

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①① Número de publicación: **2 117 565**

②① Número de solicitud: 9600979

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>: H04L 1/02

H03H 17/00

H03H 21/00

G06F 17/10

①②

PATENTE DE INVENCION

B1

②② Fecha de presentación: **30.04.96**

④③ Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.98**

Fecha de concesión: **05.02.99**

④⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **01.04.99**

④⑤ Fecha de publicación del folleto de patente: **01.04.99**

⑦③ Titular/es: **Universidad de Granada  
Santa Lucía, 2, 2ª Planta  
18071 Granada, ES**

⑦② Inventor/es: **García Puntonet, Carlos**

⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Sistema para separación ciega de señales.**

⑤⑦ Resumen:

La invención consiste en un sistema de separación ciega de señales, es decir, en un módulo que permite la reconstrucción de cualquier número de señales originales desconocidas o fuentes a partir únicamente de las mezclas recibidas como resultado del solapamiento de las fuentes en un medio también desconocido. El sistema (esquemático en la Figura 1) está constituido por un conjunto de sensores de las mezclas (1), conectados independientemente a módulos conversores digitales (2) que transmiten información digitalizada a una tarjeta de procesamiento digital (3) que analiza la información suministrada por los canales (2) y transmite a módulos conversores analógicos (4), en paralelo, cada una de las señales originales desconocidas ya separadas, que pueden captarse o registrarse en los sensores indicados en (5); el sistema no tiene limitación en el número de canales de entrada (1) correspondiente al número de señales mezcladas, ya que la tarjeta de procesamiento (3) dispone de módulos de expansión de memoria.

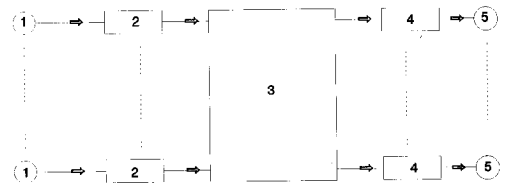


Figura 1.

ES 2 117 565 B1

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

## DESCRIPCION

Sistema para separación ciega de señales.

### Sector de la técnica

Procesamiento de señales. Procesamiento de la voz. Procesamiento de radar, sonar e imágenes. Telecomunicaciones. Audio/TV digital. Electromedicina. Tecnologías de la información. Instrumentación.

### Introducción

En muchas ocasiones, la señal recibida por un sensor es la suma ó mezcla de contribuciones elementales de distintos orígenes que se suelen denominar fuentes. Una utilización óptima del sensor implica una separación de las señales originales útiles dentro de la mezcla. Generalmente, tanto las fuentes como la forma según la que se realizan sus mezclas son desconocidas y, por consiguiente, al problema de determinar las fuentes mezcladas se le denomina separación ciega de fuentes.

Matemáticamente, este problema no tiene solución ya que modelando el medio en que se mezclan las señales por una matriz de coeficientes, éstos son desconocidos; por otra parte, las señales originales también son desconocidas por lo que el sistema equivale a un conjunto de ecuaciones (sistema de Crammer) en el que no se conocen ni las variables independientes ni los coeficientes que multiplican a éstas.

Es un hecho que las señales de las fuentes al transmitirse a través de un medio pueden mezclarse. Piénsese, por ejemplo, que las señales son ondas sonoras en un medio como el aire de una habitación; las distintas señales se mezclarán y de esta forma serán captadas por los sensores. En el ejemplo, cada sensor podría ser un micrófono.

Por otra parte, en numerosas aplicaciones como en conversión analógico-digital ó en comunicaciones, la separación de fuentes es necesaria independientemente del tipo de señal, bien sea acústica, eléctrica, analógica ó digital. En el campo de la comunicación, la mayoría de las transmisiones de información se realiza mediante la utilización de señales digitales que, en muchos casos vienen afectadas de ruido. Algunos ejemplos típicos de aplicación en los que se hace necesaria la reconstrucción fiel de las señales originales son los siguientes:

- Procesamiento del color y codificación de colores.
- Ruido en la comunicación entre redes de computadores.
- Procesos de ecualización y grabación musicales.
- Ruido en comunicaciones vía satélite.
- Extracción de señales dentro de un ruido.
- Diafonía en líneas bifiliares
- Pretratamiento de imágenes.
- Procesamiento de la voz mezclada en recintos acústicos.
- Medicina: cardiología (discriminación cardíaca madre-feto), cardiopatías.

- Radar, sonar, imagen y comunicaciones militares.
- Audio/TV, analógico-digital, mono-stereo.
- Audición asistida.
- Comunicación digital y telefonía móvil.
- Radiofrecuencia.
- Reconocimiento automático, verificación y síntesis de la voz.
- Cancelación de ecos y ecualización.
- Control de sistemas.
- Instrumentación.
- Restauración de señales deterioradas.

### Estado de la técnica

Los sistemas hasta ahora desarrollados pueden subdividirse en dos categorías:

- a) En primer lugar están los sistemas que, disponiendo de algún tipo de conocimiento de las señales, utilizan métodos conocidos de filtrado para eliminar ruido. Entre éstas se encuentran etapas separadoras de señales digitales con filtro de ruido (NSOE:E91310017), mezcladores de sonido compuestos de filtros activos (NSOE:E91830310), circuitos de separación de señales de luminancia y crominancia para mejorar los sistemas de transmisión PAL (NSOE:E89118869) y perfeccionamientos introducidos en señales de televisión con filtros de peine (NSOL:P0524525).
- b) En segundo lugar se encuentran los dispositivos que, con conocimiento por parte del diseñador de las señales objeto de restauración, utilizan métodos ó tecnologías que permiten obtener un avance en prestaciones globales, con el fin de mejorar tiempos de retardo, número de componentes en circuitos, costes del sistema, factores de percepción, velocidad de transmisión, etc. Entre éstas se encuentran receptores ópticos para señales conocidas de banda estrecha (NSOE:E9118704), circuitos de mejora del sincronismo de señales de vídeo (NSOE:E90106144), redes ópticas en que se conocen las tramas de las señales de control y de las señales de información (NSOE:E89201604) y dispositivos para separar señales conocidas de sincronización horizontal y vertical (NSOL:P0546620).

En esta invención hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) No se dispone de conocimiento alguno sobre las señales mezcladas objeto de la separación (tipo, amplitud, frecuencia, fase).
- b) Tampoco se conoce característica alguna del medio en que se han mezclado las señales originales desconocidas y que proporciona la mezcla. Esto significa que al modelar el medio como una matriz de mezcla, no se conocen los coeficientes de dicha matriz.

- c) Con las consideraciones anteriores, el sistema permite la separación de las señales mediante la utilización de hardware específicamente adaptado al software necesario para conseguir el funcionamiento deseado, cualquiera que sea el número de entradas a dicho sistema.

### Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de separación ciega de señales que permite la reconstrucción de varias señales originales desconocidas únicamente a partir de las mezclas observadas en sensores.

El sistema de separación ciega permite obtener un conjunto de señales de las que previamente no se dispone ningún tipo de conocimiento; tampoco se tiene conocimiento del medio en el que se han mezclado, por lo que este tipo de separación se denomina ciega.

El sistema, como se indica en la Figura 1, dispone de un conjunto de sensores de las mezclas (1) que conectan con módulos conversores (2), los cuales transmiten la información de las mezclas digitalmente al bloque de procesamiento (3) que se encarga de implementar un procedimiento de separación ciega, con las primitivas de cómputo necesarias, y de procesar las mezclas; posteriormente, la información digital obtenida por el bloque de procesamiento se transfiere a los módulos conversores (4) y cada uno de ellos proporciona las señales originales desconocidas ya separadas que pueden registrarse en los detectores de salida (5).

### Descripción detallada de la invención

El sistema de separación ciega de señales, objeto de esta invención, cuya configuración esquemática se muestra en la Figura 1, está constituido por: un conjunto de sensores de señal (1), un conjunto de conversores digitales (2), un sistema de procesamiento de señal (3), un conjunto de conversores analógicos (4) y, finalmente, un conjunto de detectores de señal (5).

El conjunto de detectores de señal (1) capta una serie de dos ó más señales mezcladas en un medio desconocido, modelado como una matriz de mezcla, y permite observar el tipo y forma de dichas señales. Evidentemente, no puede extraerse ninguna característica de dichas observaciones ya que se trata de una mezcla de señales desconocidas; aún suponiendo que exista alguna hipótesis de trabajo sobre ellas ó algún tipo de conocimiento, al estar mezcladas han variado sus características originales (forma, amplitud, frecuencia) y pueden también estar afectadas de ruido invalidándose, por consiguiente, la información que transmiten.

Los módulos conversores (2) transforman las señales captadas por los sensores (1) en información digital. Como es sabido, los circuitos de tratamiento digital de señales tienen una serie de ventajas frente a los analógicos en cuanto a precisión e inmunidad al ruido, y la tecnología de fabricación de circuitos integrados está en gran medida desarrollada. Así pues, la finalidad de dichos módulos es realizar la transformación a digital de las mezclas observadas y transmitir dichas señales al sistema de procesamiento (3).

El sistema de procesamiento de señales (3) es un bloque digital que realiza diversas funciones como multiplexado de señales, almacenamiento de datos, operaciones aritmético-lógicas e interfase con otros dispositivos, entre otras; dispone de memoria suficiente debido a la expansibilidad de los módulos de memoria. Su característica fundamental a nivel funcional es que se aplica eficientemente en el tratamiento de señales digitales. Programando el sistema según el algoritmo específico de separación ciega de señales desarrollado en esta invención, el sistema de procesamiento realiza las operaciones necesarias con las señales de mezcla de manera tal que a la salida se obtiene un conjunto de señales digitales distintas a las recibidas y muy correlacionadas con las señales originales desconocidas, siendo los conversores analógicos (4) los que convierten los valores digitales de dichas señales en analógicos. Al detectar en (5) dichos valores, se comprueba que las señales obtenidas son aquéllas originales desconocidas ya separadas de la mezcla.

El sistema de separación, objeto de la invención, y concretamente el sistema de procesamiento de señal (3) lleva incorporado un procedimiento de separación ciega de señales basado en consideraciones geométricas. A nivel de Geometría, se ha desarrollado un procedimiento que consiste en caracterizar el hiperparalelepípedo formado en el espacio de las observaciones ó mezclas y obtener las coordenadas de ciertos puntos pertenecientes a los hiper-ejes de dicho hiperparalelepípedo. El proceso maximiza los ángulos de los vectores hiperdimensionales en el espacio de las observaciones hasta encontrar ciertos vectores deseados, que corresponden a valores de vectores ortogonales en el espacio desconocido de las señales originales. A partir de los vectores obtenidos en el espacio de las observaciones, se realiza una transformación con las señales de mezcla captadas de manera que se generan réplicas digitales de las señales a separar. Finalmente, los módulos conversores (4) transforman los valores digitales provenientes del sistema de procesamiento, obteniéndose exactamente las señales originales separadas de las mezclas.

El hardware diseñado, con conversores digitales de 80 kHz, y el software implementado en la tarjeta del sistema de procesamiento de señales, que utiliza primitivas de cómputo eficientes, están optimizados de tal modo que se consigue una separación en tiempo real de hasta 4 señales de voz con frecuencia máxima de 10 Khz.

La modularidad y funcionalidad del sistema permite la conexión del mismo en slots de expansión en cualquier tipo de computador, en sistemas de adquisición y procesamiento de datos ó en sistemas de control.

#### Ejemplo de aplicación

A continuación se concreta un ejemplo de aplicación (ver figura 2) según la presente invención que permite separar un conjunto de mezclas según las siguientes características:

A través de cuatro líneas de comunicación digital se reciben señales deterioradas, mezcladas y afectadas de ruido gaussiano. Se pretende separar dichas mezclas para obtener las señales en buen estado.

El sistema de separación de la figura 1 está conectado de manera que capta por los sensores (1) la información proveniente de los cuatro canales de comunicación digital correspondiente a las señales (b) en la figura 2. Al cabo de 12 milisegundos, el sistema proporciona cuatro señales por los detectores (5) en la figura 1, que corresponden a las señales (c) en la figura 2. Han sido necesarias 250 muestras de las señales (b) para obtener la separación total de las señales en (c). Como se observa en la figura 2, las señales originales desconocidas antes de mezclarse y generadas en fuentes remotas ó distantes, están representadas en (a), y corresponden con las que el sistema de

separación ciega ha obtenido. Sólo hemos representado los 12 primeros milisegundos en la figura 2; a medida que el sistema sigue procesando, la separación es mejorada.

Otra ventaja del sistema objeto de la invención es que puede estar constantemente conectado ya que si las señales no presentan distorsión, mezcla ó ruido el sistema de separación las deja inalteradas, mejorando siempre las características de relación señal-ruido; además, la separación se realiza en tiempo real, con lo que el retardo de propagación es mínimo y en circuitos de procesamiento rápido de señales esto es una clara ventaja.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Sistema automático de separación ciega de señales, **caracterizado** por incorporar:

- (a) Sensores de medida de señales mezcladas y conversores digitales conectados a la entrada del módulo de procesamiento digital.
- (b) Un módulo de procesamiento digital de las señales de mezcla compuesto por una unidad de memoria principal que almacena el procedimiento de separación ciega, registros de memoria, unidad de procesamiento en coma flotante y módulos de expansión de memoria para almacenamiento temporal de datos.
- (c) Conversores analógicos a la salida del módulo de procesamiento y detectores de las señales de salida del conversor.

2. Unidad de almacenamiento del procedi-

miento de separación ciega de señales, según reivindicación 1.b, **caracterizado** porque se incorpora en la misma tarjeta de procesamiento, sin necesidad de utilizar módulos de memoria externos de otros procesadores.

3. Unidad de almacenamiento del procedimiento de separación ciega de señales, según reivindicación anterior, **caracterizado** porque utiliza primitivas de cálculo rápidas, basadas en operaciones vectoriales, que permiten la separación en tiempo real de las señales mezcladas.

4. Sistema de separación ciega de señales, según reivindicación 1, **caracterizado** porque permite la separación de cualquier número de señales mezcladas.

5. Sistema de separación ciega de señales, según reivindicación anterior, **caracterizado** porque actúa como eliminador de ruido en señales, proporcionando también en una de sus salidas dicha fuente de ruido.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

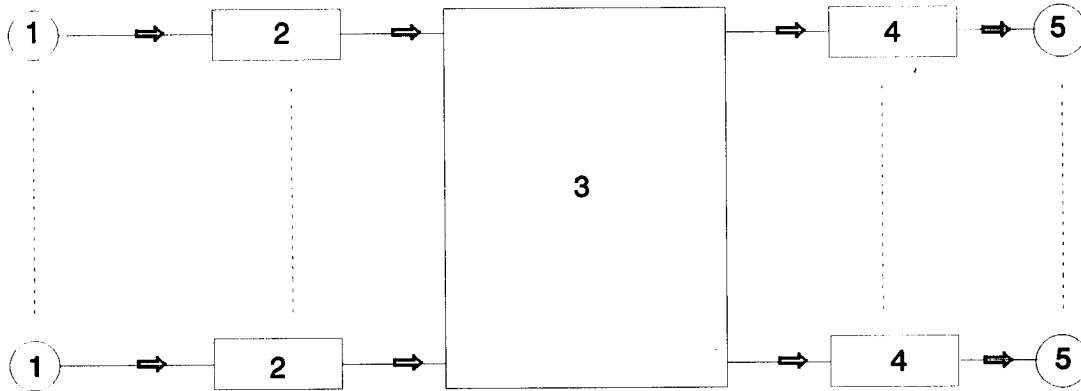


Figura 1.

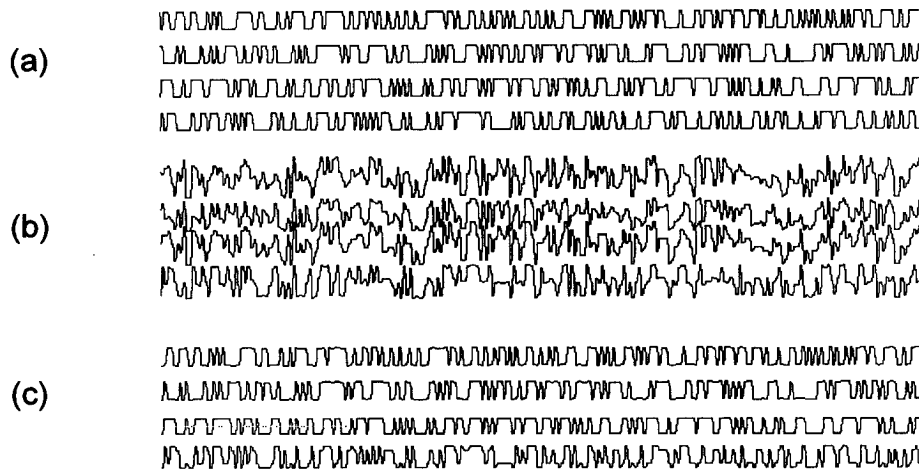


Figura 2.



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>: H04L 1/02, H03H 17/00, 21/00, G06F 17/10

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	EP-565479-A (RAMOT UNIVERSITY AUTHORITY FOR APPLIED RESEARCH & INDUSTRIAL DEVELOPMENT LTD.) 13.10.93 * Todo el documento *	1,3-5
A	US-5511008-A (FLAMENT et al.) 23.04.96 * Todo el documento *	1,3-5

**Categoría de los documentos citados**

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

**Fecha de realización del informe**  
02.07.98

**Examinador**  
J. Botella Maldonado

**Página**  
1/1