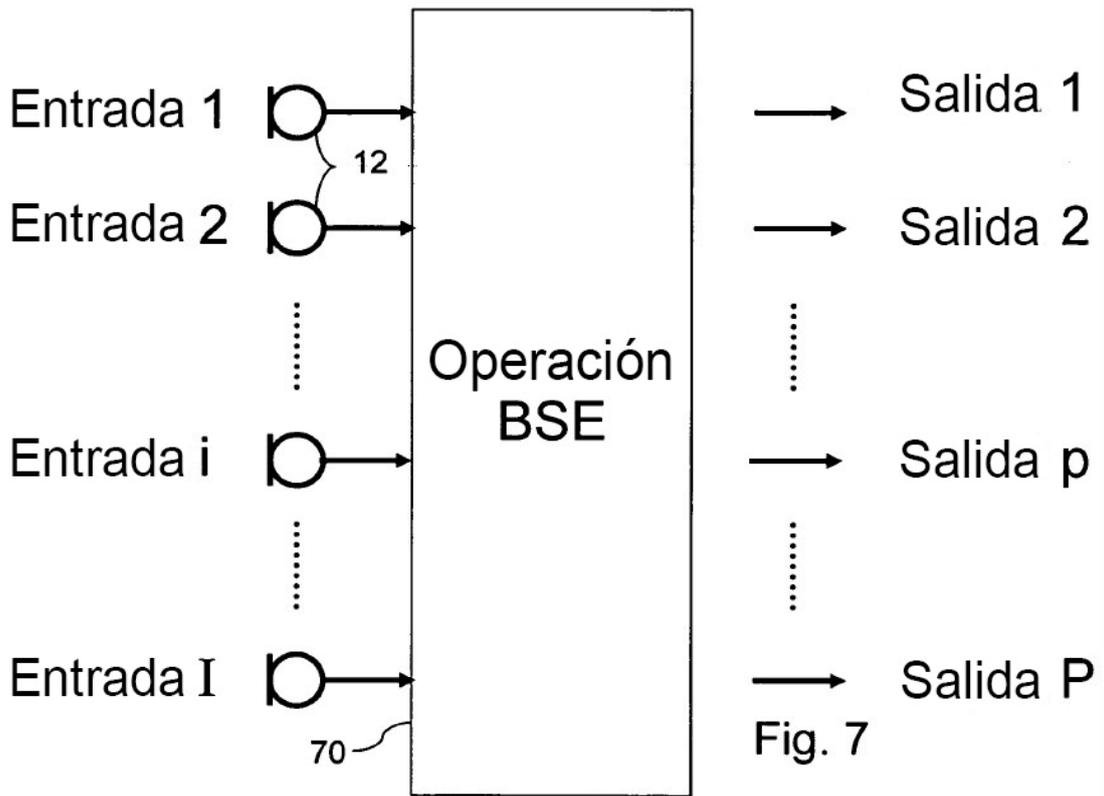
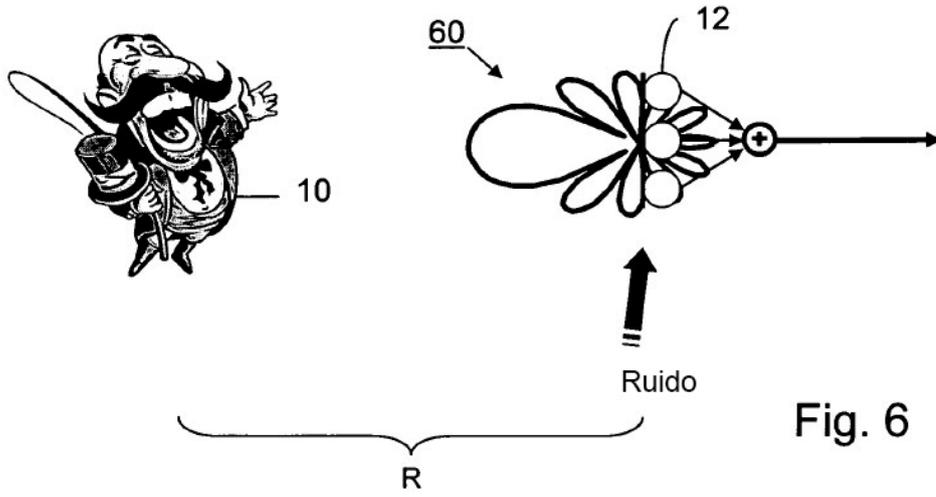
14. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en el que una amplificación de coeficiente de filtro se consigue cuando las normas de coeficiente de filtro intermedio son menores que dicho valor permitido mínimo y una atenuación de coeficiente de filtro se consigue cuando la norma de los coeficientes de filtro intermedio es mayor que un valor permitido máximo.





$$y(n) = - \sum_{k=1}^N a_k y(n-k) + \sum_{k=0}^M b_k x(n-k)$$





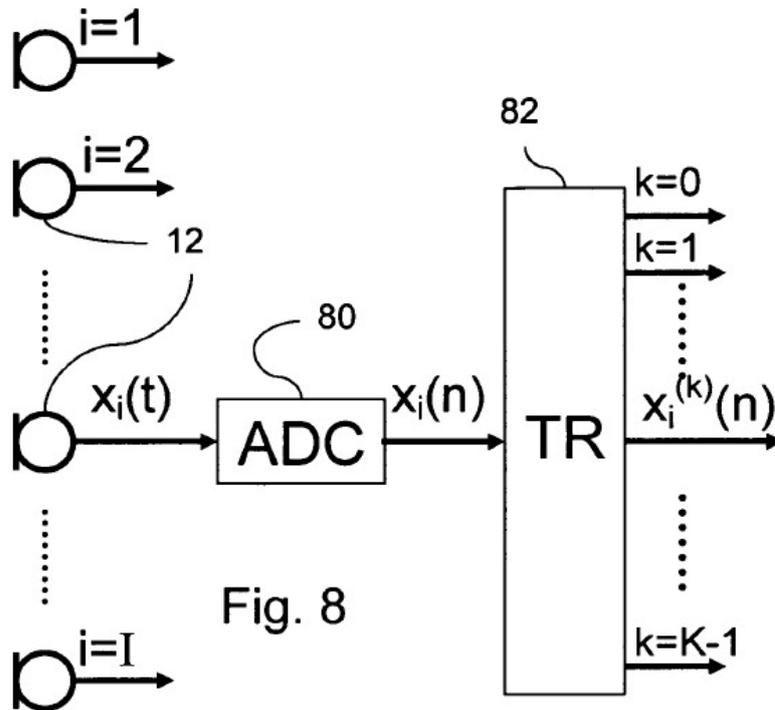


Fig. 8

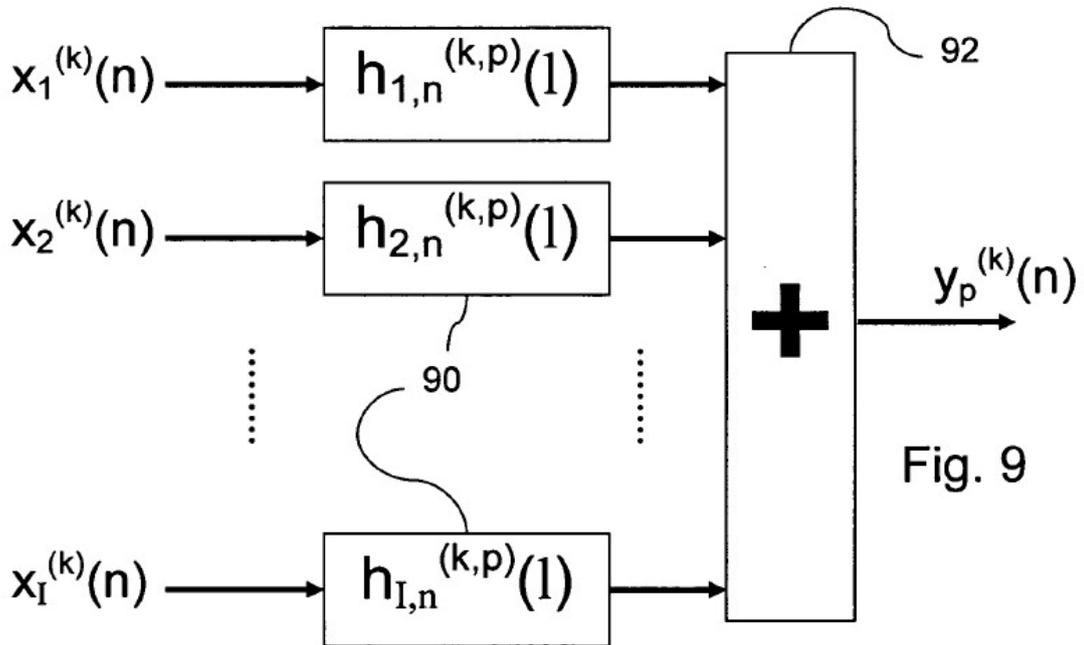
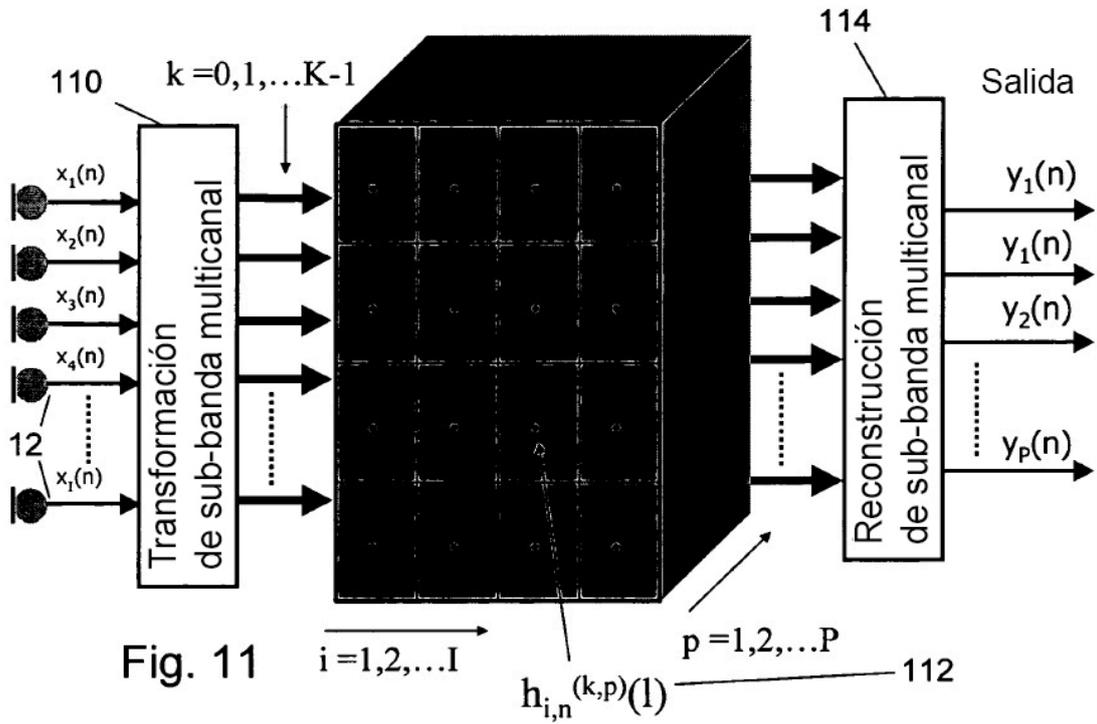
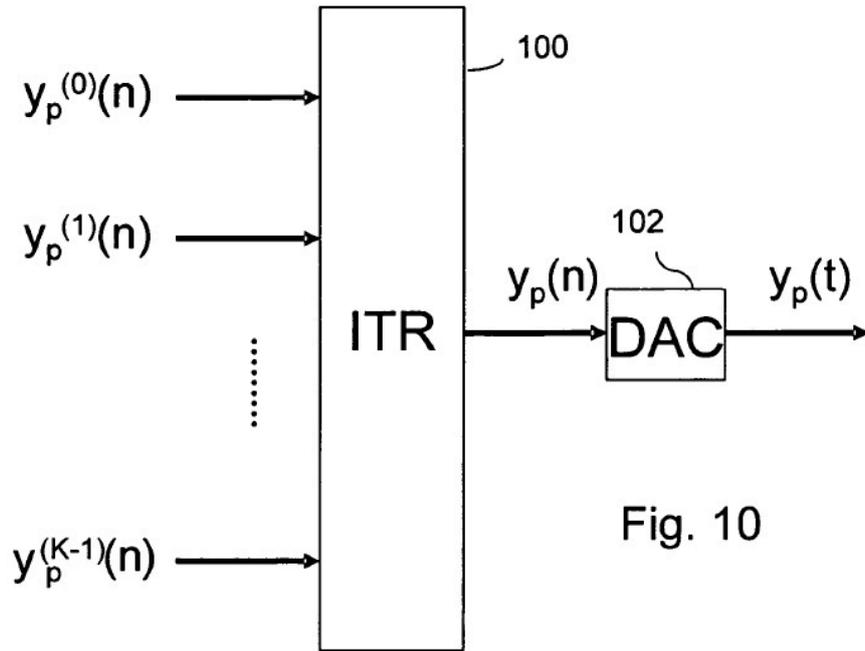


Fig. 9



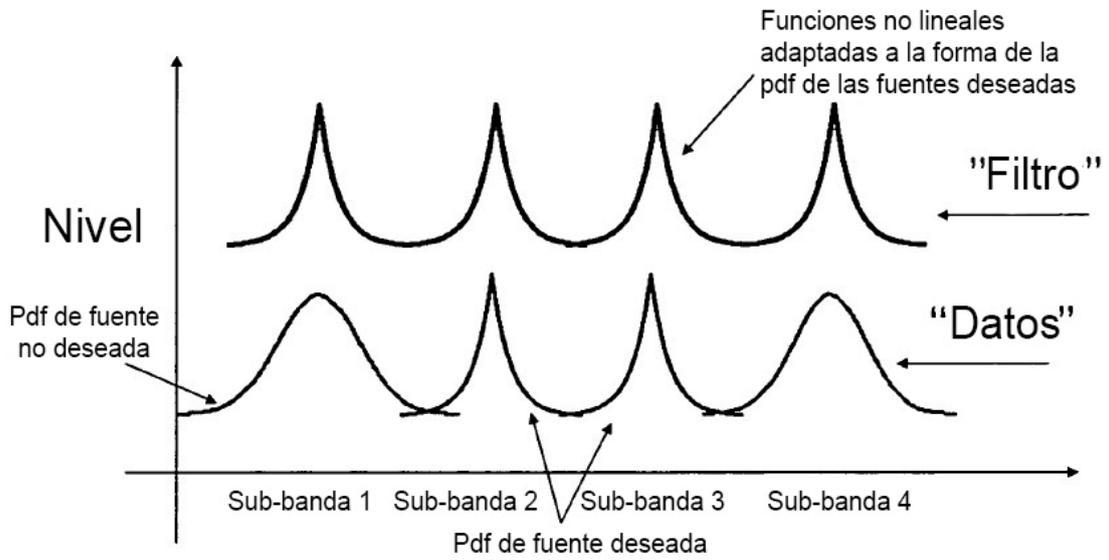


Fig. 12 a

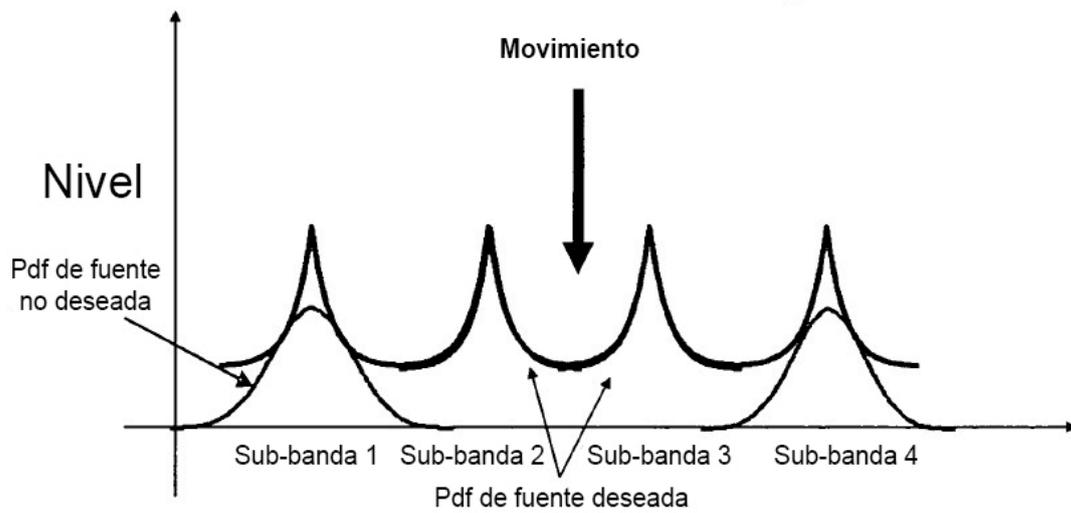


Fig. 12 b

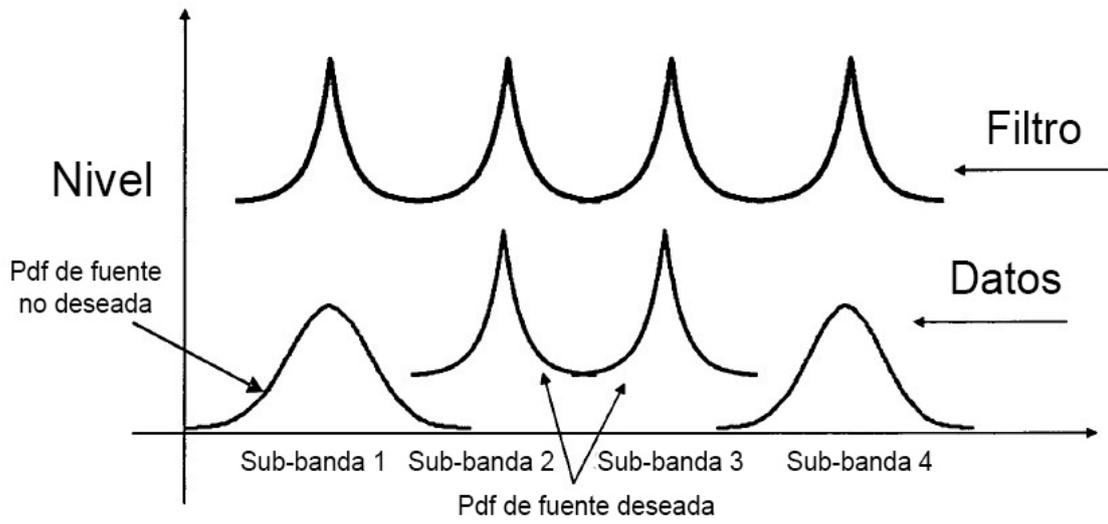


Fig. 12 c

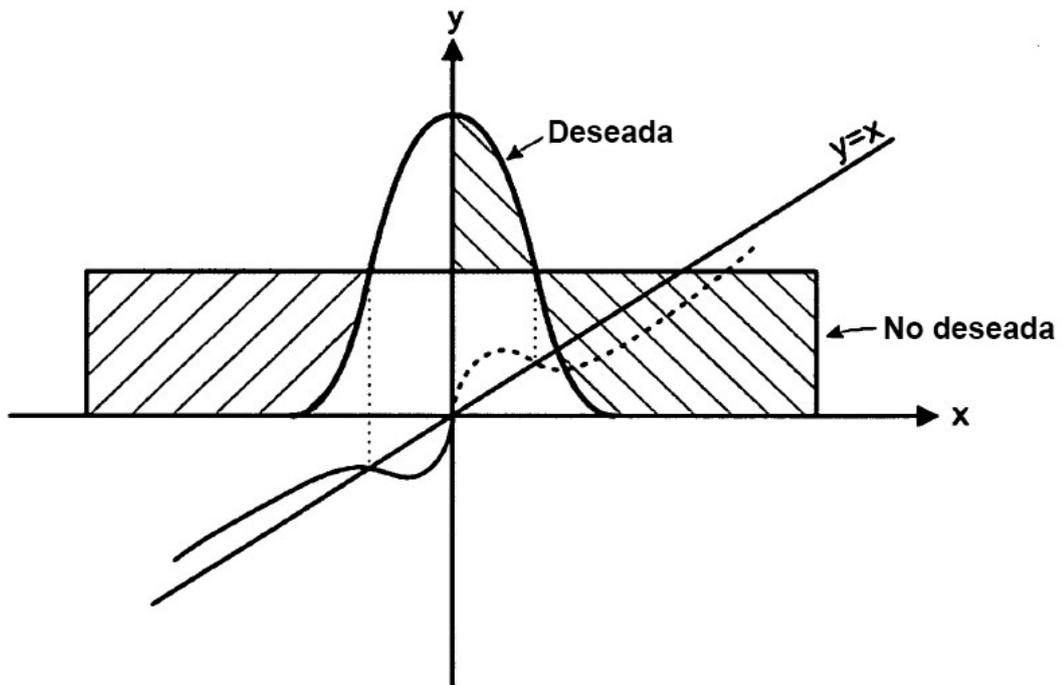


Fig. 13