



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 715**

51 Int. Cl.:  
**A61N 1/36** (2006.01)  
**G10L 15/20** (2006.01)  
**H04R 25/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07764867 .3**  
96 Fecha de presentación : **26.06.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2024022**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.02.2009**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para generar un patrón de actividad filtrado, separador de fuentes, procedimiento para generar una señal de audio depurada y programa informático.**

30 Prioridad: **30.06.2006 DE 10 2006 030 276**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.04.2011**

73 Titular/es: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der Angewandten Forschung e.V.**  
**Hansastraße 27C**  
**80686 München, DE**

72 Inventor/es: **Klevenz, Frank**

74 Agente: **Arizti Acha, Mónica**

ES 2 357 715 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**

Dispositivo y procedimiento para generar un patrón de actividad filtrado, separador de fuentes, procedimiento para generar una señal de audio depurada y programa informático.

5 La presente invención se refiere, en general, a un dispositivo y a un procedimiento para generar un patrón de actividad filtrado, a un separador de fuentes, a un procedimiento para generar una señal de audio depurada y a un programa informático, en especial a un concepto para el filtrado de fuentes de ruido.

10 En el ámbito de la tecnología médica actual se considera un reto importante posibilitar que las personas con discapacidad auditiva puedan participar en la vida diaria. Con este fin se conocen en la tecnología médica un gran número de diferentes audífonos. Un reto particular se presenta en el caso de que el oído interno de un paciente esté dañado. En este caso es necesario estimular directamente los nervios auditivos del paciente.

Si bien esto ya puede lograrse con éxito con ayuda de implantes cocleares, los pacientes con implantes cocleares tienen sin embargo dificultades particulares, cuando se encuentran en la proximidad de varias fuentes de sonido distintas. En este caso disminuye claramente, entre otras cosas, la inteligibilidad del habla.

15 Por este motivo existe la necesidad de mejorar la sensación auditiva de los pacientes con un implante coclear precisamente en aquellas situaciones en las que están presentes varias fuentes de sonido.

A continuación se comentarán algunos documentos que proporcionan información de base respecto a la problemática mencionada.

20 Así, el artículo "A revised neurobiologically parameterized model of the cochlea and an attached auditory image processing network" de T. Harczos (estudiante de doctorado de segundo año) y su tutor, Dr. T. Roska (PPCU Multidisciplinary Doctoral School, 2005-2006 annual report) describe un modelo parametrizado neurobiológico de la cóclea. En el modelo descrito se utiliza un modelado de la membrana basilar según un modelo de Zwicker/Baumgarte ampliado. Además, se simula una célula ciliada interna empleando el modelo de Meddis, mediante el cual se calcula una liberación vesicular. Además se modela adicionalmente el espacio sináptico, y después se modelan también fenómenos detrás del espacio sináptico.

25 Más información con vistas a un procesamiento de datos de sonido empleando una transformada de Hough se encuentran, por ejemplo, en el artículo "A neurobiologically inspired vowel recognizer using Hough-transform" de T. Harczos, F. Klefenz y A. Kátai (publicado en Proceedings VISAPP 2006, Setubal, Portugal, 25 - 28 de febrero de 2006).

30 El documento de contribución principal SCHALLANALYSE titulado "Neuronale Repräsentation des Hörvorgangs als Basis" de G. Szepannek, F. Klefenz y C. Weihs, publicado en línea el 28 de septiembre de 2005, Informatik-Spektrum, Springer-Verlag GmbH, ISSN: 0170-6012 (Paper), describe un modelado de una respuesta de un nervio auditivo así como una extracción de información.

35 Más información se encuentra en el artículo "Feature Extraction for sound classification by means of a perceptually motivated neurophysiologic parameterized auditory model" de T. Harczos, A. Kátai, F. Klefenz, P. Schikowski y G. Szepannek (publicado en la conferencia de la Sociedad para la Clasificación GfKI 2006 del 8 de marzo al 10 de marzo de 2006 en Berlín).

40 Además, la solicitud de patente alemana no publicada con anterioridad con el número de referencia oficial DE 2005 10 030 327 describe un concepto para el análisis de una señal de audio. Dicha solicitud de patente, para la que por lo demás existe una solicitud internacional WO 2007/000231 A1, describe un procedimiento y un programa informático para el análisis de una señal de audio, para obtener una representación analítica de la señal de audio. El documento mencionado describe además un concepto relativo a la simulación parametrizada neurofisiológica de las primeras fases del sistema auditivo.

45 De manera similar, la solicitud de patente alemana con número de referencia oficial 10 2005 030 327 describe una utilización de un modelo auditivo neurofisiológico y una generación de señales basada en el mismo. Respecto al documento mencionado existe por lo demás una solicitud estadounidense paralela con el número de referencia oficial 11/172.605.

50 Por lo demás, el documento US 6.442.510 B1 describe un concepto relativo a la determinación de un diferencial de tiempo transcurrido para formas de onda de señal para un reconocimiento de patrones en tiempo real, una localización y una supervisión de señales ópticas y acústicas. El concepto mencionado comprende las etapas de detectar de manera segmentada y hacer coincidir formas de onda de señal para una conversión en trayectorias monótonas y continuas, para un reconocimiento de patrones en tiempo real, así como para una localización y supervisión de señales ópticas y acústicas. El procedimiento descrito en dicho documento determina diferenciales de tiempo transcurrido, detectando señales clave preprogramadas mediante un muestreo de señales. Se corrigen los datos de las señales muestreadas y se determinan pares de combinaciones de señal de diferenciales de tiempo transcurrido de señal dados a partir de la coincidencia de las señales detectadas.

5 El dispositivo comprende, al menos dos receptores para generar secuencias de valores digitales a partir de señales acústicas entrantes. El dispositivo comprende además generadores de vectores, para conformar los valores digitales en vectores de entrada, una unidad de detección de señales, que está dispuesta después de cada generador de vectores, y que presenta cadenas de flujos de señales paralelas, programables así como unidades de sumador/comparador. Las unidades de sumador/comparador están dispuestas en perpendicular a las cadenas de flujos de señales de manera equidistante. El dispositivo comprende además una unidad de múltiples coincidencias, constituida por dos registros de desplazamiento antiparalelos, que forman cadenas de biestables, así como puertas Y.

10 En vista del estado de la técnica conocido, el objetivo de la presente invención es crear un concepto adaptado a la audición para generar una representación filtrada de una señal de audio, de modo que se reduzca la influencia de fuentes de sonido molesto en la representación filtrada.

Este objetivo se soluciona mediante un dispositivo para generar un patrón de actividad filtrado según la reivindicación de patente 1, un separador de fuentes según la reivindicación de patente 12, un procedimiento para generar un patrón de actividad filtrado según la reivindicación de patente 13, un procedimiento para generar una señal de audio depurada según la reivindicación 14, así como mediante un programa informático según la reivindicación de patente 15.

15 La presente invención crea un dispositivo para generar un patrón de actividad filtrado según la reivindicación de patente 1.

20 La idea principal de la presente invención es que puede generarse un patrón de actividad filtrado, en particular de manera fiable, basándose en un primer patrón de actividad en un modelo auditivo de un primer oído y un segundo patrón de actividad en un modelo auditivo de un segundo oído, identificando en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad trayectorias que están asociadas al mismo evento de sonido, determinando si las dos trayectorias identificadas están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil, y obteniendo el primer patrón de actividad o el segundo patrón de actividad basándose en el resultado de la determinación de si una trayectoria está asociada a un evento de sonido de la fuente de sonido útil (o a un evento de sonido de una fuente de sonido molesto).

25 Concretamente se ha mostrado que, mediante el empleo de dos patrones de actividad, formados en un modelo auditivo de un primer oído y un modelo auditivo de un segundo oído, puede lograrse información particularmente precisa sobre si dos trayectorias, que aparecen en ambos patrones de actividad, y que están asociadas al mismo evento de sonido, proceden de una fuente de sonido útil o de una fuente de sonido molesto. Concretamente se determinan una primera trayectoria basándose en el modelo auditivo del primer oído y una segunda trayectoria basándose en el modelo auditivo del segundo oído, perteneciendo las trayectorias al mismo evento de sonido, de modo que mediante la comparación de ambas trayectorias puede reconocerse de manera particularmente sencilla y fiable si las trayectorias proceden de una fuente de sonido útil o de una fuente de sonido molesto.

30 El motivo para ello consiste en que las trayectorias que proceden de una fuente de sonido útil están distorsionadas o desplazadas en el tiempo, una respecto a otra, en ambos oídos normalmente de manera distinta a las trayectorias que pertenecen al evento de sonido molesto. Debido a la distorsión o al desplazamiento de las dos trayectorias que pertenecen al mismo evento de sonido en ambos patrones de actividad es posible por tanto una asociación particularmente sencilla de si las trayectorias están asociadas a un evento de sonido útil o a un evento de sonido molesto.

35 El hecho de saber si una trayectoria está asociada a un evento de sonido útil o a un evento de sonido molesto (o a una fuente de sonido útil o a una fuente de sonido molesto), se aprovecha por lo demás en el marco del filtrado según la invención para obtener el patrón de actividad filtrado a partir del primer patrón de actividad o a partir del segundo patrón de actividad, de modo que en el patrón de actividad filtrado predominan eventos de actividad que están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, frente a eventos de sonido que están asociados a una fuente de sonido molesto, o de modo que en el patrón de actividad filtrado los eventos de actividad que no están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, ya no están presentes o se han eliminado.

40 En otras palabras, el concepto según la invención consiste esencialmente en determinar, mediante una comparación o mediante una determinación de una distorsión o desplazamiento temporal de trayectorias en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad, que están asociadas al mismo evento de sonido, si las trayectorias pertenecen a un evento de sonido útil de una fuente de sonido útil o a un evento de sonido molesto de una fuente de sonido molesto, y para filtrar el primer patrón de actividad o el segundo patrón de actividad basándose en dicha información, para obtener el patrón de actividad filtrado.

45 Una ventaja esencial de la presente invención consiste por tanto en que, en la generación de un patrón de actividad filtrado se recurre a los dos oídos. Para determinar si una trayectoria está asociada a una fuente de sonido útil o a una fuente de sonido molesto, se recurre por tanto a toda la información disponible de dos modelos auditivos (por ejemplo de un oído izquierdo y de un oído derecho). Para la identificación de trayectorias de fuentes de sonido útil o de fuentes de sonido molesto puede recurrirse por tanto a relaciones entre trayectorias correspondientes (pertenecientes al mismo evento de sonido) del primer patrón de actividad y del segundo patrón de actividad. De este modo se consigue una diferenciación particularmente eficaz y fiable de trayectorias de fuentes de sonido útil y de fuentes de sonido molesto,

que por lo demás se percibe de manera similar a un procesamiento binaural de señales acústicas en el cerebro humano.

5 Según la invención, el dispositivo contiene un identificador, para determinar un desplazamiento temporal entre las dos trayectorias identificadas que están asociadas al mismo evento de sonido. En este caso el determinador está diseñado para establecer, con ayuda del desplazamiento temporal, si dos trayectorias que están asociadas al mismo evento de sonido están asociadas a un evento de sonido de la fuente de sonido útil o a un evento de sonido de la fuente de sonido molesto.

10 El concepto descrito se basa en el conocimiento de que precisamente un desplazamiento temporal entre dos trayectorias es una característica particularmente distintiva, que permite separar trayectorias que proceden de un evento de sonido útil o una fuente de sonido útil, de trayectorias que proceden de una fuente de sonido molesto o un evento de sonido molesto. El desplazamiento temporal entre las trayectorias es concretamente una medida de una posición espacial de la fuente de sonido. Un desplazamiento temporal se produce normalmente por una diferencia de tiempo transcurrido entre la fuente de sonido y el primer oído así como entre la fuente de sonido y el segundo oído. Esta diferencia de tiempo transcurrido depende de la posición de la fuente de sonido con respecto a los dos oídos (separados uno de otro). Además, se ha mostrado por lo demás que precisamente la diferencia de tiempo transcurrido, es decir la dirección desde la que llega sonido desde una fuente de sonido útil o una fuente de sonido molesto, es una característica particularmente importante y eficaz para separar fuentes de sonido útil y fuentes de sonido molesto, ya que normalmente lleva a buenos resultados recoger eventos de sonido procedentes de precisamente una dirección o de una zona angular delimitada (dado el caso también inconexa), y considerar los eventos de sonido que tienen su origen fuera de la zona angular mencionada como fuentes de sonido molesto. Por consiguiente es preferible reducir o cancelar eventos de actividad que tienen su origen fuera de la zona angular mencionada.

15 La presente invención crea además un procedimiento correspondiente para generar un patrón de actividad filtrado según la reivindicación de patente 13.

20 Teniendo en cuenta el reconocimiento según la invención, en el que se basa este procedimiento, y las ventajas del procedimiento según la invención respecto a los procedimientos convencionales, se remite por lo demás a las explicaciones respecto al dispositivo según la reivindicación 1.

25 La presente invención crea además un separador de fuentes según la reivindicación 12.

30 Según una idea principal de la presente invención se ha mostrado que, para separar varias fuentes, por ejemplo una fuente de sonido útil y una fuente de sonido molesto, en una señal de audio de al menos dos canales, es ventajoso convertir ambos canales de la señal de audio, separados en primer lugar en patrones de actividad, en un modelo auditivo de un primer oído y en un modelo auditivo de un segundo oído. Basándose en los patrones de actividad se reconocen entonces trayectorias en los patrones de actividad, que están asociadas al mismo evento de sonido. Basándose en el reconocimiento o identificación de dos trayectorias, que están asociadas al mismo evento de sonido, se determina entonces, tal como ya se ha explicado anteriormente, si las dos trayectorias están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil o a un evento de sonido de una fuente de sonido molesto. Por tanto puede producirse una separación de fuentes según la invención tomando como base los patrones de actividad.

35 Concretamente se ha mostrado que precisamente al emplear patrones de actividad en un modelo auditivo pueden separarse fuentes de sonido de manera particularmente eficaz, ya que los eventos de sonido de diferentes fuentes de sonido en el patrón de actividad están representados como trayectorias diferenciables. Mientras que, concretamente en una representación temporal de una señal de audio o en una representación en frecuencia de la señal de audio, las señales que pertenecen a distintas fuentes de sonido se solapan, las distintas fuentes de sonido o el contenido de información de las distintas fuentes de sonido están representados en patrones de actividad de un modelo auditivo mediante trayectorias diferenciables separadas. Por este motivo, un filtrado basado en los patrones de actividad del modelo auditivo es particularmente eficaz y está adaptado por lo demás a un procesamiento en el cerebro humano, de modo que en el patrón de actividad filtrado pueden distanciarse fuentes de sonido molesto o cancelarse con una cancelación particularmente mayor. El reconocimiento de las trayectorias que pertenecen a eventos de sonido útil o a eventos de sonido molesto se consigue, por lo demás, tal como ya se describió anteriormente, mediante el empleo de dos patrones de actividad para modelos auditivos de dos oídos de manera particularmente fiable y eficaz. Mediante transformación inversa posterior del patrón de actividad filtrado en una representación temporal, una representación en frecuencia o una representación de subbanda de la señal de audio depurada, que se describe mediante el patrón de actividad filtrado, se posibilita un procesamiento posterior convencional adicional de la señal de audio filtrada (es decir de la señal de audio obtenida a partir del patrón de actividad filtrado mediante transformación inversa).

40 La presente invención crea, por lo demás, un procedimiento para generar una señal de audio depurada según la reivindicación de patente 14. El concepto mencionado para generar un patrón de actividad depurado se corresponde, en su modo de funcionamiento, al del separador de fuentes según la invención.

45 La presente invención crea además un programa informático según la reivindicación de patente 15.

50 Por lo demás, ha de indicarse que las reivindicaciones de patente dependientes definen ejemplos de realización preferidos de la presente invención.

Ejemplos de realización preferidos de la presente invención se explican a continuación más detalladamente en referencia a las figuras adjuntas. Muestran:

- la figura 1, un diagrama de conexiones de bloques de un dispositivo según la invención para generar un patrón de actividad, según un ejemplo de realización de la presente invención;
- 5 la figura 2, un diagrama de conexiones de bloques de un dispositivo según la invención para generar un patrón de actividad filtrado, según un ejemplo de realización de la presente invención;
- la figura 3a, una representación esquemática de trayectorias en un patrón de actividad, que describe un número de vesículas de neurotransmisor;
- 10 la figura 3b, una representación esquemática de trayectorias en un patrón de actividad en una pluralidad de fibras nerviosas;
- la figura 3c, una representación esquemática de señales digitalizadas, que representan el patrón de actividad según la figura 3a y 3b;
- la figura 3d, una representación esquemática de un patrón bidimensional, que describe el patrón de actividad según las figuras 3a o 3b, y que se basa en las señales digitalizadas según la figura 3c;
- 15 la figura 4a, una representación esquemática de un primer patrón de actividad y un segundo patrón de actividad, que comprenden una pluralidad de trayectorias;
- la figura 4b, una representación esquemática de un patrón de actividad filtrado, generado basándose en los patrones de actividad según la figura 4a;
- 20 la figura 5a, un diagrama de conexiones de bloques de un medio de múltiples coincidencias según la invención según un ejemplo de realización de la presente invención;
- la figura 5b, un diagrama de conexiones detallado de una columna de un medio de múltiples coincidencias según la invención según la figura 5a;
- la figura 5c, un diagrama de conexiones de una celda de coincidencia para su uso en un medio de múltiples coincidencias según la figura 5a;
- 25 la figura 6a, una representación esquemática de un procesamiento gradual de dos trayectorias de igual curvatura en un medio de múltiples coincidencias según la invención, sin y con presencia de un desplazamiento temporal entre las trayectorias;
- la figura 6b, una representación esquemática de un procesamiento gradual de dos trayectorias de distinta curvatura en un medio de múltiples coincidencias según la invención;
- 30 la figura 7, un diagrama de conexiones de bloques de un identificador según la invención para identificar trayectorias en dos patrones de actividad, según un ejemplo de realización de la presente invención;
- la figura 8, un diagrama de conexiones de bloques de un dispositivo para la realización según la invención de un reconocimiento de patrones basándose en un patrón de actividad;
- 35 la figura 9, una representación gráfica de señales en un dispositivo para la realización según la invención de un reconocimiento de patrones;
- la figura 10, un diagrama de conexiones de una red de Hubel-Wiesel para la realización según la invención de un reconocimiento de patrones;
- la figura 11, una representación esquemática de un desarrollo en una simulación de audición humana así como los resultados intermedios y finales que aparecen en la simulación;
- 40 la figura 12, un diagrama de flujo de un procedimiento según la invención para generar un patrón de actividad filtrado, según un ejemplo de realización de la presente invención;
- la figura 13, un diagrama de conexiones de bloques de un separador de fuentes según la invención, según un ejemplo de realización de la presente invención;
- 45 la figura 14, un diagrama de flujo de un procedimiento según la invención para generar una señal de audio depurada, según un ejemplo de realización de la presente invención;
- la figura 15, un extracto de un diagrama de conexiones de bloques de un dispositivo según la invención, según un ejemplo de realización de la presente invención; y

la figura 16, una representación esquemática de una cóclea humana así como células ciliadas internas seleccionadas.

La figura 1 muestra un diagrama de conexiones de bloques de un dispositivo según la invención para generar un patrón de actividad filtrado basándose en un primer patrón de actividad en un modelo auditivo de un primer oído, y un segundo patrón de actividad en un modelo auditivo de un segundo oído. El dispositivo según la figura 1 se designa en su totalidad con 100. El dispositivo 100 está diseñado para recibir un primer patrón 110 de actividad de un modelo auditivo de un primer oído. El dispositivo 100 está diseñado además para recibir un segundo patrón 112 de actividad de un modelo auditivo de un segundo oído. El dispositivo 100 comprende un identificador 120, que está diseñado para recibir el primer patrón 110 de actividad y el segundo patrón 112 de actividad. El identificador 120 está diseñado para reconocer una primera trayectoria en el primer patrón de actividad y una segunda trayectoria en un segundo patrón de actividad, que están asociadas a un mismo evento de sonido (por ejemplo un comienzo de vocal, de consonante, de un sonido, un chasquido o un evento de sonido de otro tipo, que da como resultado una onda viajera en la membrana basilar). Por un mismo evento de sonido se entiende a este respecto por ejemplo un evento de sonido que conduce a trayectorias de igual curvatura y/o igual longitud (al menos aproximadamente o dentro de un intervalo de tolerancia). Preferiblemente, por un mismo evento de sonido se entiende un mismo evento en una señal acústica procedente de una fuente de sonido.

El identificador 120 está diseñado además para suministrar información 126 que describe la primera trayectoria 122 en el primer patrón 110 de actividad y la segunda trayectoria 124 en el segundo patrón 112 de actividad, que están ambas asociadas al mismo evento de sonido. Un determinador 130 recibe la información 126, y está diseñado para determinar, basándose en la información 126 sobre la primera trayectoria 122 y la segunda trayectoria 124, si las dos trayectorias 122, 124, que están asociadas al mismo evento de sonido, están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil o a un evento de sonido de una fuente de sonido molesto. El determinador 130 suministra por tanto información 136 que indica si las trayectorias 122, 124 están asociadas a un evento de sonido útil de una fuente de sonido útil o a un evento de sonido molesto de una fuente de sonido molesto.

El dispositivo 100 comprende además un filtro 140 para filtrar el primer patrón 110 de actividad o el segundo patrón 112 de actividad basándose en un resultado 136 de la determinación de si una trayectoria está asociada a un evento de sonido de la fuente de sonido útil o a un evento de sonido de la fuente de sonido molesto. El filtro 140 recibe por tanto o bien el primer patrón 110 de actividad, o bien, alternativamente, el segundo patrón 112 de actividad. Sin embargo también es posible que el filtro 140 reciba tanto el primer patrón 110 de actividad como el segundo patrón 112 de actividad.

El filtro 140 está diseñado por lo demás para generar un patrón 146 de actividad filtrado, de modo que en el patrón de actividad filtrado predominan eventos de actividad que están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, o de modo que eventos de actividad que no están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, ya no están presentes en el patrón de actividad filtrado o se han eliminado.

Basándose en la descripción estructural anterior se explica a continuación de nuevo más detalladamente el modo de funcionamiento del dispositivo 100. El identificador 120 recibe un primer patrón 110 de actividad así como un segundo patrón 112 de actividad. Los patrones 110, 112 de actividad son, por ejemplo, en cada caso una pluralidad de señales paralelas, que describen una actividad en el interior de o en células auditivas (preferiblemente células auditivas internas o células ciliadas internas) de un modelo auditivo. En otras palabras, el primer patrón 110 de actividad comprende una pluralidad de señales paralelas o información, que describen una actividad en el interior de o en una pluralidad de células auditivas de un primer oído (por ejemplo de un oído izquierdo). El segundo patrón 112 de actividad comprende además normalmente una pluralidad de señales o información paralelas, que describen una actividad en el interior de o en células auditivas (preferiblemente células auditivas internas o células ciliadas internas) de un segundo oído.

Alternativamente a esto los patrones de actividad pueden describir también una actividad en fibras nerviosas de nervios auditivos. Por ejemplo el primer patrón 110 de actividad puede describir una actividad (o un desarrollo temporal de una actividad) en una pluralidad de fibras nerviosas, que pertenecen a un primer oído (por ejemplo el oído izquierdo), mientras que por el contrario el segundo patrón 112 de actividad describe una actividad en una pluralidad de fibras nerviosas, que pertenecen a un segundo oído (por ejemplo a un oído derecho).

Por lo demás se prefiere que el primer patrón 110 de actividad y el segundo patrón 112 de actividad se obtengan mediante el empleo de modelos auditivos para el primer oído y el segundo oído. En otras palabras, el modelo auditivo para el primer oído recibe una primera señal de audio, por ejemplo desde un primer micrófono, que está dispuesto en el lado izquierdo de una cabeza (por ejemplo humana), y suministra el primer patrón de actividad.

Además se prefiere que el segundo patrón de actividad se determine mediante un modelo auditivo de un segundo oído (por ejemplo de un oído derecho) basándose en una segunda señal de audio. La segunda señal de audio puede suministrarse por ejemplo por un segundo micrófono, que está dispuesto por ejemplo en el lado derecho de una cabeza (por ejemplo humana).

Por tanto el primer patrón 110 de actividad y el segundo patrón 112 de actividad describen normalmente dos señales de audio de dos fuentes de señales de audio diferentes (por ejemplo de dos micrófonos dispuestos de distinta manera). Sin

embargo, los dos patrones de actividad también pueden describir señales de audio de al menos dos canales de una señal de audio multicanal.

5 Por lo demás se hace referencia a que el primer patrón 110 de actividad y el segundo patrón 112 de actividad se forman normalmente mediante una pluralidad de señales temporales, que describen (por ejemplo en caso de una  
representación bidimensional de las mismas) un patrón bidimensional. Por ejemplo el primer patrón de actividad puede  
10 contener N informaciones o señales temporales paralelas, que describen una actividad en el interior de o en N células auditivas diferentes o en N nervios auditivos diferentes en función del tiempo. De manera similar el segundo patrón 112 de actividad puede comprender una pluralidad de informaciones o señales (temporales) paralelas, que describen un desarrollo temporal de una actividad en el interior de o en una pluralidad de células auditivas o en una pluralidad de nervios auditivos.

15 La aparición de una actividad (es decir por ejemplo de un estado activo, que se indica por ejemplo mediante una modificación característica de una concentración de una sustancia determinada o de un potencial eléctrico) se designa por lo demás en lo sucesivo como un evento de actividad, y resulta evidente a partir de los patrones 110, 112 de actividad. En el caso de un evento de actividad, puede tratarse por ejemplo de una aparición de vesículas de neurotransmisor en una célula auditiva (por ejemplo en un espacio sináptico de la célula auditiva) o de una aparición de un potencial de acción (activo) en una fibra nerviosa.

20 El identificador 120 está diseñado para recibir el primer patrón 110 de actividad y el segundo patrón 112 de actividad, y para identificar una primera trayectoria 122 en el primer patrón 110 de actividad en una segunda trayectoria 124 en el segundo patrón 112 de actividad, que están asociadas al mismo evento de sonido. Ha de indicarse a este respecto que las trayectorias que están asociadas al mismo evento de sonido presentan normalmente una forma al menos similar y/o una longitud similar, y debido a las características mencionadas pueden identificarse como correspondientes o como pertenecientes al mismo evento de sonido. Además se conoce que las trayectorias que están asociadas al mismo evento de sonido, o que pertenecen a un mismo evento de sonido, normalmente aparecen dentro de un intervalo de tiempo máximo predeterminado.

25 Por tanto, el identificador 120 está diseñado preferiblemente para identificar trayectorias similares entre sí, es decir por ejemplo trayectorias, cuya curvatura difiere menos de una diferencia máxima admisible predeterminada entre sí, y que aparecen dentro de un intervalo de tiempo máximo predeterminado, como trayectorias pertenecientes a un mismo evento de sonido. Alternativa o adicionalmente, el identificador 120 puede estar diseñado además para tener en cuenta la longitud de las trayectorias en la determinación de si dos trayectorias están asociadas a un mismo evento de sonido.  
30 En otras palabras, el identificador 120 puede estar diseñado por ejemplo para indicar que dos trayectorias pertenecen a un mismo evento de sonido, cuando éstas aparecen dentro de un intervalo de tiempo máximo predeterminado, y cuando éstas presentan además, hasta una diferencia máxima admisible predeterminada, una misma longitud.

35 Basándose en el reconocimiento de que dos trayectorias 122, 124 están asociadas a un mismo evento de sonido, el identificador 120 suministra la información 126, que comprende información sobre las dos trayectorias 122, 124 correspondientes identificadas. La información 126 puede comprender por ejemplo información que posibilita encontrar al menos una de las trayectorias 122, 124 correspondientes identificadas (o eventos de actividad asociados) en el primer patrón 110 de actividad o en el segundo patrón 112 de actividad.

40 Por ejemplo la información 126 puede comprender información sobre el instante en el que aparecen las trayectorias 124 correspondientes. Además, la información 126 puede comprender alternativa o adicionalmente información sobre la longitud de ambas trayectorias 124, 126. Alternativa o adicionalmente, la información 126 comprende además una indicación sobre en qué medida se diferencian las dos trayectorias 122, 124 entre sí. Dicha información 126 puede proporcionar por ejemplo una indicación sobre en qué medida se diferencian las curvaturas de ambas trayectorias 124, 126 correspondientes, asociadas al mismo evento de sonido. Además la información 126 puede portar alternativa o adicionalmente información sobre la magnitud de un desplazamiento temporal entre las dos trayectorias 124, 126.

45 El determinador 130 está diseñado preferiblemente para recibir la información 126 procedente del identificador 120, y para determinar, basándose en la misma, si las dos trayectorias 122, 124 correspondientes identificadas están asociadas a un evento de sonido útil o a una fuente de sonido útil, o a un evento de sonido molesto o a una fuente de sonido molesto. En un ejemplo de realización preferido, el determinador 130 está diseñado para deducir la información de si las dos trayectorias correspondientes identificadas están asociadas a una fuente de sonido útil o a una fuente de  
50 sonido molesto, mediante una comparación de propiedades o características de ambas trayectorias 122, 124 correspondientes identificadas. Así el identificador 130 puede estar diseñado por ejemplo para comparar las longitudes de dos trayectorias 122, 124 identificadas como correspondientes. Si por ejemplo las longitudes difieren entre sí, entonces esto puede valorarse como una indicación de que las dos trayectorias 122, 124 identificadas están asociadas a una fuente de sonido molesto, cuando se parte por ejemplo de que las longitudes de las trayectorias que están  
55 asociadas a una fuente de sonido útil son iguales entre sí dentro de un intervalo de tolerancia predeterminado.

Además el determinador 130 puede estar diseñado para comparar las curvaturas de ambas trayectorias 122, 124 identificadas como correspondientes, para, basándose en ello, proporcionar una indicación de si ambas trayectorias 122, 124 están asociadas a una fuente de sonido útil o a una fuente de sonido molesto.

5 En un ejemplo de realización preferido adicional, el determinador está diseñado para determinar un desplazamiento temporal entre las dos trayectorias 122, 124 identificadas como correspondientes, y para determinar la decisión de si las trayectorias identificadas como correspondientes están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil o de una fuente de sonido molesto, basándose en la magnitud del desplazamiento temporal entre las trayectorias 122, 124 identificadas como correspondientes.

10 El filtro 140 está diseñado preferiblemente para obtener información sobre cuáles de las trayectorias identificadas mediante el identificador 120 están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil y/o cuáles de las trayectorias identificadas por el determinador 130 están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido molesto. En un ejemplo de realización, el filtro 140 está diseñado para recibir el primer patrón de actividad o el segundo patrón de actividad, y para recibir además información sobre cuáles de las trayectorias contenidas en el primer patrón de actividad o en el segundo patrón de actividad están asociadas a una fuente de sonido útil. El filtro 140 está diseñado en este caso para adoptar las trayectorias designadas mediante la información 136 (o sus eventos de actividad), que están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil, en el patrón 146 de actividad filtrado, y para cancelar por ejemplo las trayectorias restantes (o sus eventos de actividad) en el primer patrón 110 de actividad y en el segundo patrón 112 de actividad, en la generación del patrón 146 de actividad filtrado, o al menos atenuarlas con respecto a las trayectorias y/o eventos de actividad pertenecientes a eventos de sonido útil de la fuente de sonido útil.

15 En un ejemplo de realización adicional, el filtro 140 está diseñado para obtener como información 136, información sobre cuáles de las trayectorias 122, 124 identificadas mediante el identificador 120 están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido molesto. En este caso, el filtro 140 está diseñado preferiblemente para eliminar o atenuar del primer patrón 110 de actividad o del segundo patrón 112 de actividad aquellas trayectorias (o los eventos de actividad pertenecientes a las correspondientes trayectorias), que según la información 136 pertenecen a un evento de sonido de la fuente de sonido molesto.

20 En otras palabras, el filtro 140 puede estar diseñado por ejemplo para retransmitir, basándose en el primer patrón 110 de actividad o en el segundo patrón 112 de actividad, sólo aquellas trayectorias o eventos de sonido, que según la información 136 están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil. Alternativamente a esto, el filtro 140 puede estar diseñado para eliminar del primer patrón 110 de actividad o del segundo patrón 112 de actividad aquellas trayectorias o eventos de actividad, que según la información 136 están asociados a un evento de sonido de una fuente de sonido molesto.

25 Por tanto en la salida del filtro 146 se produce en conjunto un patrón de actividad filtrado, en el que se cancelan o atenúan trayectorias o eventos de actividad que pertenecen a eventos de sonido de la fuente de sonido molesto, y en el que están contenidos, sin atenuar o amplificar, eventos de actividad o trayectorias que pertenecen a eventos de sonido de la fuente de sonido útil.

30 La figura 2 muestra un diagrama de conexiones de bloques de un dispositivo según la invención para generar un patrón de actividad filtrado basándose en un primer patrón de actividad de un modelo auditivo de un primer oído y en un segundo patrón de actividad de un modelo auditivo de un segundo oído. El dispositivo según la figura 2 está designado en su totalidad con 200. Dado que el dispositivo 200 según la figura 2 es muy similar al dispositivo 100 según la figura 1, en los dispositivos 100, 200 según las figuras 1 y 2 las características y señales iguales están designadas con los mismos números de referencia y no vuelven a explicarse en este caso.

35 El identificador 120 en el dispositivo 200 está seleccionado para identificar una primera trayectoria 122 en el primer patrón 110 de actividad y una segunda trayectoria 124 en el segundo patrón 112 de actividad, que están asociadas al mismo evento de sonido. Esta identificación puede tener lugar, por ejemplo, tal como ya se describió anteriormente, mediante una comparación de las curvaturas de ambas trayectorias 122, 124 y/o de las longitudes de ambas trayectorias 122, 124. Por lo demás para identificar dos trayectorias 122, 124, que están asociadas al mismo evento de sonido, también puede usarse uno de los medios de reconocimiento de patrones descritos a continuación.

40 Además del identificador descrito con respecto al dispositivo 100, el identificador 120 del dispositivo 200 está diseñado para determinar un desplazamiento temporal entre las dos trayectorias 122, 124 correspondientes, (es decir asociadas al mismo evento de sonido). El identificador 120 suministra por tanto información sobre el desplazamiento temporal entre las dos trayectorias 122, 124 identificadas como correspondientes como la información 126 o como parte de la información 126 al determinador 130. El determinador 130 está diseñado para establecer por medio del desplazamiento temporal (o al menos basándose en el desplazamiento temporal),  $\Delta t$ , si las dos trayectorias 122, 124 están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil.

45 El determinador 130 puede comprobar con este fin, por ejemplo, si el desplazamiento  $\Delta t$  temporal entre las dos trayectorias 122, 124 se encuentra dentro de un intervalo admisible predeterminado. Si el desplazamiento  $\Delta t$  temporal se encuentra entre las dos trayectorias 122, 124 dentro del intervalo admisible predeterminado, entonces el determinador 130 puede establecer, por ejemplo, que las trayectorias pertenecen a un evento de sonido de la fuente de sonido útil. Si el desplazamiento  $\Delta t$  temporal se encuentra fuera del intervalo admisible predeterminado, entonces el determinador 130 puede establecer que las trayectorias 122, 124 están asociadas a un evento de sonido de la fuente de sonido molesto.



El intervalo admisible, que está definido porque ante la presencia de un desplazamiento  $\Delta t$  temporal dentro del intervalo admisible se supone que las dos trayectorias 122, 124 pertenecen al evento de sonido de una fuente de sonido útil, puede estar predeterminado por ejemplo de manera fija. En un ejemplo de realización preferido se parte de que el intervalo admisible para el desplazamiento temporal de las trayectorias 122, 124 comprende valores para el desplazamiento temporal, cuya magnitud es inferior a un límite superior predeterminado. En otras palabras, las dos trayectorias se identifican como un evento de sonido de una fuente de sonido útil, cuando el desplazamiento  $\Delta t$  temporal entre las trayectorias es menor que un valor máximo predeterminado.

Si se parte de que el primer patrón de actividad procede por ejemplo de un micrófono dispuesto en la proximidad de un primer oído, y de que el segundo patrón de actividad procede por ejemplo de un micrófono dispuesto en la proximidad de un segundo oído humano, entonces las trayectorias 122, 124 que llegan simultáneamente en los dos patrones 110, 112 de actividad indican, por ejemplo, que la fuente de sonido se encuentra en línea recta por delante de la cabeza. Una definición, que establece una magnitud máxima de la diferencia  $\Delta t$  temporal, para identificar dos trayectorias 122, 124 como pertenecientes al evento de sonido de la fuente de sonido útil, corresponde por tanto al establecimiento de una zona angular por delante de la cabeza de una persona, en la proximidad de cuyos oídos se captan las señales de audio, en las que se basan el primer patrón 110 de actividad y el segundo patrón 112 de actividad.

Sin embargo, en un ejemplo de realización alternativo se prefiere determinar el intervalo admisible basándose en propiedades de las señales, en las que se basan los patrones 110, 112 de actividad. Con este fin puede determinarse por ejemplo, para una pluralidad de intervalos de desplazamientos temporales, cuándo aparecen para cada uno de los intervalos de desplazamientos temporales trayectorias asociadas. En otras palabras, se determinan por ejemplo pares de todas aquellas trayectorias correspondientes (que presentan una misma curvatura o asociadas a un mismo evento de sonido), cuyo desplazamiento temporal una respecto a otra se encuentra en un intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$ . Basándose en las trayectorias con desplazamientos temporales en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$  se determina entonces un patrón de aparición, que indica en qué instante aparecen trayectorias con un desplazamiento temporal en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$ . A partir del patrón de aparición o de una estadística derivada del patrón de aparición se determina entonces, por ejemplo, si las trayectorias con desplazamientos temporales en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$  pertenecen a una señal de voz. En otras palabras, a partir del patrón de aparición de trayectorias con un desplazamiento temporal en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$  se determina una estadística, que comprende por ejemplo una separación temporal media entre instantes en los que aparecen trayectorias, una desviación estándar entre instantes en los que aparecen trayectorias, una separación temporal máxima entre la aparición de dos trayectorias, una separación temporal mínima entre la aparición de dos trayectorias u otra magnitud estadística (por ejemplo una desviación estándar asociada respecto a uno de los valores estadísticos mencionados anteriormente). Basándose en una de las magnitudes estadísticas mencionadas o en una combinación de las magnitudes estadísticas mencionadas puede determinarse si las trayectorias, cuyo desplazamiento temporal se encuentra en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$ , describen un evento de sonido de una señal útil o de una señal molesta.

Alternativamente, para calcular la estadística puede aplicarse por lo demás también un reconocimiento de patrones al patrón de aparición de las trayectorias. En otras palabras, el patrón temporal, con el que aparecen las trayectorias, cuyo desplazamiento temporal se encuentra en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$ , puede compararse con al menos un patrón de comparación, para establecer si las trayectorias con un desplazamiento temporal en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$  describen una señal útil o una señal molesta. Los patrones de comparación pueden comprender a este respecto por ejemplo patrones característicos, que caracterizan una aparición de trayectorias en una señal útil típica (por ejemplo en una señal de voz) y/o en una señal molesta típica.

Si, por tanto, debido al modo de proceder descrito anteriormente se sabe que las trayectorias correspondientes, que presentan un desplazamiento temporal en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$ , describen eventos de sonido de una fuente de sonido útil o de una fuente de sonido molesto, entonces, basándose en esto, puede añadirse el intervalo entre los tiempos  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$  de retardo al intervalo admisible o eliminarse del intervalo admisible.

En otras palabras, el determinador 130 comprende en este caso un medio de ajuste de intervalos, que está diseñado para determinar, para una pluralidad de intervalos de tiempos de retardo (entre dos trayectorias correspondientes), si trayectorias con tiempos de retardo dentro de los respectivos intervalos están asociadas a una fuente de sonido útil o a una fuente de sonido molesto, y para obtener el intervalo admisible, como una combinación de aquellos intervalos de tiempo (de desplazamientos temporales entre trayectorias correspondientes), que están asociados a fuentes de sonido útil.

Por tanto el medio de elección de intervalos está diseñado para elegir el intervalo admisible (es decir el intervalo de desplazamientos  $\Delta t$  temporales, de modo que trayectorias 122, 124 correspondientes con un desplazamiento temporal del intervalo admisible se identifican como trayectorias pertenecientes a eventos de sonido de una fuente de sonido útil), de modo que el intervalo admisible comprende uno o varios intervalos de tiempo (conexos o inconexos), que describen desplazamientos temporales, que pertenecen a trayectorias que se basan en eventos de sonido de una o varias fuentes de sonido útil.

La elección del intervalo admisible de desplazamientos  $\Delta t$  temporales puede determinarse por lo demás también mediante otras propiedades de las señales acústicas, en las que se basan el primer patrón 110 de actividad y/o el segundo patrón 112 de actividad. Por ejemplo puede determinarse qué trayectorias en los primeros patrones de

actividad pertenecen a la señal de sonido más fuerte. El intervalo admisible puede ajustarse después, de modo que las trayectorias que pertenecen a la señal de sonido más fuerte presenten un desplazamiento  $\Delta t$  temporal que se encuentra dentro del intervalo admisible.

5 En otras palabras, para un ajuste del intervalo admisible es ventajoso determinar por ejemplo, mediante propiedades determinables de una parte de la señal de audio (por ejemplo propiedades de correlación, volumen de sonido, desarrollo temporal de la intensidad, ancho de banda, instantes de aparición de trayectorias), si la correspondiente parte de la señal de audio debe considerarse como una señal útil de una fuente de señales útiles o como una señal molesta de una fuente de señales molestas. Debido a la clasificación mencionada de una parte de la señal como señal útil de una fuente de señales útiles o como señal molesta de una fuente de señales molestas y a una determinación de un desplazamiento  $\Delta t$  temporal entre trayectorias 122, 124 correspondientes, que pertenecen a la parte de la señal en cuestión, se determina entonces un intervalo de desplazamientos temporales entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$ , de modo que las trayectorias que pertenecen a una señal útil de una fuente de señales útiles presentan un desplazamiento  $\Delta t$  temporal en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$ , y de modo que las trayectorias que pertenecen a una señal molesta de una fuente de señales molestas presentan un desplazamiento temporal fuera del intervalo mencionado.

15 A continuación se establece, mediante el determinador 130, que las trayectorias correspondientes que presentan un desplazamiento  $\Delta t$  temporal en el intervalo entre  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_2$ , deben considerarse como trayectorias pertenecientes a la señal útil y deben procesarse adicionalmente.

20 Por tanto en general es posible una adaptación dinámica del intervalo admisible de retardos  $\Delta t$  temporales, identificándose las trayectorias con un retardo temporal dentro del intervalo admisible como una trayectoria perteneciente a una señal útil de una fuente de señales útiles mediante el determinador 130.

25 Inmediatamente después de la determinación de un intervalo  $\Delta t$  admisible debe valorarse, por lo demás, únicamente un desplazamiento temporal entre trayectorias 122, 124 correspondientes, para decidir si las trayectorias se identifican como asociadas a un evento de sonido de la fuente de señales útiles o como asociadas a un evento de sonido de la fuente de señales molestas. Por tanto tras el ajuste del intervalo admisible ya no es necesario un procesamiento complejo de los patrones 110, 112 de actividad (por ejemplo en forma de una determinación continua de propiedades de correlación), para separar trayectorias de eventos de actividad, que se basan en el evento de sonido de una fuente de señales útiles, de trayectorias de eventos de actividad, que se basan en un evento de sonido de una fuente de señales molestas.

30 La separación de señales útiles y señales molestas se mantiene por lo demás mientras que no se modifique esencialmente un desplazamiento temporal entre trayectorias correspondientes, que están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil. Sólo cuando por ejemplo se modifique la posición de la fuente de sonido útil con respecto a los micrófonos, que sirven para recibir las señales de audio, en las que se basan el primer patrón 110 de actividad y el segundo patrón 112 de actividad, se requiere un nuevo ajuste del intervalo admisible.

35 A continuación se describe cómo puede reconocerse la presencia de una primera trayectoria 122 en el primer patrón 110 de actividad y la presencia de una segunda trayectoria 124 en el segundo patrón 112 de actividad, que están asociadas al mismo evento de sonido, y cómo puede determinarse además el desplazamiento  $\Delta t$  temporal entre las dos trayectorias 122, 124 de manera técnicamente ventajosa.

40 Con respecto a esto se explica en primer lugar una vez más brevemente lo que se entiende por una trayectoria, y en qué forma pueden representarse el primer patrón 110 de actividad, el segundo patrón 112 de actividad y el patrón 146 de actividad filtrado.

Con este fin la figura 3a muestra una representación gráfica de dos trayectorias en una representación de una aparición de vesículas de neurotransmisor en el interior de o en una célula auditiva interna.

45 La representación gráfica de la figura 3a se designa en su totalidad con 300. Una primera representación 302 muestra un desarrollo temporal de un número de vesículas de neurotransmisor, que aparecen en el interior o en una primera célula IHZ1 auditiva interna. A este respecto un eje temporal se designa con 304, mientras que un eje 306 de número describe un número de vesículas de neurotransmisor que se liberan en una unidad de tiempo, o que existen en un instante determinado en el interior de o en la célula auditiva interna en cuestión (por ejemplo en forma libre). La primera representación 302 gráfica muestra una primera aparición 308 de vesículas de neurotransmisor así como una segunda aparición 309 de vesículas de neurotransmisor. La primera aparición 308 de vesículas de neurotransmisor puede considerarse por ejemplo como un primer evento de actividad, y la segunda aparición 309 de vesículas de neurotransmisor puede considerarse por ejemplo un segundo evento de actividad. Una segunda representación 310 gráfica muestra una aparición de vesículas de neurotransmisor en una segunda célula IHZ2 auditiva interna. Un eje 312 de número describe un número de vesículas de neurotransmisor liberadas por unidad de tiempo o presentes en total en un instante determinado (por ejemplo en forma libre) en el interior o en la célula IHZ2 auditiva interna. Una primera aparición de vesículas de transmisor en la célula IHZ2 auditiva interna se designa con 313, y una segunda aparición de vesículas de transmisor en la célula IHZ2 auditiva interna se designa con 314. Una tercera representación 315 gráfica muestra de manera similar una aparición de vesículas de neurotransmisor en una tercera célula IHZ3 auditiva interna, designándose una primera aparición de vesículas de transmisor en la célula IHZ3 auditiva interna con 318,

designándose una segunda aparición de vesículas de transmisor con 319. Una cuarta representación gráfica, 320, muestra finalmente una primera aparición 323 de vesículas de transmisor en una cuarta célula IHZ4 auditiva interna así como una segunda aparición 324 de vesículas de transmisor en la cuarta célula IHZ4 auditiva interna.

5 A este respecto ha de indicarse que las células IHZ1, IHZ2, IHZ3, IHZ4 auditivas internas están dispuestas, por ejemplo, tal como se describe a continuación adicionalmente mediante la figura 15.

10 Mediante la representación 300 gráfica de la figura 3a resulta evidente, por lo demás, que el primer evento 308 de actividad en la primera célula IHZ1 auditiva interna, el primer evento 313 de actividad en la segunda célula IHZ2 auditiva interna, el primer evento 318 de actividad en la tercera célula IHZ3 auditiva interna y el primer evento 323 de actividad en la cuarta célula IHZ4 auditiva interna se unen entre sí en la representación bidimensional de los eventos de actividad a lo largo del tiempo mediante una línea 330 aproximadamente recta. En el caso de la línea 330 se trata por tanto de una primera trayectoria. El segundo evento 309 de actividad en o en el interior de la primera célula IHZ1 auditiva interna, el segundo evento 314 de actividad en o en el interior de la segunda célula IHZ2 auditiva interna, el segundo evento 319 de actividad en o en el interior de la tercera célula IHZ3 auditiva interna y el segundo evento 324 de actividad en o en el interior de la cuarta célula IHZ4 auditiva interna se unen por lo demás en la representación 300 gráfica de la figura 3a mediante una segunda línea 332, que forman una segunda trayectoria.

15 Una trayectoria se define a este respecto en general como un desarrollo lineal que une dos, aunque preferiblemente más de dos eventos de actividad correspondientes, que se basan en el mismo evento de sonido. Una trayectoria es normalmente o bien lineal o bien está curvada en una única dirección, es decir preferiblemente no cambia la dirección de curvatura. Además una trayectoria es normalmente una curva lisa, o sea que no presenta recodos ni abombamientos no diferenciables. Por lo demás en el marco de la presente descripción se parte, en cada caso, de que a una trayectoria están asociados una pluralidad de eventos de actividad, de modo que el término trayectoria también comprende los eventos de actividad asociados a la trayectoria. Por ejemplo la trayectoria 330 comprende los eventos 308, 313, 318, 323 de actividad. La trayectoria 332 comprende, por lo demás, los eventos 309, 314, 319, 324 de actividad.

20 Además ha de indicarse que una trayectoria comprende preferiblemente una pluralidad de eventos de actividad, que se basan en una propagación de una onda viajera en una membrana basilar de un oído interno humano.

25 La figura 3b muestra una representación gráfica de una actividad en una pluralidad de fibras nerviosas, que están acopladas con células auditivas internas de un modelo auditivo. La representación gráfica de la figura 3b se designa en su totalidad con 340. Un primera representación 342 gráfica muestra una actividad de una primera fibra nerviosa, que por ejemplo está acoplada con la primera célula IHZ1 auditiva interna. Un eje 344 de tiempo describe a este respecto el tiempo, mientras que un eje 346 de potencial describe por ejemplo un potencial en una primera fibra NF1 nerviosa. La representación 342 gráfica muestra por ejemplo un primer evento 348 de actividad, que comprende un inicio de un potencial de acción en la primera fibra NF1 nerviosa. En otras palabras, un desarrollo de potencial en la primera fibra NF1 nerviosa presenta una actividad (impulso o modificación temporal), que forma el evento 348 de actividad. La primera representación 342 gráfica muestra además un segundo evento 350 de actividad en la primera fibra NF1 nerviosa. Una segunda representación 360 gráfica muestra una actividad de una segunda fibra NF2 nerviosa, que por ejemplo está acoplada con una segunda célula IHZ2 auditiva interna. A este respecto pueden observarse dos eventos 363, 364 de actividad en la segunda fibra NF2 nerviosa. Una tercera representación 365 gráfica muestra dos eventos 368, 369 de actividad en una tercera fibra NF3 nerviosa. Además una cuarta representación 370 gráfica muestra dos eventos 373, 374 de actividad en una cuarta fibra NF4 nerviosa.

30 Además puede observarse que, en la representación 340 gráfica de la figura 3b, que describe una actividad en una pluralidad de fibras NF1, NF2, NF3, NF4 nerviosas en función del tiempo, los eventos 348, 363, 368, 373 de actividad se unen con una primera trayectoria 380 o se encuentran todos sobre la trayectoria 308. Además los eventos 350, 364, 369, 374 de actividad se unen mediante la trayectoria 382 o se encuentran todos sobre la trayectoria 382.

35 La figura 3c muestra una representación gráfica de señales discretizadas en tiempo y discretizadas en valor, que se basan por ejemplo en los eventos de actividad mostrados en las figuras 3a o 3b. En otras palabras, a partir de la representación temporal del número de vesículas de neurotransmisor en una pluralidad de células auditivas internas, pueden obtenerse por ejemplo una pluralidad de señales discretas en tiempo y discretas en valor, que describen los eventos de actividad que aparecen en o en el interior de la primera célula IHZ1 auditiva interna. Una segunda señal 394 describe por ejemplo eventos de actividad que aparecen en o en el interior de una segunda célula IHZ2 auditiva interna. Una tercera señal 396 describe por ejemplo eventos de actividad que aparecen en o en el interior de la tercera célula IHZ3 auditiva interna, y una cuarta señal 398 describe por ejemplo eventos de actividad que aparecen en o en el interior de la cuarta célula IHZ4 auditiva interna.

40 Sin embargo, alternativamente a esto las cuatro señales 392, 394, 396, 398 pueden describir también eventos de actividad en las fibras NF1, NF2, NF3, NF4 nerviosas. En la representación 390 temporal bidimensional de la figura 3c se encuentran a este respecto eventos de actividad (o estados activos) en las señales 392, 394, 396, 398 en las trayectorias 398a, 399b.

5 En otras palabras, las señales 392, 394, 396, 398 paralelas (por ejemplo de valor binario) representan únicamente una representación eléctrica (por ejemplo de valor binario) de los eventos 308, 313, 318, 323, 309, 314, 319, 324 de actividad o los eventos 348, 363, 368, 373, 350, 364, 369, 374 de actividad. El hecho de que los eventos de actividad se encuentren dentro de una representación bidimensional en trayectorias, no se ve influido por el paso a una

10 La figura 3d muestra además una representación gráfica de un patrón, que está asociado a las señales 392, 394, 396, 398 eléctricas mostradas en la representación 390 gráfica de la figura 3c. Un desarrollo temporal de la primera señal 392 corresponde a este respecto a una primera columna 402 del patrón mostrado en la representación 400 gráfica. Un desarrollo temporal de la segunda señal 394 corresponde a una segunda columna 404 del patrón mostrado en la representación 400 gráfica. Un desarrollo temporal de la tercera señal 396 se representa mediante una tercera columna 406 del patrón 400. Un desarrollo temporal de la cuarta señal 398 se representa mediante una cuarta columna 408 del patrón 400.

15 En otras palabras, el patrón 400 según la figura 3d representa una aparición de eventos 308, 309, 313, 314, 318, 319, 323, 324; 348, 350, 363, 364, 368, 369, 373, 374 de actividad en el interior de o en una pluralidad de células auditivas (internas) de un modelo auditivo o en una pluralidad de fibras nerviosas del modelo auditivo. Una transformación del patrón de actividad según las figuras 3a, 3b en un patrón según la figura 3d puede tener lugar por ejemplo mediante un muestreo paralelo, temporal, de las señales 392, 394, 396, 398 y mediante un desplazamiento adicional de valores de muestreo de dichas señales mediante un medio de desplazamiento.

20 Por tanto debe indicarse que los patrones de actividad según las figuras 3a, 3b pueden someterse a procedimientos de reconocimiento de patrones.

25 A continuación mediante las figuras 4a y 4b se describe un ejemplo de un procesamiento de dos patrones de actividad. La representación gráfica de la figura 4a se designa en su totalidad con 400. Un primera representación 410 gráfica describe trayectorias en un patrón de actividad en o en el interior de una pluralidad de células auditivas internas de un modelo auditivo o en una pluralidad de fibras nerviosas de un modelo auditivo. Un primer eje 412 describe a este respecto el tiempo, mientras que por el contrario un segundo eje 414 describe una posición espacial de las células auditivas internas (en cuya actividad se basa el patrón de actividad o las trayectorias) a lo largo de una cóclea. Alternativamente a esto, el segundo eje 414 muestra un índice de una fibra nerviosa, suponiéndose que las fibras nerviosas están acopladas con células auditivas internas, y que el índice de la fibra nerviosa describe de manera monótona una posición de la célula auditiva interna con la que está acoplada la fibra nerviosa, a lo largo de la cóclea.

30 Por lo demás debe indicarse que la representación 400 gráfica, por motivos de una mayor claridad, ya no muestra eventos de actividad individuales, sino que se describen una pluralidad de eventos de actividad correspondientes (pertenecientes a un único evento de sonido) mediante una trayectoria que une los eventos de actividad en la representación bidimensional.

35 La primera representación 410 gráfica describe por lo demás un patrón de actividad de un modelo auditivo de un primer oído, partiéndose de que al modelo auditivo del primer oído se le aplica una primera señal de audio. La segunda representación 420 gráfica muestra una representación correspondiente de un patrón de actividad en forma de trayectorias correspondientes de un modelo auditivo de un segundo oído, partiéndose de que al modelo auditivo del segundo oído se le aplica una segunda señal de audio.

40 La segunda representación 420 gráfica presenta por lo demás de manera análoga a la primera representación 410 gráfica un eje 422 de abscisas, en el que se indica el tiempo. Un eje 424 de ordenadas describe una posición espacial de células auditivas internas a lo largo de la cóclea o un índice de las fibras nerviosas, tal como se explicó anteriormente.

45 La primera representación 410 gráfica muestra una primera trayectoria 430, que es lineal o sólo presenta una primera curvatura ligera. Una segunda trayectoria 432 presenta una curvatura más pronunciada que la primera trayectoria 430, y aparece temporalmente después de la trayectoria 430. Una tercera trayectoria 434 presenta por lo demás, por ejemplo, una tercera curvatura, que se diferencia de la primera curvatura de la primera trayectoria 430 y de la segunda curvatura de la segunda trayectoria 432. La tercera trayectoria 434 aparece por lo demás temporalmente después de la primera trayectoria 430 y la segunda trayectoria 432. El segundo patrón de actividad representado en la representación 420 gráfica presenta una cuarta trayectoria 440. En este caso se supone que la primera trayectoria 430 y la cuarta trayectoria 440 se basan en el mismo evento de sonido de una fuente de sonido útil, y que por tanto la primera trayectoria 430 y la cuarta trayectoria 440 presentan curvaturas iguales o curvaturas que no se diferencian en más de una diferencia admisible predeterminada. Por lo demás debe indicarse que la cuarta trayectoria 440 aparece retardada temporalmente con un retardo  $\Delta t_1$  temporal con respecto a la primera trayectoria 430.

55 La representación 420 gráfica muestra además una quinta trayectoria 442, que está contenida en el segundo patrón de actividad. A este respecto se parte de que la segunda trayectoria 432 y la quinta trayectoria 442 se basan en el mismo evento de sonido de la fuente de sonido útil. Por tanto la segunda trayectoria 432 y la quinta trayectoria 442 presentan una misma curvatura, o las curvaturas de la segunda trayectoria 432 y de la quinta trayectoria 442 se diferencian en menos de una diferencia máxima admisible predeterminada. Además debe indicarse que la quinta trayectoria 442

aparece retardada con un tiempo  $\Delta t_2$  de retardo con respecto a la segunda trayectoria 432. Dado que las trayectorias 430, 432, 440, 442 se basan todas en eventos de sonido de la misma fuente de señales útiles, puede partirse de que el tiempo  $\Delta t_2$  de retardo no se diferencia más de una diferencia máxima admisible predeterminada del tiempo  $\Delta t_1$  de retardo.

- 5 La segunda representación 420 gráfica muestra además una sexta trayectoria 444, que está contenida en el segundo patrón de actividad. A este respecto se parte de que la tercera trayectoria 434 y la sexta trayectoria 444 se basan ambas en un mismo evento de sonido de una fuente de sonido molesto. Por este motivo puede suponerse que la tercera trayectoria 434 y la sexta trayectoria 444 presentan por ejemplo una misma curvatura, o que las curvaturas de la tercera trayectoria 434 y de la sexta trayectoria 444 no se diferencian más de una diferencia máxima admisible predeterminada.
- 10 Se parte además de que la fuente de sonido molesto se encuentra en una ubicación distinta a la de la fuente de sonido útil. Una representación 450 gráfica muestra estas circunstancias a modo de ejemplo.

- 15 La representación 450 gráfica muestra una vista desde arriba de una cabeza 452 humana. En la proximidad de un primer oído 454 (por ejemplo de un oído izquierdo) está dispuesto un primer micrófono 456. En la proximidad de un segundo oído 458 (por ejemplo de un oído derecho) está dispuesto un segundo micrófono 460. La representación 450 gráfica muestra además la fuente 462 de sonido útil así como la fuente 464 de sonido molesto. Debe indicarse además que se parte de que la primera representación 410 gráfica describe el primer patrón de actividad, que se genera a partir de la señal de audio recibida desde el primer micrófono 456 usando un modelo auditivo del oído humano, y de que además la segunda representación 420 gráfica muestra el segundo patrón de actividad, que se genera basándose en la señal de micrófono suministrada desde el segundo micrófono 460 aplicando un modelo auditivo (por ejemplo de la audición humana) a la señal de audio suministrada por el segundo micrófono 460.
- 20

- A partir de la disposición mostrada en la vista 450 desde arriba de los micrófonos 456, 460 así como de la fuente 462 de sonido útil y de la fuente 464 de sonido molesto puede observarse que, por ejemplo, existe una diferencia de tiempo transcurrido entre la fuente 462 de sonido útil y el primer micrófono 456 y entre la fuente 462 de sonido útil y el segundo micrófono 460. En otras palabras, un evento de sonido de la fuente 462 de sonido útil llega al primer micrófono 456 antes que al segundo micrófono 460. La diferencia de trayecto correspondiente se designa por lo demás con 470, y da como resultado el desplazamiento  $\Delta t_1$  temporal.
- 25

- En otras palabras, debido a la diferencia 470 de trayecto, la cuarta trayectoria 440 en el segundo patrón de actividad se genera un tiempo  $\Delta t_1$  de retardo más tarde que la primera trayectoria 430 en el primer patrón de actividad. Si se parte de que la fuente 462 de sonido útil no se mueve, entonces puede suponerse además que el segundo tiempo  $\Delta t_2$  de retardo es igual al primer tiempo  $\Delta t_1$  de retardo.
- 30

- Además se indica que un tramo de trayecto entre la fuente 464 de sonido molesto y el primer micrófono 456 es una diferencia 472 de trayecto más corto que un tramo de trayecto entre la fuente 464 de sonido molesto y el segundo micrófono 460. Por este motivo la sexta trayectoria 444, que describe un evento de sonido de la fuente 464 de sonido molesto, aparece un tiempo  $\Delta t_3$  de retardo más tarde que la tercera trayectoria 434, que describe el mismo evento de sonido de la fuente 464 de sonido molesto. El tiempo  $\Delta t_3$  de retardo está determinado a este respecto por la diferencia 472 de trayecto.
- 35

- En el ejemplo mostrado, la diferencia 472 de trayecto es mayor que la diferencia 470 de trayecto. Por tanto el tiempo  $\Delta t_3$  de retardo es mayor que el tiempo  $\Delta t_1$  de retardo o mayor que el tiempo  $\Delta t_2$  de retardo. En otras palabras, los tiempos  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_3$  de retardo entre las trayectorias 430, 440; 432, 442; 434, 444 en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad, que pertenecen a mismos eventos de sonido, dependen de la posición de la respectiva fuente de sonido en relación con ambos micrófonos 456, 460 (y dependen del ángulo en el que se encuentran las fuentes de sonido correspondientes con respecto a una línea de unión de ambos micrófonos 456, 460).
- 40

- Tal como ya se describió anteriormente, el dispositivo según la invención está diseñado para identificar en primer lugar en el primer patrón de actividad una primera trayectoria y en el segundo patrón de actividad una segunda trayectoria, que se basan en el mismo evento de sonido. Esto puede tener lugar por ejemplo identificando trayectorias que presentan una misma curvatura y/o una misma longitud, y que además de manera opcional aparecen adicionalmente dentro de un intervalo de tiempo máximo predeterminado. Mediante la fijación de un intervalo de tiempo máximo se tiene en cuenta a este respecto que un desplazamiento temporal entre dos trayectorias pertenecientes a un mismo evento de sonido en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad está limitado por arriba por una diferencia de tiempo transcurrido entre el primer micrófono 456 y el segundo micrófono 460.
- 45
- 50

- Basándose en la regla de procesamiento mencionada, el identificador 120 reconoce, por ejemplo, que la primera trayectoria 430 en el primer patrón de actividad y la cuarta trayectoria 440 en el segundo patrón de actividad presentan una misma curvatura, y asocia por tanto ambas trayectorias 430, 440 al mismo evento de sonido. El identificador 120 reconoce además que la segunda trayectoria 432 y la quinta trayectoria 442 se basan en el mismo evento de sonido, dado que ambas trayectorias presentan una misma curvatura y/o una misma longitud. Además el identificador 120 reconoce que la tercera trayectoria 434 y la sexta trayectoria 444 se basan en el mismo evento de sonido.
- 55

El determinador 120 determina además el retardo  $\Delta t_1$  temporal entre la aparición de la primera trayectoria 430 y de la cuarta trayectoria 440, es decir entre las trayectorias correspondientes, que se basan en el mismo evento de sonido.

Además el determinador determina por lo demás el retardo  $\Delta t_2$  temporal entre la aparición de la segunda trayectoria 432 y la aparición de la quinta trayectoria 442. Además el identificador 120 determina el retardo  $\Delta t_3$  temporal entre la aparición de la tercera trayectoria 434 y de la sexta trayectoria 444.

5 El determinador 130 determina, basándose en la información sobre las trayectorias 430, 432, 434, 440, 442, 444, cuáles de las trayectorias 430, 433, 434, 440, 442, 444 están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil, y qué trayectorias están asociadas a un evento de sonido de la fuente de sonido molesto.

10 En el caso más sencillo el determinador 130 comprende un medio para reconocer si un desplazamiento temporal entre dos trayectorias 430, 440; 432, 442; 434, 444 correspondientes está dentro de un intervalo admisible predeterminado. A este respecto se supone que el determinador 130 comprende un valor  $\Delta t_{\min}$  de retardo mínimo almacenado así como un valor  $\Delta t_{\max}$  de retardo máximo almacenado, definiendo el valor  $\Delta t_{\min}$  de retardo mínimo admisible y el valor  $\Delta t_{\max}$  de retardo máximo admisible un intervalo admisible como un intervalo  $[\Delta t_{\min}; \Delta t_{\max}]$ . A este respecto se supone que se cumple que:

$$\Delta t_{\min} \leq \Delta t_1 \leq \Delta t_{\max} \text{ y } \Delta t_{\min} \leq \Delta t_2 \leq \Delta t_{\max}.$$

Además se cumple por ejemplo que:

15  $\Delta t_{\max} \leq \Delta t_3.$

20 Por tanto el determinador 130 reconoce que el retardo  $\Delta t_1$  temporal entre la primera trayectoria 430 y la cuarta trayectoria 440 se encuentra en el intervalo admisible, y que además el retardo  $\Delta t_2$  temporal entre la segunda trayectoria 432 y la quinta trayectoria 442 se encuentra en el intervalo admisible. Por tanto el determinador 130 señala mediante la señal 136, que en el caso de las trayectorias 430, 432, 440, 442 se trata de trayectorias que están asociadas a un evento de sonido de la fuente de sonido útil. El determinador 130 reconoce además que el retardo  $\Delta t_3$  temporal se encuentra fuera del intervalo admisible, y señala por tanto por ejemplo a través de la señal 136, que las trayectorias 434, 444 están asociadas a un evento de sonido de la fuente de sonido molesto.

25 El filtro 140 genera, basándose en la información 136 suministrada al determinador 130, un patrón de actividad filtrado. Un ejemplo del patrón de actividad filtrado se muestra en la figura 4b. La representación gráfica de la figura 4b se designa en su totalidad con 480. La representación 480 gráfica muestra, en una primera representación 482 gráfica, un primer patrón de actividad filtrado, que se basa en el primer patrón de actividad según la representación 410 gráfica. El primer patrón de actividad filtrado comprende la primera trayectoria 430 así como la segunda trayectoria 432 de manera correspondiente al primer patrón de actividad. Sin embargo el primer patrón de actividad filtrado no comprende la tercera trayectoria 430, que se basa en un evento de sonido de la fuente de señales molestas. En otras palabras, al generar el primer patrón de actividad filtrado, el filtro 140 elimina por ejemplo la trayectoria 434 asociada al evento de sonido de la fuente de sonido molesto. Alternativamente a esto, el filtro 140 adopta únicamente las trayectorias 430 y 432 que se basan en eventos de sonido útil de la fuente de sonido útil, en el primer patrón de actividad filtrado.

35 Una segunda representación 484 gráfica muestra un segundo patrón de actividad filtrado. El segundo patrón 484 de actividad filtrado contiene, de manera correspondiente al segundo patrón de actividad, la cuarta trayectoria 440 y la quinta trayectoria 442, pero no la sexta trayectoria 444. El segundo patrón de actividad filtrado contiene por tanto aquellas trayectorias del primer patrón de actividad, a las que están asociados eventos de sonido útil de la fuente de sonido útil, pero no las trayectorias que están asociadas a eventos de sonido molesto de la fuente de sonido molesto. De manera análoga a esto, el segundo patrón de actividad filtrado comprende los eventos de sonido del segundo patrón de actividad que están asociados a eventos de sonido útil de la fuente de sonido útil, pero no las trayectorias que están asociadas a eventos de sonido molesto de la fuente de sonido molesto.

40 Por lo demás debe indicarse que el primer patrón de actividad filtrado comprende una pluralidad de eventos de actividad, que forman las respectivas trayectorias. En otras palabras, una trayectoria cualquiera representa una pluralidad de eventos de actividad individuales.

45 Por tanto en general puede establecerse que el primer patrón de actividad filtrado describe el contenido de información de la fuente de sonido útil, que puede percibirse en la ubicación del primer micrófono 456. Por el contrario, el contenido de información de la fuente 464 de sonido molesto no está contenido en el primer patrón de actividad filtrado o sólo en forma atenuada. De manera análoga a esto, el segundo patrón de actividad filtrado contiene un contenido de información de la fuente 464 de sonido útil, que puede percibirse en la ubicación del segundo micrófono 460, por el contrario no contiene o sólo de forma atenuada un contenido de información de la fuente 464 de sonido molesto.

50 A continuación se describe una ampliación del concepto descrito anteriormente, que puede usarse para conseguir una sensación auditiva mejorada o para conseguir una eliminación mejorada de señales molestas de una fuente de señales molestas. Según un ejemplo de realización de la presente invención se calculan patrones de actividad nerviosa por separado para células auditivas internas con diferentes sensibilidades de reacción.

55 En otras palabras, un medio de identificación ampliado recibe de un modelo auditivo de un primer oído un primer patrón de actividad, que describe eventos de actividad en el interior de o en células auditivas internas, que presentan un primera sensibilidad de reacción, un segundo patrón de actividad, que describe eventos de actividad en el interior de o

5 en células auditivas internas, que presentan una segunda sensibilidad de reacción, y un tercer patrón de actividad, que describe eventos de actividad en el interior de o en células auditivas internas, que presentan una tercera sensibilidad de reacción. La primera sensibilidad de reacción es preferiblemente mayor que la segunda sensibilidad de reacción, y la segunda sensibilidad de reacción es preferiblemente mayor que la tercera sensibilidad de reacción. Por lo demás debe indicarse que el primer patrón de actividad, el segundo patrón de actividad y el tercer patrón de actividad describen eventos de actividad en diferentes tipos de célula auditiva interna con diferentes sensibilidades de reacción, que se producen debido a una estimulación de las diferentes células auditivas basándose en la misma señal de audio. Por ejemplo los tres patrones de actividad proceden de células auditivas internas con una tasa de emisión espontánea reducida (LSR), con una tasa de emisión espontánea media (MSR) o con una tasa de emisión espontánea elevada (HSR).

10 El medio de identificación ampliado recibe además de un modelo auditivo de un segundo oído, un cuarto patrón de actividad, que describe eventos de actividad en el interior de o en células auditivas internas, que presentan una cuarta sensibilidad de reacción, un quinto patrón de actividad, que describe eventos de actividad en el interior de o en células auditivas internas, que presentan una quinta sensibilidad de reacción, y un sexto patrón de actividad, que describe eventos de actividad en el interior de o en células auditivas internas, que presentan una sexta sensibilidad de reacción. La cuarta sensibilidad de reacción es preferiblemente mayor que la quinta sensibilidad de reacción, y la quinta sensibilidad de reacción es preferiblemente mayor que la sexta sensibilidad de reacción. Por lo demás debe indicarse que el cuarto patrón de actividad, el quinto patrón de actividad y el sexto patrón de actividad describen eventos de actividad en diferentes tipos de células auditivas internas con diferentes sensibilidades de reacción, que resultan debido a una estimulación de las diferentes células auditivas basándose en la misma señal de audio.

20 Los modelos auditivos del primer oído y del segundo oído pueden ser por lo demás una parte opcional del dispositivo según la invención.

25 En otras palabras, el primer patrón de actividad describe por ejemplo eventos de actividad que resultan en células auditivas internas de una sensibilidad elevada, cuando se estimulan las células auditivas de sensibilidad elevada con una primera señal de audio. El segundo patrón de actividad describe eventos de actividad, que resultan en el interior de o en células auditivas de sensibilidad media, cuando se estimulan las células auditivas mediante la primera señal de audio. El tercer patrón de actividad describe además un patrón de actividad o eventos de actividad, que resultan en el interior de o en células auditivas internas con una sensibilidad reducida, cuando se estimulan las células auditivas internas (o un modelo auditivo, que comprende las células auditivas internas correspondientes) mediante la primera señal de audio.

30 El cuarto patrón de actividad describe eventos de actividad, que resultan en células auditivas internas de sensibilidad elevada, cuando se estimulan las células auditivas internas correspondientes (o el modelo auditivo en el que se basan) mediante una segunda señal de audio. El quinto patrón de actividad describe eventos de actividad en el interior de o en células auditivas internas de sensibilidad media, cuando se estimulan las células auditivas internas mediante la segunda señal de audio, y el sexto patrón de actividad describe eventos de actividad en el interior de o en células auditivas internas de sensibilidad reducida, cuando se estimulan las células auditivas internas correspondientes mediante la segunda señal de audio.

35 En otras palabras, el primer, segundo y tercer patrón de actividad describen eventos de actividad en células auditivas internas de diferentes sensibilidades de un modelo auditivo de un primer oído, que se estimula mediante la primera señal de audio. El cuarto, quinto y sexto patrón de actividad describen eventos de actividad en células auditivas internas de diferentes sensibilidades de un modelo auditivo de un segundo oído, que se estimula mediante la segunda señal de audio.

40 El identificador está diseñado en este caso para procesar conjuntamente patrones de actividad en el modelo auditivo del primer oído y patrones de actividad en el modelo auditivo del segundo oído, que están asociados a células auditivas internas de un mismo nivel de sensibilidad (sensibilidad elevada; sensibilidad media; sensibilidad reducida). Por ejemplo el identificador está diseñado en este caso para identificar una primera trayectoria en el primer patrón de actividad y una cuarta trayectoria en el cuarto patrón de actividad, que están asociadas al mismo evento de sonido. Con este fin se alimentan por ejemplo el primer patrón de actividad y el cuarto patrón de actividad a un primer medio de reconocimiento, que está diseñado para identificar en el primer patrón de actividad y en el cuarto patrón de actividad trayectorias de igual curvatura y/o de igual longitud como trayectorias correspondientes. En el caso del primer medio de reconocimiento puede tratarse por ejemplo de una unidad de múltiples coincidencias (por ejemplo según la figura 5a) o de un medio de reconocimiento según la figura 7. El primer medio de reconocimiento correspondiente suministra por tanto información sobre en qué instantes y con qué desplazamiento temporal aparecen trayectorias, que están asociadas al mismo evento de sonido, en el primer patrón de actividad y en el cuarto patrón de actividad.

45 De manera similar un segundo medio de reconocimiento recibe por ejemplo el segundo patrón de actividad y el quinto patrón de actividad y determina, en los mismos, trayectorias que están asociadas al mismo evento de sonido. El segundo medio de reconocimiento suministra por tanto información sobre cuándo y/o con qué desplazamiento temporal entre sí están contenidas en el segundo patrón de actividad y en el quinto patrón de actividad trayectorias, que están asociadas al mismo evento de sonido.

Un tercer medio de reconocimiento recibe además el tercer patrón de actividad y el sexto patrón de actividad e identifica, en los mismos, trayectorias, que están asociadas a los mismos eventos de sonido. El tercer medio de reconocimiento suministra por tanto información sobre trayectorias en el tercer patrón de actividad y en el sexto patrón de actividad, que están asociados a los mismos eventos de sonido, así como información sobre un desplazamiento temporal entre trayectorias, que están asociadas a los mismos eventos de sonido.

Mediante una comparación de la información suministrada por el primer medio de reconocimiento, el segundo medio de reconocimiento y el tercer medio de reconocimiento puede establecerse por lo demás la magnitud de un volumen de sonido de un evento de sonido, que se describe mediante una trayectoria en uno de los patrones de actividad.

A continuación se diferencian tres grados de volumen de sonido. Así se supone que hay eventos de sonido de volumen de sonido elevado, eventos de sonido de volumen de sonido medio y eventos de sonido de volumen de sonido reducido. Se supone que un evento de sonido de volumen de sonido elevado tiene como consecuencia una trayectoria tanto en el primer patrón de actividad, en el segundo patrón de actividad, en el tercer patrón de actividad, en el cuarto patrón de actividad, en el quinto patrón de actividad como en el sexto patrón de actividad. Se parte además de que un evento de sonido de volumen de sonido medio tiene como consecuencia una trayectoria en el primer patrón de actividad, en el segundo patrón de actividad, en el cuarto patrón de actividad y en el quinto patrón de actividad, pero no trayectorias en el tercer patrón de actividad y en el sexto patrón de actividad. Esto está motivado porque el tercer patrón de actividad y el sexto patrón de actividad se forman mediante células auditivas de sensibilidad reducida, porque se parte de que un evento de sonido de volumen de sonido medio no es suficientemente intenso para estimular las células auditivas de sensibilidad reducida (cuya reacción se describe mediante el tercer patrón de actividad y el sexto patrón de actividad). Un evento de sonido de volumen de sonido reducido genera por el contrario únicamente trayectorias en el primer patrón de actividad y en el cuarto patrón de actividad. Se supone que un evento de sonido de volumen de sonido reducido no es suficiente para estimular células auditivas de sensibilidad media así como de sensibilidad reducida, de modo que un evento de sonido de volumen de sonido reducido no lleva a una trayectoria en el segundo patrón de actividad y en el quinto patrón de actividad (que se forman mediante células auditivas de sensibilidad media) así como además tampoco en el tercer patrón de actividad y el sexto patrón de actividad (que se forman mediante células auditivas de sensibilidad reducida).

Por tanto es posible, mediante una comparación de las trayectorias en el primer patrón de actividad, en el segundo patrón de actividad y en el tercer patrón de actividad, obtener información sobre un volumen de sonido de un evento de sonido.

En otras palabras, un medio de reconocimiento del volumen de sonido de un evento de sonido, que es por ejemplo parte del identificador o parte del determinador, puede estar diseñado para generar información y un volumen de sonido de un evento de sonido, que se basa en una trayectoria, para una pluralidad de trayectorias. El medio de reconocimiento del volumen de sonido puede estar diseñado, por ejemplo, para reconocer si en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad están presentes simultáneamente (o dentro de un intervalo de tiempo máximo predeterminado) trayectorias de una misma curvatura (o trayectorias de diferente curvatura, cuyas curvaturas se diferencian en menos de una diferencia de curvatura máxima admisible predeterminada). Si a este respecto se establece que aparece una trayectoria de una curvatura en cuestión en el primer patrón de actividad, para que la no hay ninguna trayectoria asociada con una curvatura correspondiente (al menos aproximadamente la misma) en el segundo patrón de actividad, entonces el determinador del volumen de sonido puede reconocer, por ejemplo, que las trayectorias presentes en el primer patrón de actividad están asociadas a eventos de sonido de volumen de sonido reducido. Además el reconocedor del volumen de sonido puede estar diseñado alternativa o adicionalmente para reconocer si en el segundo patrón de actividad y en el tercer patrón de actividad aparecen trayectorias de al menos aproximadamente la misma curvatura al menos aproximadamente de manera simultánea. Si para una trayectoria en el segundo patrón de actividad no existe ninguna trayectoria asociada correspondiente que aparece aproximadamente de manera simultánea de aproximadamente la misma curvatura, entonces el reconocedor del volumen de sonido puede establecer, por ejemplo, que el evento de sonido, al que pertenece la curvatura en cuestión en el segundo patrón de actividad, presenta un volumen de sonido medio.

Además el reconocedor del volumen de sonido puede establecer, por ejemplo, que un evento de sonido presenta un volumen de sonido elevado, cuando tanto en el primer patrón de actividad como en el segundo y el tercer patrón de actividad aparecen aproximadamente de manera simultánea trayectorias de aproximadamente la misma curvatura.

Un procesamiento correspondiente puede tener lugar por lo demás también para el cuarto patrón de actividad, el quinto patrón de actividad y el sexto patrón de actividad. Si en el cuarto patrón de actividad aparece una trayectoria, para la que no existe ninguna trayectoria correspondiente que aparece aproximadamente de manera simultánea de aproximadamente la misma curvatura en el quinto patrón de actividad, entonces el reconocedor del volumen de sonido puede establecer que la curvatura que aparece en el cuarto patrón de actividad está asociada a un evento de sonido con un volumen de sonido reducido. Si el reconocedor del volumen de sonido identifica además una trayectoria en el quinto patrón de actividad, para la que no existe ninguna trayectoria asociada que aparece aproximadamente de manera simultánea de aproximadamente la misma curvatura en el sexto patrón de actividad, entonces el reconocedor del volumen de sonido puede establecer que la trayectoria identificada en el quinto patrón de actividad está asociada a un evento de sonido de volumen de sonido medio. Si el reconocedor del volumen de sonido establece además que en el cuarto patrón de actividad, en el quinto patrón de actividad y en el sexto patrón de actividad aparecen aproximadamente



de manera simultánea trayectorias de aproximadamente la misma curvatura, entonces el reconocedor del volumen de sonido puede establecer que las trayectorias correspondientes están asociadas a un evento de sonido de volumen de sonido elevado.

5 En otras palabras, el reconocedor del volumen de sonido está diseñado para asociar a las trayectorias (o al menos a una parte de las trayectorias) que aparecen en los patrones de actividad estudiados información de volumen de sonido.

10 Con este fin el reconocedor del volumen de sonido analiza de manera muy general, si en los diferentes patrones de actividad en cuestión aparecen aproximadamente de manera simultánea (es decir dentro de un intervalo de tiempo máximo predeterminado) trayectorias de igual curvatura, y en caso afirmativo, en cuáles de los patrones de actividad aparecen aproximadamente de manera simultánea trayectorias de aproximadamente la misma curvatura. Basándose en dicha información o basándose en una comparación entre trayectorias, que aparecen en diferentes patrones de actividad, que están asociadas a células auditivas internas de diferente sensibilidad, el reconocedor del volumen de sonido determina por tanto la información de volumen de sonido asociada a las trayectorias.

15 Por lo demás el filtro 140 en el caso de un ejemplo de realización está diseñado para tener en cuenta la información de volumen de sonido durante el filtrado. En otras palabras, el filtro 140 puede estar diseñado para recibir la información de volumen de sonido del reconocedor del volumen de sonido. Así, el filtro 140 puede estar diseñado, por ejemplo, para filtrar o eliminar o atenuar todas las trayectorias, cuya información de volumen de sonido asociada es menor que un volumen de sonido mínimo predeterminado. Alternativamente a esto el filtro también puede estar diseñado para generar el patrón de actividad filtrado, de modo que en el patrón de actividad filtrado sólo estén contenidas trayectorias, que según la información suministrada al reconocedor del volumen de sonido, están asociadas a eventos de sonido, que presentan un volumen de sonido dentro de un intervalo predeterminado. Por ejemplo el filtro 140 puede estar diseñado para generar el patrón de actividad filtrado, de modo que en el patrón de actividad se destaquen o refuercen las trayectorias que pertenecen a eventos de sonido con un volumen de sonido reducido, mientras que por ejemplo las trayectorias, que pertenecen a eventos de sonido con un volumen de sonido mayor, en relación con éstas se atenúan o incluso se eliminan completamente.

20 Por tanto puede conseguirse por ejemplo, que en el patrón de actividad filtrado estén contenidas, sólo o al menos esencialmente, trayectorias que pertenecen a eventos de sonido de volumen de sonido reducido. Por tanto se posibilita que mediante el patrón de actividad filtrado se describan precisamente las partes de señal suaves en los patrones de actividad originales, con lo que se mejora o se posibilita por primera vez una comprensión de las partes suaves en los patrones de actividad originales.

25 Resumiendo, por tanto puede establecerse que el dispositivo según la invención según la figura 1 o la figura 2 puede ampliarse porque el dispositivo recibe dos conjuntos de patrones de actividad en modelos auditivos de dos oídos, que describen en cada caso eventos de actividad en células auditivas con una tasa de emisión espontánea elevada, una tasa de emisión espontánea media y una tasa de emisión espontánea reducida. Una identificación de las trayectorias que pertenecen a los mismos eventos de sonido tiene lugar después de esto en primer lugar por separado para patrón de actividad de células auditivas de diferentes tasas de emisión. En otras palabras, un patrón de actividad del modelo auditivo del primer oído para células auditivas de una tasa de emisión elevada se procesa junto con un patrón de actividad en el modelo auditivo del segundo oído para células auditivas de una tasa de emisión elevada, para obtener información sobre trayectorias correspondientes (que se basan en un mismo evento de sonido). De manera similar se realiza un procesamiento común para dos patrones de actividad, que pertenecen a células auditivas de una tasa de emisión media. Además se realiza un procesamiento común para dos patrones de actividad de células auditivas de una tasa de emisión reducida. Mediante una comparación entre las trayectorias en el primer patrón de actividad, en el segundo patrón de actividad y en el tercer patrón de actividad se obtiene además información de volumen de sonido, que indica si las trayectorias correspondientes están asociadas a eventos de sonido de volumen de sonido reducido, elevado o medio. La información de volumen de sonido se tiene entonces en cuenta en el filtrado o en la generación de la información de si las trayectorias están asociadas a un evento de sonido útil o a un evento de sonido molesto.

30 Por lo demás debe indicarse que en el caso de un ejemplo de realización preferido se tienen en cuenta tanto la información de volumen de sonido como la información sobre el desplazamiento temporal. Así, por ejemplo, el filtro (en relación con el determinador) puede estar diseñado para obtener el patrón de actividad filtrado, de tal manera que en el patrón de actividad filtrado predominan trayectorias, cuya información de volumen de sonido asociada se encuentra dentro de un intervalo por ejemplo predeterminado, y cuya información de desplazamiento temporal asociada se encuentra dentro de un intervalo predeterminado. Por tanto el filtro (en relación con el determinador) puede estar diseñado para generar, por ejemplo, el patrón de actividad filtrado, de modo que el patrón de actividad filtrado comprende esencialmente una señal de audio, que procede de una zona limitada en el espacio. A este respecto existe una delimitación angular de la zona mediante la limitación del desplazamiento temporal admisible entre dos trayectorias correspondientes. Una delimitación según la distancia se produce a este respecto mediante una delimitación del volumen de sonido en un intervalo predeterminado.

35 En otras palabras, la disposición de conexiones de la figura 1 ó 2 (o al menos el identificador 120 de las mismas) se replica en el caso de un ejemplo de realización por triplicado. Por tanto se crean tres derivaciones paralelas para tres intensidades de sonido HSR, MSR, LSR. La construcción es a este respecto estructuralmente idéntica, aunque se procesan una vez eventos de actividad o patrones de actividad de células auditivas (o células del ganglio espiral) con

una tasa de emisión espontánea elevada, una vez patrones de actividad de células auditivas con una tasa de emisión espontánea media y una vez patrones de actividad de células auditivas con una tasa de emisión espontánea reducida.

Resumiendo, puede establecerse: en el caso de un ejemplo de realización se construye el circuito (por ejemplo el identificador, el determinador, la unidad 500 de múltiples coincidencias y/o el medio 700 de reconocimiento) por triplicado para un espacio HSR, un espacio MSR y un espacio LSR.

La presente invención comprende por tanto los siguientes aspectos:

- a) un filtrado de vesículas binaural, al hacer correlacionar entre sí trayectorias de retardo (*delay*) mediante un desplazamiento temporal;
- b) un filtrado de vesículas directo entre sí para determinar los pares de coincidencia;
- 10 c) la cancelación de ruido que resulta de esto, al eliminar las vesículas de fuentes de ruido;
- d) una temporización y sincronización exacta en el tiempo del implante coclear izquierdo y derecho, para que puedan localizarse fuentes de sonido de manera correcta en el espacio.

Según un aspecto adicional la presente invención proporciona un procedimiento y un dispositivo según los aspectos a), b) y c) en los tres espacios HSR, MSR, LSR (entendiéndose por un espacio HSR una pluralidad de células auditivas con una tasa de emisión espontánea elevada, entendiéndose por un espacio MSR una pluralidad de células auditivas con una tasa de emisión espontánea media y entendiéndose por un espacio LSR una pluralidad de células auditivas con una tasa de emisión espontánea reducida). Dado que las tres células del ganglio espiral (o los tres tipos de células del ganglio espiral, es decir células HSR, células MSR y células LSR) tienen diferentes umbrales dinámicos, entonces las fuentes de señales suaves pueden separarse, mediante la comparación de dónde inician los diferentes tipos de células (HSR, MSR, LSR) simultáneamente vesículas y/o mediante formación de pares de diferencia, en fuentes de sonido fuertes y suaves.

En otras palabras, el sistema según la invención (por ejemplo según las figuras 1 y 2) está construido en el caso de un ejemplo de realización por triplicado, usándose señales o patrones de actividad separados de células del ganglio espiral con una tasa de emisión espontánea elevada, una tasa de emisión espontánea media y una tasa de emisión espontánea reducida (HSR, MSR, LSR). Dado que las células del ganglio espiral tienen con diferentes tasas de emisión espontáneas diferentes intervalos de nivel de reacción, una distribución de vesículas (o en general: los patrones de actividad) tiene(n) un aspecto distinto para tonos fuertes, medios y más suaves. Por tanto pueden separarse fuentes de señales de diferente fuerza.

La figura 5a muestra un diagrama de conexiones de una unidad de múltiples coincidencias según la invención para su empleo en un dispositivo según la invención, según un ejemplo de realización de la presente invención. La disposición de conexiones según la figura 5a se designa en su totalidad con 500. La disposición 500 de conexiones está diseñada para recibir una primera pluralidad 510 de señales paralelas así como una segunda pluralidad 512 de señales paralelas. Se parte de que la primera pluralidad 510 de señales paralelas describe por ejemplo un patrón de actividad. En otras palabras, los desarrollos temporales de las señales de la primera pluralidad 510 de señales paralelas describen un patrón bidimensional (véanse las figuras 3a a 3d). Lo mismo se cumple para las señales de la segunda pluralidad 512 de señales paralelas.

La disposición 500 de conexiones comprende un campo de celdas de coincidencia. Un ejemplo de una celda de coincidencia individual se muestra en la figura 5c. En otras palabras, la figura 5c muestra un diagrama de conexiones de una celda de coincidencia. Una celda 580 de coincidencia presenta una primera entrada 582 de datos y una segunda entrada 584 de datos. La celda 580 de coincidencia presenta además una primera salida 586 de datos y una segunda salida 588 de datos. La celda 580 de coincidencia comprende un primer medio 590 de almacenamiento y un segundo medio 592 de almacenamiento. El primer medio de almacenamiento o celda 590 de almacenamiento y el segundo medio de almacenamiento o celda 592 de almacenamiento están diseñados preferiblemente para recibir una señal 594 de reloj común (o separada), y para, en respuesta a la señal 594 de reloj, recibir y almacenar información de la entrada. Así, por ejemplo la primera celda 590 de almacenamiento está diseñada para, en respuesta a la señal 594 de reloj, recibir y almacenar información (por ejemplo un valor binario) de la primera entrada 582, y emitirla a la primera salida 586. Además preferiblemente la segunda celda 592 de almacenamiento está diseñada para, en respuesta a la señal 594 de reloj, recibir y almacenar información (por ejemplo un valor binario) de la segunda entrada 584, y emitirla a la segunda salida 588. La celda 580 de coincidencia comprende además una puerta Y, que está diseñada por ejemplo para establecer cuándo ambas salidas 586, 588 de la celda 580 de coincidencia presentan un estado activo. La puerta Y se designa con 596 y suministra una señal 598 de coincidencia.

La unidad 500 de múltiples coincidencias está compuesta por una pluralidad de celdas 580 de coincidencia, cuya interconexión se describe a continuación. Debe indicarse que la unidad 500 de múltiples coincidencias está construida en forma de una matriz de celdas 580 de coincidencia. Las celdas de coincidencia se designan a continuación con dos índices  $i, j$ , designando el índice  $i$  una fila, y designando el índice  $j$  una columna. Por lo demás se parte de que la unidad de múltiples coincidencias comprende al menos  $I$  filas y al menos  $J$  columnas, siendo  $I \geq 3$  y  $J \geq 3$ . Las celdas de coincidencia individuales se designan por lo demás con  $Z(i,j)$ .

5 En general se cumple por tanto que: una primera salida de la celda  $Z(i,j)$  de coincidencia está acoplada con una primera entrada de una celda  $Z(i, j+1)$  de coincidencia adyacente, siendo  $1 \leq j \leq J-1$ . Además la segunda entrada de la celda  $Z(i,j)$  de coincidencia está acoplada con la segunda salida de la celda  $Z(i,j+1)$  de coincidencia, siendo  $1 \leq j \leq J-1$ . Una primera entrada de la celda  $Z(i,j=1)$  de coincidencia recibe una señal  $i$ -ésima de una primera pluralidad 510 de señales de entrada paralelas. Una segunda entrada de la celda  $Z(i,j=J)$  de coincidencia recibe además una señal  $i$ -ésima de la segunda pluralidad 512 de señales paralelas.

10 En otras palabras, las celdas de coincidencia de la fila  $i$ -ésima están diseñadas para retransmitir la señal de entrada  $i$ -ésima de la primera pluralidad 510 de señales de entrada paralelas gradualmente (en respuesta a la señal 594 temporal) en una primera dirección (por ejemplo de izquierda a derecha), y para retransmitir gradualmente la señal de entrada  $i$ -ésima de la segunda pluralidad 512 de señales de entrada paralelas en una segunda dirección (por ejemplo de derecha a izquierda).

15 Por tanto en las salidas 586, 588 de las celdas  $Z(i,j)$  de coincidencia están presentes las señales retransmitidas. Las celdas de coincidencia están diseñadas a este respecto para reconocer cuándo están activas simultáneamente la señal retransmitida de la primera pluralidad 510 de señales paralelas en la primera salida 586 de la celda de coincidencia en cuestión y la señal retransmitida de la segunda pluralidad 512 de señales paralelas en la segunda salida 588 de la celda de coincidencia. En este caso la celda de coincidencia en cuestión emite una señal de coincidencia en la salida 598.

20 La unidad 500 de múltiples coincidencias comprende además sumadores 530. A este respecto preferiblemente al menos un sumador 530 está asociado a una columna de la unidad 500 de múltiples coincidencias. En otras palabras, un sumador 530  $j$ -ésimo está diseñado para recibir y sumar las señales 598 de coincidencia de las celdas 580 de coincidencia de la columna  $j$ -ésima. Por tanto el sumador 530  $j$ -ésimo está diseñado para determinar, en las salidas de cuántas celdas 580 de coincidencia de la columna  $j$ -ésima aparecen simultáneamente o dentro de un intervalo de tiempo predeterminado señales 598 de coincidencia. El sumador 530 puede estar diseñado por lo demás para recibir de manera síncrona o asíncrona una señal de retroceso. En otras palabras, pueden estar definidos intervalos de tiempo, dentro de los cuales pueden sumarse un número de coincidencias en la columna  $j$ -ésima de la unidad 500 de múltiples coincidencias, para reconocer, por ejemplo, una trayectoria.

30 La unidad 500 de múltiples coincidencias comprende además dispositivos 540 de toma de decisiones de valor umbral, que están diseñados para recibir una señal de suma asociada de un sumador 530 asociado. Los dispositivos 540 de toma de decisiones de valor umbral están diseñados por tanto para reconocer, cuándo han aparecido dentro del intervalo de tiempo, durante el que tiene lugar una suma, dentro de una columna  $j$  individual al menos un número predeterminado de coincidencias en las celdas 580 de coincidencia de la columna  $j$ -ésima. En este caso los dispositivos 540 de toma de decisiones de valor umbral suministran una señal 542 de valor umbral asociada.

35 En otras palabras, la unidad 500 de coincidencias está diseñada para determinar si dentro de un intervalo de tiempo predeterminado en una columna  $j$ -ésima han aparecido al menos un número predeterminado de coincidencias, mientras que se desplazaban dos patrones de actividad en sentido contrario mediante la unidad 500 de múltiples coincidencias. Por coincidencia debe entenderse a este respecto, tal como se definió anteriormente, la presencia simultánea de dos señales activas en una fase 580 de coincidencia.

40 Se parte de que mediante la unidad 500 de coincidencias se desplazan dos patrones de actividad en sentido contrario, que contienen trayectorias. Así aparece una coincidencia, cuando en una misma celda de coincidencia están presentes tanto un evento de actividad del primer patrón de actividad como un evento de actividad del segundo patrón de actividad. Hablando de manera simplificada, aparece una coincidencia, cuando una primera trayectoria en el primer patrón de actividad (que se introduce por ejemplo a través de la primera pluralidad 510 de entradas paralelas en la unidad 500 de múltiples coincidencias) se corta con una segunda trayectoria en el segundo patrón de actividad (que se introduce por ejemplo a través de la segunda pluralidad 512 de entradas paralelas en la unidad 500 de múltiples coincidencias). Por tanto la unidad de múltiples coincidencias está diseñada en general para establecer en qué ubicaciones se cortan las trayectorias del primer patrón de actividad y las trayectorias del segundo patrón de actividad en el transcurso de un desplazamiento de ambos patrones de actividad.

Una posibilidad de valoración de los resultados de la unidad 500 de múltiples coincidencias se describe adicionalmente a continuación.

50 La figura 5b muestra por lo demás un diagrama de conexiones de una columna, tal como puede usarse por ejemplo en una unidad 500 de múltiples coincidencias. Se prescinde de una descripción detallada, dado que la columna 570 mostrada en la figura 5b coincide desde el punto de vista de la construcción esencialmente con una columna  $j$  de celdas 580 de coincidencia (véanse las figuras 5a y 5c).

55 La figura 6a muestra una representación esquemática de las operaciones en la unidad 500 de múltiples coincidencias, cuando mediante la unidad 500 de múltiples coincidencias se desplazan a través de la misma dos trayectorias de un primer patrón de actividad y de un segundo patrón de actividad. Debe indicarse en este caso que un desplazamiento de una trayectoria a través de la unidad 500 de múltiples coincidencias corresponde en una descripción figurativa a un desplazamiento de la trayectoria (por ejemplo una columna). Por lo demás debe indicarse que las trayectorias

mostradas en las figuras 6a, 6b y 6c en el marco de una valoración mediante la unidad 500 de múltiples coincidencias se representan mediante una pluralidad de señales temporales paralelas. La figura 6a muestra en una primera representación 610 gráfica una primera trayectoria 612, que está contenida por ejemplo en el primer patrón de actividad, y de la que se supone, que se introduce mediante una pluralidad de señales paralelas de la primera pluralidad 510 de señales paralelas en la unidad de múltiples coincidencias. La representación 610 gráfica muestra además una segunda trayectoria 614 en el segundo patrón de actividad. Se parte de que la segunda trayectoria 614 en el segundo patrón de actividad se introduce mediante una pluralidad de señales paralelas de la segunda pluralidad 512 de señales binarias paralelas en la unidad 500 de múltiples coincidencias. Se parte además de que las dos trayectorias 612, 614 presentan una misma curvatura y además aparecen simultáneamente. Las representaciones 620, 624, 628, 632 gráficas muestran un desplazamiento gradual de las trayectorias 612, 614 mediante las fases de la unidad 500 de múltiples coincidencias. Dado que se parte de que las trayectorias 612, 614 presentan una misma curvatura y además aparecen simultáneamente, en el transcurso del desplazamiento de las trayectorias 612, 614 se produce una coincidencia en cada caso en una columna central de la unidad 500 de múltiples coincidencias. Con un avance de un desplazamiento de las trayectorias aparecen a este respecto sin embargo coincidencias en diferentes filas de la unidad 500 de múltiples coincidencias. El sumador 530 perteneciente a la columna central de la unidad 500 de múltiples coincidencias aumenta por tanto con el avance del desplazamiento de las trayectorias 612, 614 su indicación de contador, tal como se muestra esto mediante puntos 638 dibujados de manera gruesa en las representaciones 624, 628, 632, 636 gráficas.

A continuación se parte de que en la unidad de múltiples coincidencias en lugar de la trayectoria 614 se introduce una trayectoria 640 retardada temporalmente con respecto a la misma. Dado que la trayectoria 640 está retardada temporalmente con respecto a la trayectoria 612, la trayectoria 612 ya está desplazada adicionalmente mediante la unidad de múltiples coincidencias como la trayectoria 640, cuando se produce una coincidencia entre la trayectoria 612 y la trayectoria 640. Las circunstancias correspondientes se ilustran mediante las representaciones 644, 648, 652, 656 y 660 gráficas. Una columna central de la unidad 500 de múltiples coincidencias se designa por lo demás con 664. En las representaciones 644, 648, 652, 656, 660 gráficas puede observarse que, ante la presencia de la trayectoria 640 retardada temporalmente con respecto a la trayectoria 612 se produce una coincidencia entre la trayectoria 612 desplazada y la trayectoria 640 desplazada, estando una ubicación de la coincidencia desplazada con respecto a la columna 664 central de la unidad 500 de múltiples coincidencias.

En otras palabras, si se supone que una primera trayectoria, que se alimenta a la unidad 500 de múltiples coincidencias a través de la primera pluralidad 510 de señales paralelas, y una segunda trayectoria 614, 640, que se alimenta a la unidad 500 de múltiples coincidencias a través de una segunda pluralidad 512 de señales paralelas, presentan una misma curvatura, entonces un desplazamiento temporal entre la primera trayectoria 612 y la segunda trayectoria 614, 640 decide sobre en qué columna  $j$  de la unidad 500 de múltiples coincidencias aparece una coincidencia. En otras palabras, puede deducirse información sobre un desplazamiento temporal entre una primera trayectoria en el primer patrón de actividad (que se alimenta a la unidad de múltiples coincidencias a través de la primera pluralidad 510 de señales paralelas) y una segunda trayectoria en el segundo patrón de actividad (que se alimenta a la unidad 500 de múltiples coincidencias a través de la segunda pluralidad 512 de señales paralelas) a partir de en qué columna de la unidad de múltiples coincidencias aparece la coincidencia.

La figura 6b muestra una representación esquemática de las relaciones resultantes en la unidad 500 de múltiples coincidencias, cuando se le aplica a la unidad 500 de múltiples coincidencias una primera trayectoria 670, que está contenida en el primer patrón de actividad y una segunda trayectoria 674, que está contenida en el segundo patrón de actividad, partiéndose de que la primera trayectoria 670 y la segunda trayectoria 674 presentan una curvatura diferente. En el caso del ejemplo extremo mostrado según la figura 6b se parte, para su ilustración, de que la primera trayectoria 670 no está curvada o es lineal. Si se desplazan la primera trayectoria 670 y la segunda trayectoria 674 tal como se describe en sentido contrario mediante la unidad 500 de múltiples coincidencias, entonces aparece una primera coincidencia en una columna de la unidad 500 de múltiples coincidencias, que en este caso se designa con 680. Si se desplaza la trayectoria 670 adicionalmente en el primer sentido, mientras que por el contrario se desplaza la trayectoria 674 adicionalmente en sentido contrario, entonces no aparece una siguiente coincidencia en la columna 680 sino que normalmente en una columna 682 adyacente a la misma de la unidad 500 de múltiples coincidencias (véase la representación 690 gráfica). Tras un nuevo desplazamiento de las trayectorias 670, 674 aparece finalmente una coincidencia en una columna 684, que normalmente es adyacente a la columna 682 (véase la representación 692 gráfica). Una continuación adicional del desplazamiento se muestra en la representación 694 gráfica, obteniéndose una coincidencia en una columna 686 a su vez adicional.

En otras palabras, la unidad 500 de múltiples coincidencias está diseñada, de modo que aparecen coincidencias en, en cada caso, la misma columna, cuando se desplazan gradualmente trayectorias de igual curvatura en sentido contrario mediante la unidad 500 de múltiples coincidencias. Si por el contrario se desplazan gradualmente trayectorias de diferente curvatura mediante la unidad 500 de múltiples coincidencias, entonces aparecen a este respecto coincidencias en diferentes columnas.

En el caso de un ejemplo de realización el valor umbral de los dispositivos 540 de toma de decisiones de valor umbral se ajusta, de modo que los dispositivos 540 de toma de decisiones de valor umbral sólo reaccionan (o emiten una señal de salida activa), cuando trayectorias de igual curvatura (o con diferentes curvaturas, que se diferencian entre sí como máximo en una diferencia máxima predeterminada) se desplazan en sentido contrario mediante la unidad 500 de múltiples coincidencias.

5 En otras palabras, la unidad 500 de múltiples coincidencias está diseñada de modo que la aparición de una señal de salida activa en uno cualquiera de los dispositivos 540 de toma de decisiones de valor umbral indica que en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad están presentes dos trayectorias al menos aproximadamente (dentro de un intervalo de tolerancia predeterminado) de igual curvatura. Por el hecho de cuál de los dispositivos 540 de toma de decisiones de valor umbral emite una señal activa en su salida, se obtiene además información sobre un desplazamiento temporal entre las trayectorias de igual curvatura.

10 Sin embargo debe indicarse que la unidad 500 de múltiples coincidencias puede sustituirse por cualquier otro medio, que puede reconocer en un primer patrón de actividad y en un segundo patrón de actividad trayectorias (o una figura geométrica lineal), que presentan curvaturas al menos aproximadamente iguales (es decir por ejemplo dentro de un intervalo de tolerancia), para determinar un desplazamiento temporal entre las trayectorias de curvatura igual o aproximadamente igual. Además es posible recurrir, además de a la curvatura de las trayectorias en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad, también a una longitud de las trayectorias en el primer patrón de actividad y una segunda trayectoria en el segundo patrón de actividad están asociadas a un mismo evento de sonido.

15 La figura 7 muestra un diagrama de conexiones de bloques de un identificador según la invención según un ejemplo de realización de la presente invención. El identificador según la figura 7 se designa en su totalidad con 700. El identificador 700 está diseñado para recibir un primer patrón de actividad en forma de una primera pluralidad 710 de señales paralelas o información paralela. Además el identificador 700 está diseñado para recibir un segundo patrón de actividad en forma de una segunda pluralidad 720 de señales paralelas. La descripción de los patrones de actividad mediante las señales 710, 720 paralelas puede tener lugar a este respecto por ejemplo mediante señales binarias, caracterizando estados activos la aparición de un evento de actividad.

20 El identificador 700 comprende un primer reconocedor 730 de trayectorias y un segundo reconocedor 732 de trayectorias. El primer reconocedor 730 de trayectorias está diseñado para recibir el primer patrón de actividad a través de la primera pluralidad 710 de señales paralelas y para reconocer en el primer patrón de actividad trayectorias. Por ejemplo el primer reconocedor 730 de trayectorias está diseñado para reconocer en el primer patrón de actividad estructuras lineales, que presentan una cierta curvatura predeterminada. Por ejemplo el reconocedor de trayectorias puede estar diseñado para reconocer estructuras lineales con una pluralidad de diferentes curvaturas predeterminadas. Un ejemplo de un reconocedor de trayectorias se describe por lo demás posteriormente además mediante las figuras 8, 9 y 10. De manera análoga el segundo reconocedor 732 de trayectorias está diseñado para recibir el segundo patrón de actividad a través de la segunda pluralidad 720 de señales paralelas. El segundo reconocedor 732 de trayectorias está diseñado a este respecto, por ejemplo, para reconocer trayectorias de diferente curvatura.

25 Por ejemplo el primer reconocedor 730 de trayectorias está diseñado para, basándose en el primer patrón de actividad, activar al menos una línea de salida, de modo que el hecho de cuál de las varias líneas de salida se activa, comprende información sobre una curvatura de una trayectoria identificada en el patrón de actividad. En otras palabras, si el reconocedor 730 de trayectorias reconoce una trayectoria en el primer patrón de actividad, entonces el reconocedor de trayectorias activa preferiblemente una (pero posiblemente también más de una) de sus líneas 740, 742, 744, 746 de salida en función de la curvatura de la trayectoria. Además, por ejemplo, el segundo reconocedor 732 de trayectorias está diseñado para, en función de una curvatura de una trayectoria reconocida en el segundo patrón de actividad, activar al menos uno (de manera preferible exactamente una, pero posiblemente también varias) de sus líneas 750, 752, 754, 756 de salida. A este respecto el primer reconocedor 730 de trayectorias y el segundo reconocedor 732 de trayectorias están diseñados de modo que las líneas de salida correspondientes de ambos reconocedores 730, 732 de trayectorias indican curvaturas iguales (dentro de un intervalo de tolerancia). En otras palabras, una señal de salida  $i$ -ésima del primer reconocedor 730 de trayectorias muestra la presencia de una trayectoria con una determinada curvatura  $i$ -ésima en el primer patrón de actividad, y una señal de salida  $i$ -ésima del segundo reconocedor 732 de trayectorias muestra la presencia de una trayectoria con la misma curvatura  $i$ -ésima en el segundo patrón de actividad.

30 El identificador 700 comprende además un reconocedor 770 de coincidencias. El reconocedor 770 de coincidencias corresponde desde el punto de vista de su construcción por ejemplo a la unidad 500 de múltiples coincidencias. El reconocedor 700 de coincidencias recibe por ejemplo como señales de entrada en la primera pluralidad 510 de entradas, las señales 740, 742, 744, 746 de salida del primer reconocedor 730 de trayectorias. El reconocedor 770 de coincidencias recibe además preferiblemente en las entradas de la segunda pluralidad 512 de entradas las señales 750, 752, 754, 756 de salida del segundo reconocedor 732 de trayectorias. A este respecto se parte de que a la fila  $i$ -ésima de la unidad 500 de múltiples coincidencias se le alimenta la señal de salida  $i$ -ésima del primer reconocedor 730 de trayectorias y la señal de salida  $i$ -ésima del segundo reconocedor de trayectorias 732. Si por tanto el primer reconocedor 730 de trayectorias y el segundo reconocedor 732 de trayectorias reconocen trayectorias de igual curvatura, entonces el primer reconocedor 730 de trayectorias y el segundo reconocedor 732 de trayectorias activan señales de salida correspondientes (por ejemplo la respectiva señal de salida  $i$ -ésima). Por tanto por ejemplo en la fila  $i$ -ésima de la unidad 500 de múltiples coincidencias (que forma el reconocedor 770 de coincidencias) aparece una coincidencia. El hecho de en qué columna  $j$  de la unidad 500 de múltiples coincidencias aparece la coincidencia, establece a su vez una medida de la magnitud de un desplazamiento temporal entre las trayectorias de igual curvatura.

60 En otras palabras, la mera aparición de una coincidencia en una celda de coincidencia de la unidad 500 de múltiples coincidencias indica en el identificador 700 ya la presencia de trayectorias de igual curvatura. Por tanto, por ejemplo, en

caso de utilizar la unidad 500 de múltiples coincidencias como reconecedor 770 de coincidencias pueden suprimirse los dispositivos 540 de toma de decisiones de valor umbral y también los sumadores 530 opcionalmente. El reconecedor 770 de coincidencias suministra por tanto una pluralidad de señales de salida preferiblemente paralelas, que indica con qué desplazamiento temporal aparecen trayectorias de igual curvatura. Las señales de salida del reconecedor 770 de coincidencias se designan por lo demás con 780.

Por tanto la disposición 700 de conexiones representa una alternativa adicional para establecer, basándose en dos patrones de actividad, si en ambos patrones de actividad están presentes trayectorias de igual curvatura (es decir trayectorias, que están asociadas a los mismos eventos de sonido), y en caso afirmativo, qué desplazamiento temporal presentan estas trayectorias.

Por lo demás debe indicarse que en el caso de un ejemplo de realización preferido en caso de utilizar la unidad 500 de múltiples coincidencias en lugar del reconecedor 770 de coincidencias, los sumadores 530 pueden sustituirse por una operación O, de modo que las señales de salidas de las operaciones O forman las señales 780 de salida del reconecedor 770 de coincidencias o del identificador 700.

A continuación mediante las figuras 8, 9 y 10 se describen diferentes dispositivos, que por ejemplo pueden utilizarse como reconocedores de trayectorias, y que por tanto pueden aparecer en el caso de determinados ejemplos de realización de la presente invención en lugar de los reconocedores 730, 732 de trayectorias.

La figura 8 muestra un diagrama de conexiones de bloques de un dispositivo para un procesamiento según la invención del patrón de actividad nerviosa. El dispositivo mostrado en la figura 8 se designa en su totalidad con 15000. El dispositivo 15000 mostrado presenta una pluralidad de fases 15100, 15120, 15140, recibiendo la primera fase 15100 señales 15200, 15220, 15240 paralelas de células nerviosas. Las señales 15200, 15220, 15240 describen preferiblemente un patrón de actividad (por ejemplo potenciales de acción en fibras nerviosas, que están acopladas con las correspondientes células nerviosas o células ciliadas internas, o la aparición de vesículas de neurotransmisor en una pluralidad de células auditivas internas). Las señales 15200, 15220, 15240 describen por tanto, por ejemplo, el patrón de actividad nerviosa. Sin embargo las señales también pueden describir otro patrón de actividad, por ejemplo una aparición de vesículas de neurotransmisor en una pluralidad de células ciliadas internas.

En una primera fase 15100 se somete entonces a retardo por ejemplo la primera señal o señal 15200 nerviosa en un primer medio 15300 de retardo y después se retransmite como señal o señal 15320 nerviosa retardada a una segunda fase 15120. De manera similar se retarda también la segunda señal o señal 15220 nerviosa retardada en la primera fase 15100 y se retransmite como señal o señal nerviosa retardada a la segunda fase 15120. De la misma manera se procesan también las restantes señales o señales nerviosas en la primera etapa 15100 (es decir por ejemplo también la señal o señal 15240 nerviosa n-ésima). La segunda fase 15120 está diseñada en paralelo a la primera fase 15100, posibilitando por tanto a su vez la retransmisión retardada de las señales o señales 15320, 15340, 1536 nerviosas retardadas, por lo que se generan señales o señales nerviosas retardadas dos veces. Un dispositivo para el procesamiento según la invención del patrón de actividad comprende una pluralidad de fases sucesivas, que están construidas igual que la primera fase 15100 o la segunda fase 15120. Las señales o señales 15200, 15220, 15240 nerviosas se retransmiten por tanto en paralelo por la pluralidad de fases 15100, 15120, 15140, añadiendo cada fase un retardo ajustable a las señales o señales nerviosas.

Además cada una de las fases 15100, 15120, 15140 está diseñada para formar una suma de las señales o señales nerviosas que entran en la misma o salen de la misma (o señales nerviosas retardadas m veces). Además las fases 15100, 15120, 15140 están diseñadas preferiblemente para comparar esta suma con un valor umbral ajustable, para establecer si en un instante dado al menos un número predeterminado de señales o señales nerviosas, o señales o señales nerviosas retardadas (es decir señales o señales nerviosas entrantes o señales o señales nerviosas salientes) están activas (o presentan un potencial de acción).

Se prefiere además que los retardos de los medios de retardo presentes en las fases 15100, 15120, 15140 estén ajustados de diferente manera, de modo que por ejemplo una primera señal o señal 15200 nerviosa al pasar por las fases 15100, 15120, 15140 experimenta un retardo distinto que la segunda señal o señal 15220 nerviosa. Los retardos pueden estar ajustados por ejemplo, de modo que para las señales o señales 15200, 15220, 15240 nerviosas resulten diferentes retardos totales al pasar por las fases 15100, 15120, 15140 (siendo naturalmente admisible, que por ejemplo dos señales o señales nerviosas se retarden de la misma manera). En otras palabras, el medio 15000 está diseñado preferiblemente de modo que no resulten los mismos retardos para todas las señales o señales nerviosas. Además es ventajoso que, en caso de la presencia de j fases 15100, 15120, 15140, al menos (j-1) fases 15100, 15120 estén diseñadas de modo que los medios de retardo contenidos en una fase no presenten todos para la pluralidad de señales el mismo retardo. De esta manera puede conseguirse, que se distorsione temporalmente un patrón de actividad que entra en un medio 15000 según la invención a lo largo del tiempo al pasar por el medio descrito, de modo que las señales o señales nerviosas individuales se desplacen temporalmente con respecto a otras señales o señales nerviosas. Mediante la distorsión pueden enderezarse los patrones lineales curvados en una representación temporal, es decir trayectorias, en el patrón de actividad.

Además se indica que mediante la obtención de sumas dentro de una fase puede reconocerse cuándo se enderezó una trayectoria originariamente curvada en el patrón de actividad para dar una línea recta (describiéndose o reconociéndose

una línea enderezada porque un número predeterminado de las señales o señales nerviosas retardadas presentan casi simultáneamente o de manera temporalmente solapada un estado activo o un potencial de acción).

5 El modo de funcionamiento del medio 1500 se ilustrará mediante la figura 9. La figura 9 muestra una representación gráfica a modo de ejemplo de las señales en un dispositivo 15000 para el procesamiento según la invención del patrón de actividad. La representación gráfica de la figura 9 se designa en su totalidad con 16000.

10 Una primera representación 16100 gráfica describe a este respecto un patrón de actividad a modo de ejemplo en las entradas del dispositivo 15000. Se muestran a modo de ejemplo las señales de cuatro células nerviosas (o en cuatro fibras nerviosas) en un desarrollo temporal. Por lo demás se indica que los potenciales 16120 de acción forman una trayectoria 16140. Tal como se muestra, la trayectoria 16140 presenta en la representación temporal una curvatura intensa, dado que los potenciales 16120 de acción de las diferentes fibras nerviosas presentan en las entradas de la primera fase 15100 un claro desplazamiento temporal. Por tanto en la primera fase 15100 en un instante fijo sólo está presente en cada caso un potencial de acción, de modo que no se supera un valor umbral para una suma de los potenciales de acción presentes en la primera fase, que se fija por ejemplo en dos. Como consecuencia la primera fase no suministra ninguna señal de salida en una salida de valor umbral.

15 Una segunda representación 16200 gráfica describe las relaciones en una salida de la primera fase 15100. A este respecto se parte de que en la primera fase 15100 la señal nerviosa suministrada por la primera célula NZ1 nerviosa se retarda más que las señales nerviosas suministradas por las otras fases. Por lo demás se parte de que en el caso del ejemplo dado, la señal nerviosa suministrada por la cuarta célula NZ4 nerviosa tiene el menor retardo, mientras que la señal nerviosa procedente de la tercera célula NZ3 nerviosa se retarda un poco más, y aumentando cada vez más el retardo para las señales nerviosas procedentes de las células NZ2 y NZ1 nerviosas. Hablando en general, las señales, que pertenecen a células nerviosas, que reaccionan a una frecuencia menor, se retardan menos que las señales nerviosas de células nerviosas, que detectan frecuencias mayores.

20 La segunda representación gráfica muestra por tanto a su vez potenciales 16240 de acción en función del tiempo, formando los potenciales 16220 de acción una trayectoria 16240. Tal como puede observarse a partir de la segunda representación 16200 gráfica, la curvatura de la trayectoria 16240 en las salidas de la primera fase es menor que una curvatura (en el dominio espaciotemporal o en el dominio espacio-frecuencia) de la trayectoria 16160 en las entradas de la primera fase. Esto resulta del diferente retardo de las señales nerviosas pertenecientes a diferentes células nerviosas en los medios de retardo (por ejemplo 15300) de la primera fase. De esta manera se endereza en cierto modo una trayectoria curvada. Tal como puede observarse a partir de la segunda representación 16200 gráfica, la segunda trayectoria 16240 presenta sin embargo todavía una curvatura residual, de modo que los potenciales 16220 de acción procedentes de las diferentes células nerviosas o fibras nerviosas no están presentes todos simultáneamente en las salidas de la primera fase 15100 o entradas de la segunda fase 15120.

25 También la segunda fase 15120 provoca un retardo adicional, retardándose a su vez las señales de células nerviosas, que son sensibles a frecuencias bajas, menos que las señales de células nerviosas, que son sensibles a frecuencias elevadas. Una tercera representación 1630 gráfica muestra las señales nerviosas retardadas de nuevo en la segunda fase 15120 en salidas de la segunda fase. A partir de la tercera representación 16300 gráfica puede observarse que, en el presente ejemplo, las señales nerviosas están retardadas en las salidas de la segunda fase en cada caso, de modo que están presentes simultáneamente potenciales 16320 de acción de varias células nerviosas en las salidas de la segunda fase. En otras palabras, una trayectoria 16340, que se describe mediante los potenciales 16320 de acción, se endereza al menos aproximadamente. Los potenciales 16320 de acción aparecen por tanto simultáneamente o aproximadamente de manera simultánea (sin embargo al menos solapados temporalmente), de modo que la aparición simultánea mediante una suma de las señales presentes en las salidas de la segunda fase (o entradas de la tercera fase) presentan un pico claro, que es suficientemente grande para superar un valor umbral predeterminado (por ejemplo dos o tres).

30 En otras palabras, mediante un medio sumador adecuado (u otro medio adecuado) puede reconocerse cuándo se enderezó una trayectoria curvada. La información correspondiente permite deducir tanto el instante de inicio de la trayectoria como la forma de la trayectoria. Concretamente puede establecerse, tras pasar por cuántas fases se enderezó una trayectoria. De esta manera al conocer los retardos de las señales nerviosas individuales en las fases del medio 15000 puede deducirse también la forma original de la trayectoria. Además se conoce preferiblemente el tiempo de paso para las fases, de modo que también puede determinarse el instante en el que una trayectoria ha entrado en el medio 15000. Por tanto puede determinarse tanto información temporal característica de las trayectorias como información sobre la forma o curvatura de las trayectorias, para determinar qué eventos de actividad pertenecen a una trayectoria y/o qué eventos de actividad no pertenecen a una trayectoria.

35 Por lo demás se indica también que una cuarta representación 16400 gráfica muestra, para una mejor comprensión, además señales de salida en salidas de una tercera fase. Los potenciales 16420 de acción describen una trayectoria 16440, que sin embargo por un torcimiento adicional de la trayectoria está de nuevo curvada.

Se indica que los retardos en las fases 15100, 15120, 15160 pueden conseguirse de distinta manera. Los medios de retardo (por ejemplo 15300) pueden estar temporizados, y/o puede tratarse de medios de retardo que pueden ajustarse de manera continua o discreta. Por lo demás también es posible, que uno o varios medios de retardo estén

desactivados en una fase predeterminada para una o varias señales nerviosas, de modo que algunas señales nerviosas se retransmitan mediante una fase con el menor retardo posible. Por lo demás debe establecerse que el medio 15000 puede estar implementado en general como un circuito analógico o digital.

5 Además debe indicarse que anteriormente se describió una valoración de un patrón de actividad nerviosa. Sin embargo, puede recurrirse al dispositivo 15000 para hallar las trayectorias en cualquiera de los patrones de actividad.

Además se indica que las señales 15200, 15220, 15240 corresponden por ejemplo a las señales 710 ó 720. Las señales  $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_i$  de suma valoradas según el valor umbral (que se obtienen mediante comparación de las señales de suma con un valor umbral) corresponden por lo demás a las señales 740, 742, 744, 746 ó 750, 752, 754, 756.

10 La figura 10 muestra un diagrama de conexiones de una red de Hubel-Wiesel a modo de ejemplo para el cálculo según la invención de una representación analítica de una señal de audio según el segundo ejemplo de realización de la presente invención. El diagrama de conexiones de la figura 17 se designa en su totalidad con 17000. Un primer bloque 17100 de conexión recibe señales 17200, 17220, 17240 de entrada, que pueden representar por ejemplo un patrón de actividad nerviosa, un patrón de estimulación de una membrana basilar o una aparición de vesículas de neurotransmisor. Las señales 17200, 17220, 17240 de entrada se conducen entonces a través de una pluralidad de fases 17300, 17320, 17340. Una señal 17200 de entrada pasa por tanto por una pluralidad de fases 17300, 17320, 17340, pasando una señal 17200 de entrada en una fase 17300, 17320, 17340 o bien por un medio de retardo o bien retransmitiéndose directamente a una fase subsiguiente. En otras palabras, los medios de retardo también pueden saltarse.

20 En otras palabras, cada fase comprende para cada señal un medio de retardo conmutable, pudiendo conectarse el medio de retardo en una trayectoria de señal, por la que pasa una señal de entrada, o saltarse. Se toman señales en las entradas de cada fase y se alimentan a sumadores 17400, 17420, 17440, sumándose en cada caso las señales presentes en las entradas de una fase. El primer bloque 17100 de conexión forma por tanto una rejilla de elementos de retardo y sumadores, que se interconectan de la manera mostrada.

25 La red 17000 de Hubel-Wiesel presenta además un medio 17500 de valor umbral, alimentándose en cada caso un valor procedente de un registro 17600, 17620, 17640 de valor umbral así como una salida de un sumador 17400, 17430, 17440 a un comparador 17700, 17720, 17740. Las señales 17800, 17820, 17840 de salida de los comparadores 17700, 17720, 17740 proporcionan a este respecto una indicación de si en las entradas de una fase 17300, 17320, 17340 predeterminada están activas simultáneamente un número de señales, habiéndose establecido un número mínimo, con el que se emite una señal 17800, 17820, 17840 de salida activa, mediante el registro 17600, 17620, 17640 de valor umbral. En otras palabras, mediante los comparadores 17700, 17720, 17740 puede establecerse en conexión con los sumadores 17400, 17420, 17440 y los registros 17600, 17620, 17640 de valor umbral, cuándo (o tras pasar por cuántas de las fases 17300, 17320, 17340) se ha enderezado una trayectoria, introducida mediante lectura a través de las entradas 17200, 17220, 17240 del primer bloque 17100.

35 Los retardos de las fases 17300, 17320, 17340 individuales pueden a este respecto predeterminarse de manera adecuada para posibilitar un reconocimiento de un número lo más grande posible de trayectorias (o formas de trayectorias).

Las señales 17200, 17220, 17240 de entrada corresponden por ejemplo a las señales 710, 720 según la figura 7, mientras que las señales 17800, 17820, 17840 de salida corresponden por ejemplo a las señales 740, 724, 744, 746 o a las señales 750, 752, 754, 756 según la figura 7.

40 A continuación se describe mediante la figura 11 cómo puede calcularse un patrón de actividad para su empleo en el marco de la presente invención basándose en un modelo auditivo de un oído humano. Debe indicarse que un patrón de actividad representa una descripción de una actividad en el interior de o en una pluralidad de células auditivas de un modelo auditivo o en una pluralidad de nervios auditivos de un modelo auditivo. A continuación se describe qué magnitudes intermedias pueden calcularse por ejemplo en la valoración de un modelo auditivo de un oído. Cada una de estas magnitudes intermedias es adecuada por ejemplo para una determinación de un patrón de actividad, produciéndose un evento de actividad cuando la magnitud intermedia en cuestión de un valor de reposo, que se da sin la presencia de una señal de audio, se diferencia en más de un valor predeterminado. En otras palabras, un evento de actividad está presente cuando una de las magnitudes intermedias o magnitudes finales mencionadas a continuación supera o no llega a un valor umbral predeterminado. Se ha mostrado por lo demás que, para la formación del patrón de actividad, son particularmente adecuadas la tasa 2680 de liberación del transmisor, la aparición 2760 de vesículas de neurotransmisor así como el patrón 2840 de actividad nerviosa.

55 A continuación se indican detalles del cálculo de las magnitudes dadas empleando un modelo auditivo avanzado. Sin embargo debe indicarse que, para el cálculo del patrón de actividad o de los patrones de actividad, también son adecuados otros modelos auditivos, en los que se calculan una o varias de las magnitudes intermedias de otra manera, o en los que se omite el cálculo de una o varias magnitudes intermedias.

La figura 11 muestra con este fin una representación esquemática del desarrollo en una simulación de un oído humano así como los resultados intermedios y finales que se obtienen en la simulación. La representación esquemática de la



figura 1 se designa en su totalidad con 2000. En otras palabras, la figura 11 describe un modelo auditivo de un oído humano para su uso en relación con la presente invención.

La representación esquemática 2000 de la figura 11 describe por tanto un modelo de simulación de un oído humano. Una señal 2100 de audio sirve como señal de entrada para el modelo 2000 de simulación. Basándose en la señal 2100 de audio se valora en una primera etapa 2140 una conversión de sonido mecánica en un oído externo, mediante la cual se determina una estimulación 2180 de un tímpano. En una segunda etapa 2220 se calcula o simula una transmisión de sonido a través de los huesecillos del oído, con lo cual se determina a partir de la estimulación 2180 del tímpano una estimulación 2260 de una ventana oval entre un oído medio y una cóclea. En una tercera etapa 2300 se calcula o simula una estimulación 2340 vibratoria hidromecánica de la cóclea. En una cuarta etapa 2380 se determina a partir de la estimulación 2340 vibratoria de la cóclea un movimiento 2420 de la membrana basilar. En una quinta etapa 2460, del movimiento 2420 de la membrana basilar se deduce una desviación 2520 de un estereocilio. Basándose en la desviación 2520 del estereocilio se calcula entonces, en una sexta etapa 2560, una concentración 2600 de calcio en una célula ciliada. Se recurre entonces a la concentración 2600 de calcio para calcular, en una séptima etapa 2640, una tasa 2680 de liberación del transmisor de sustancias transmisoras. Basándose en la tasa 2680 de liberación del transmisor se deriva, en una octava etapa 2720, una aparición 2760 de vesículas de neurotransmisor, que describe una aparición de vesículas de neurotransmisor. Finalmente, en una novena etapa 2800, se deriva un patrón 2840 de actividad nerviosa de la aparición 2760 de vesículas de neurotransmisor. El patrón 2840 de actividad nerviosa describe a este respecto aproximadamente una actividad, que aparece en un oído sano, en las células nerviosas de un nervio auditivo (humano o animal). El patrón 2840 de actividad nerviosa es por tanto muy adecuado para proporcionar una indicación acerca de una estimulación de nervios auditivos mediante un implante coclear.

Se indica que, en el marco del modelo 2000 de simulación, varias de las etapas 2140, 2220, 2300, 2380, 2460, 2560, 2640, 2720, 2800 pueden agruparse sin calcular un resultado intermedio correspondiente. En otras palabras, pueden procesarse varias etapas en una etapa simplificada sin calcular las etapas intermedias mostradas en la representación 2000 gráfica.

Tanto la desviación 2520 de un estereocilio, como la concentración 2600 de calcio en una célula ciliada interna, la tasa 2680 de liberación del transmisor en una célula ciliada interna, una aparición 2760 de vesículas de neurotransmisor en una célula ciliada interna o un patrón 2840 de actividad nerviosa presente en la célula ciliada interna (o el desarrollo temporal asociado) pueden representar en cada caso un patrón de actividad o una parte de un patrón de actividad en una célula ciliada interna.

Igualmente, por ejemplo, las concentraciones 2600 de iones de calcio en una pluralidad de células ciliadas internas pueden formar un patrón de actividad. Un evento de actividad es, considerando la concentración de calcio, por ejemplo un aumento significativo de la concentración de calcio por encima de un valor umbral determinado o una disminución de la concentración de calcio por debajo de un valor umbral determinado.

Por lo demás, el patrón de actividad también puede describir por ejemplo una diferencia de las concentraciones de calcio actuales respecto a concentraciones de calcio equilibradas. Un evento de actividad se describirá en este caso mediante una diferencia significativa de las respectivas concentraciones de calcio hacia arriba o hacia abajo.

Además, también puede emplearse el desarrollo temporal de una tasa 2680 de liberación del transmisor o una probabilidad de liberación del transmisor en una pluralidad de células ciliadas internas como patrón de actividad a lo largo del tiempo. El patrón de actividad se forma a este respecto por la tasa de liberación del transmisor o la probabilidad de liberación del transmisor en la *i*-ésima célula ciliada interna.

Por lo demás se indica que, considerando la tasa 2680 de liberación del transmisor o la probabilidad de liberación del transmisor, puede entenderse por ejemplo la presencia de una tasa de liberación del transmisor mayor que cero o una probabilidad de liberación del transmisor mayor que cero como un evento de actividad.

Además, una aparición 2760 de vesículas de neurotransmisor en una pluralidad de células ciliadas internas también puede formar un patrón de actividad. En otras palabras, un patrón de actividad describe en el caso mencionado, cuántas vesículas de neurotransmisor se liberan por ejemplo durante un determinado periodo de tiempo o intervalo de tiempo. La aparición 2760 de vesículas del neurotransmisor puede también describir, sin embargo, cuántas vesículas de neurotransmisor se liberan de nuevo durante un periodo de tiempo o un intervalo de tiempo. El desarrollo temporal correspondiente puede describir además, por ejemplo, cuántas vesículas de neurotransmisor se liberan en la célula ciliada interna presináptica en una unidad de tiempo o están presentes en un intervalo de tiempo o en un instante en total en forma libre. Además, la aparición 2760 de vesículas de neurotransmisor puede también describir, sin embargo, cuántas vesículas de neurotransmisor se difunden por ejemplo por unidad de tiempo desde la célula ciliada interna presináptica al espacio sináptico, que acopla la célula ciliada presináptica con una fibra nerviosa.

En otras palabras, por una aparición de vesículas de neurotransmisor se entiende, por ejemplo, un número de vesículas de neurotransmisor realmente presentes o liberadas por unidad de tiempo, sin que sea relevante para la presente invención dónde exactamente dentro de una célula ciliada o sinapsis se determina el correspondiente número de vesículas de neurotransmisor o la correspondiente tasa de liberación de vesículas de neurotransmisor. Concretamente

se parte del hecho de que las vesículas de neurotransmisor, que se liberan en la parte presináptica de la célula ciliada interna, se difunden con una cierta constante de tiempo al espacio sináptico.

5 Por lo demás se indica que una aparición de vesículas de neurotransmisor puede describirse tanto cualitativa como cuantitativamente, para describir un patrón de actividad en el sentido de la presente invención. En otras palabras, un desarrollo temporal perteneciente a una aparición 2760 de vesículas de neurotransmisor puede describir, por ejemplo, cuántas vesículas de neurotransmisor se liberan o están presentes en forma libre. El desarrollo también puede dar únicamente información cualitativa sobre si las vesículas de neurotransmisor se liberan en un intervalo de tiempo o están presentes en forma libre.

10 Considerando una aparición 2760 de vesículas de neurotransmisor en el interior de o en una pluralidad de células ciliadas internas de un modelo auditivo como el patrón de actividad, pueden considerarse como eventos de actividad por ejemplo la liberación de un número de vesículas de neurotransmisor en una unidad de tiempo, mayor que un valor umbral determinado. Por ejemplo puede suponerse que aparece un evento de actividad absolutamente siempre que aparece una vesícula de neurotransmisor dentro de un intervalo de tiempo. Además, puede suponerse que está presente un evento de actividad cuando está presente al menos una (o de manera más general: más de un número

15 mínimo predeterminado) vesícula de neurotransmisor libre en una célula ciliada interna.

En otras palabras, un evento de actividad es un evento que aparece en una única célula ciliada interna. Un evento de actividad se pone de manifiesto normalmente en un mínimo o máximo local del patrón de actividad o en una superación o no de un valor umbral.

20 Además, como patrón de actividad también puede emplearse un patrón de actividad nerviosa en una pluralidad de células ciliadas internas de un modelo auditivo. El patrón de actividad nerviosa describe a este respecto la actividad o el desarrollo temporal de la actividad en varias fibras nerviosas distintas, que están acopladas con varias células ciliadas internas distintas. A un *i*-ésimo desarrollo temporal del patrón de actividad se le asocia por ejemplo un desarrollo temporal de un potencial o una tensión en una fibra nerviosa acoplada con una *i*-ésima célula ciliada interna. En las fibras nerviosas individuales aparecen a este respecto potenciales de acción, cuya aparición se describe mediante el

25 patrón de actividad. Por un evento de actividad debe entenderse en este caso la aparición de un potencial de acción en una de las *n* fibras nerviosas consideradas.

En resumen, puede establecerse por tanto que en un procedimiento según el diagrama 2000 de flujo pueden calcularse distintas magnitudes 2520, 2600, 2680, 2760 para una pluralidad de distintas células ciliadas internas, formándose un patrón de actividad mediante una agrupación de las magnitudes iguales para una pluralidad de diferentes células

30 ciliadas.

La figura 12 muestra por lo demás un diagrama de flujo de un procedimiento según la invención para generar un patrón de actividad filtrado basándose en un primer patrón de actividad de un modelo auditivo de un primer oído y un segundo patrón de actividad de un modelo auditivo de un segundo oído. El procedimiento según la figura 12 se designa en su conjunto con 1200.

35 El procedimiento 1200 comprende, en una primera etapa 1210, identificar una primera trayectoria en el primer patrón de actividad y una segunda trayectoria en el segundo patrón de actividad, que están asociadas a un mismo evento de sonido.

El procedimiento 1200 comprende, en una segunda etapa 1220, determinar si las dos trayectorias están asociadas a un evento de sonido de una fuente de sonido útil.

40 El procedimiento 1200 comprende además, en una tercera etapa 1230, filtrar el primer patrón de actividad o el segundo patrón de actividad basándose en un resultado de la determinación de si una trayectoria está asociada a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, de modo que en un patrón de actividad filtrado predominan eventos de actividad que están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, o de modo que los eventos de actividad que no están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil ya no están contenidos en el patrón de actividad filtrado.

45 Por lo demás debe indicarse que el procedimiento 1200 puede completarse o ampliarse con todas las etapas realizadas por los dispositivos según la invención anteriormente descritos.

La figura 13 muestra un diagrama de conexiones de bloques de un separador de fuentes según la invención según un ejemplo de realización de la presente invención. El separador de fuentes de la figura 13 se designa en su totalidad con 1300. El separador 1300 de fuentes está diseñado para recibir un primer canal 1310 de una señal de audio de al menos dos canales. El separador 1300 de fuentes está diseñado además para recibir un segundo canal 1320 de la señal de audio de al menos dos canales. El separador 1300 de fuentes está diseñado además para suministrar una señal 1330 de audio depurada basándose en la señal de audio con al menos dos canales.

50

El separador 1300 de fuentes comprende un primer calculador 1340 de patrones de actividad, que está diseñado para calcular un primer patrón 110 de actividad basándose en el primer canal 1310 de la señal de audio. El calculador 1340 de patrones de actividad comprende o emplea a este respecto por ejemplo un modelo auditivo de un oído. El separador

55 1300 de fuentes comprende además un segundo calculador 1342 de patrones de actividad, que está diseñado para

calcular un segundo patrón 112 de actividad basándose en el segundo canal 1320 de la señal de audio. Con este fin, el calculador 1342 de patrones de actividad está diseñado por ejemplo para aplicar un modelo auditivo de un oído al segundo canal 1320 de la señal de audio para obtener el segundo patrón 112 de actividad.

5 El separador 1300 de fuentes comprende por lo demás un identificador 120, un determinador 130 y un filtro 140, tal como ya se han descrito mediante la figura 1. Los medios del separador 1300 de fuentes, que coinciden con medios del dispositivo 100, se designan con los mismos números de referencia que en la figura 1 y 2 y no vuelven a explicarse en este caso. Más bien se remite a la descripción con respecto a las figuras 1 y 2.

10 El separador 1300 de fuentes comprende, además de los medios del dispositivo 100, 200, un sintetizador 1350, que está diseñado para obtener el patrón 146 de actividad filtrado, y para generar, basándose en el patrón 146 de actividad filtrado, la señal 1330 de audio depurada. Con este fin el sintetizador está diseñado para transformar el patrón 146 de actividad depurado en una representación temporal, una representación en frecuencia o una representación de subbanda. En otras palabras, el sintetizador 1350 está diseñado preferiblemente para invertir al menos parcialmente los cálculos realizados durante la determinación del patrón de actividad con ayuda del modelo auditivo. En otras palabras, el sintetizador 1350 está diseñado, por ejemplo, para reconstruir, basándose en un patrón de actividad, que representa una aparición de vesículas de neurotransmisor, la señal de audio depurada como una señal de audio en el dominio del tiempo. Alternativamente a esto, el sintetizador 1350 también puede estar diseñado para transformar por ejemplo un patrón de actividad nerviosa en una señal de audio en el dominio del tiempo. En lugar de la representación de la señal de audio en el dominio del tiempo, también puede emplearse por lo demás una representación en el dominio de la frecuencia, es decir por ejemplo una representación de energías o valores de amplitud complejos en una pluralidad de intervalos espectrales, o como una representación en forma de una pluralidad de fasores complejos en una pluralidad de bandas de frecuencia.

El separador 1300 de fuentes posibilita por tanto, al utilizar una señal de audio de múltiples canales (al menos de dos canales), una separación de fuentes, realizándose la separación de fuentes tomando como base un reconocimiento de trayectorias correspondientes en dos patrones de actividad que representan los dos canales de la señal de audio.

25 La figura 14 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento según la invención para generar una señal de audio depurada basándose en una señal de audio con al menos dos canales. El procedimiento según la figura 14 se designa en su totalidad con 1400.

El procedimiento 1400 comprende, en una primera etapa 1410, generar un primer patrón de actividad de un modelo auditivo de un primer oído basándose en un primer canal de la señal de audio.

30 El procedimiento 1400 comprende además, en una segunda etapa 1420, generar un segundo patrón de actividad de un modelo auditivo de un segundo oído basándose en un segundo canal de la señal de audio.

El procedimiento 1400 comprende además, en una tercera etapa 1430, generar un patrón de actividad filtrado basándose en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad, tal como ya se ha descrito anteriormente mediante las figuras 1 y 2.

35 El procedimiento 1400 comprende además, en una cuarta etapa 1440, convertir el patrón de actividad filtrado en una representación temporal, una representación en frecuencia o una representación de subbanda, para obtener la señal de audio depurada.

40 Por lo demás debe indicarse que el procedimiento 1400 puede ampliarse en todas las etapas realizadas por los dispositivos según la invención, descritos en el marco de la presente solicitud. Por lo demás debe indicarse que la generación del patrón de actividad filtrado basándose en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad puede realizarse empleando por ejemplo el procedimiento 1200 según la figura 12.

45 La figura 15 muestra por lo demás un extracto de un diagrama de conexiones de bloques de un dispositivo según la invención para el cálculo de un patrón de actividad filtrado basándose en dos señales de audio. El dispositivo según la figura 15 se designa en su totalidad con 1500. El dispositivo 1500 está diseñado para recibir una primera señal 1510 de audio, por ejemplo de un primer micrófono, que está dispuesto por ejemplo en el entorno de un primer oído (por ejemplo de un ser humano). El dispositivo 1500 está diseñado además para recibir una segunda señal 1512 de audio, por ejemplo de un segundo micrófono, que está dispuesto por ejemplo en el entorno de un segundo oído (por ejemplo humano). El dispositivo 1500 está diseñado también, por ejemplo, para recibir la primera señal 1510 de audio de un micrófono dispuesto en el lado izquierdo de una cabeza humana, y para recibir la segunda señal 1512 de audio de un micrófono dispuesto en el lado derecho de una cabeza humana. El dispositivo 1500 comprende además un primer calculador 1520 de patrones de actividad, que está diseñado para calcular, empleando por ejemplo un modelo auditivo, un primer patrón 1522 de actividad basándose en la primera señal 1510 de audio. El dispositivo 1500 comprende además un segundo calculador 1530 de patrones de actividad, que está diseñado para calcular, empleando un modelo auditivo, un segundo patrón 1532 de actividad basándose en la segunda señal 1512 de audio. El dispositivo 1500 comprende además una primera red 1540 de Hubel-Wiesel, que está diseñada para recibir el primer patrón 1522 de actividad, y para generar, basándose en el mismo, una pluralidad de señales 1542 paralelas, que están diseñadas para indicar la presencia de trayectorias con distinta curvatura en el patrón 1522 de actividad. En otras palabras, la pluralidad de señales 1542 paralelas está diseñada para indicar cuándo está presente una trayectoria con una curvatura asociada

a una señal de entre una pluralidad de trayectorias con distintas curvaturas. Las líneas 1542 paralelas corresponden a este respecto en su modo de funcionamiento a las señales 740, 742, 744, 746 del dispositivo 700, y la primera red 1540 de Hubel-Wiesel corresponde al primer reconocedor 730 de trayectorias. El dispositivo 1500 comprende además una segunda red 1550 de Hubel-Wiesel, que está diseñada para generar, basándose en el segundo patrón 1532 de actividad, una pluralidad de señales 1552 paralelas. Las señales paralelas de la pluralidad 1542 de señales paralelas señalizan a este respecto la presencia de una trayectoria con una determinada curvatura en el segundo patrón 1532 de actividad. Respecto a las líneas paralelas de la pluralidad 1552 de líneas paralelas es válido por lo demás lo dicho con respecto a la pluralidad de líneas 1542 paralelas. Además, las líneas 1552 paralelas corresponden a las líneas 750, 752, 754, 756 del dispositivo 700, y la segunda red 1550 de Hubel-Wiesel corresponde al segundo reconocedor 732 de trayectorias del dispositivo 700.

El dispositivo 1500 comprende además una unidad 1560 de múltiples coincidencias, que está diseñada para recibir primeras señales de entrada a través de la primera pluralidad 1542 de líneas paralelas, y para recibir segundas señales de entrada a través de la segunda pluralidad 1552 de líneas paralelas. Por lo demás debe indicarse que la unidad 1560 de múltiples coincidencias corresponde esencialmente al reconocedor 770 de coincidencias del dispositivo 700. Debe indicarse que en el caso de la unidad 1560 de múltiples coincidencias puede tratarse por ejemplo una unidad de múltiples coincidencias tal como ya se describió mediante la figura 5.

La unidad 1560 de múltiples coincidencias está diseñada, por tanto, para establecer, en relación con las redes 1540, 1550 de Hubel-Wiesel, si en los patrones 1522, 1532 de actividad están contenidas trayectorias de igual curvatura, y para determinar además un desplazamiento temporal entre las trayectorias con la misma curvatura. La información correspondiente puede emplearse entonces para filtrar el primer patrón 1522 de actividad y/o el segundo patrón 1532 de actividad, para obtener un patrón de actividad filtrado tal como ya se describió anteriormente.

La figura 16 muestra por lo demás como aclaración, cómo pueden disponerse las células auditivas internas o células IHZ1, IHZ2, IHZ3, IHZ4 ciliadas internas a lo largo de una membrana basilar.

La figura 16 muestra con este fin una representación gráfica de una geometría de la membrana basilar y una reacción de la membrana basilar a una estimulación.

Una primera representación 2610 gráfica muestra que una anchura de una membrana 2620 basilar aumenta desde la base de la cóclea hacia el extremo (ápice) de la cóclea en aproximadamente un factor de 10. Además la representación 2610 gráfica muestra distintas frecuencias características (en hercios), respecto a las cuales existe en distintos puntos de la cóclea una sensibilidad máxima. En la proximidad de la base de la cóclea se perciben frecuencias máximas del orden de magnitud de 20.000 hercios. Considerado desde la base de la cóclea, la frecuencia para la que se obtiene una sensibilidad máxima disminuye de manera continua. La representación 610 gráfica muestra además cuatro células IHZ1, IHZ2, IHZ3, IHZn ciliadas internas a modo de ejemplo, que están dispuestas a lo largo de la cóclea, y que están acopladas con correspondientes fibras NF1, NF2, NF3, NFn nerviosas. Suponiendo una estimulación sinusoidal de la cóclea, por ejemplo la primera célula IHZ1 ciliada interna reacciona por tanto con la mayor intensidad a una estimulación con una frecuencia de aproximadamente 6.000 Hz. La segunda célula IHZ2 ciliada interna presenta en cambio, por ejemplo, una sensibilidad máxima a una estimulación con una frecuencia de aproximadamente 3.300 Hz. De manera análoga las demás células IHZ3, IHZn ciliadas internas presentan otras frecuencias de máxima sensibilidad.

Una segunda representación 2650 gráfica describe además un acoplamiento de una onda acústica en la cóclea a través de una ventana 2660 oval. El acoplamiento a través de la ventana 2660 oval genera una onda 2670 viajera en la cóclea, que discurre desde la base 2680 de la cóclea hacia el ápice 2682 de la cóclea y se desvía a este respecto por la membrana 2620 basilar. Las células nerviosas situadas en la proximidad en la base 2680 de la cóclea se estimulan antes que las células nerviosas que están más alejadas de la base 2680 de la cóclea. En otras palabras, la ubicación de la onda 2670 viajera en función del tiempo puede considerarse como trayectoria de la onda 2670 viajera. La trayectoria puede representarse libremente también en células nerviosas discretas, de modo que una trayectoria describe, igualmente, en qué secuencia temporal se estimulan varias células nerviosas separadas espacialmente por una onda viajera.

En el ejemplo mostrado, por ejemplo la célula IHZ1 ciliada interna se estimula por la onda 2670 viajera antes que las demás células IHZ2, IHZ3, IHZn ciliadas internas. La primera célula IHZ1 ciliada interna se encuentra concretamente más próxima a la ventana 2660 oval, propagándose la onda 2670 viajera desde la ventana oval (es decir desde la base 2680 de la cóclea) hacia el ápice 2682 de la cóclea. Por tanto se estimulan una tras otra la primera célula IHZ1 ciliada interna, la segunda célula IHZ2 ciliada interna, la tercera célula IHZ3 ciliada interna y la enésima célula IHZn ciliada interna. En otras palabras, una única onda viajera genera en las células ciliadas internas mostradas eventos de actividad en una secuencia temporal, determinándose las separaciones temporales mediante la velocidad de propagación de la onda 2670 viajera y la posición de las correspondientes células IHZ1, IHZ2, IHZ3, IHZn ciliadas internas. Sin embargo debe establecerse que los eventos de actividad en las células ciliadas internas (considerados en una representación bidimensional en función del tiempo y el índice  $i$  de las células IHZ $i$  ciliadas internas) forman una trayectoria, que corresponde por ejemplo a una trayectoria temporal de una ubicación de máxima desviación de la onda 2670 viajera.

Además, los procedimientos según la invención pueden implementarse, dependiendo de las circunstancias, en hardware o en software. La implementación puede realizarse en un medio de almacenamiento digital, por ejemplo un disquete, CD, DVD, ROM, PROM, EPROM, EEPROM o un medio de almacenamiento *flash*, con señales de control legibles electrónicamente, que así pueden actuar conjuntamente con un sistema informático programable que lleva a cabo el procedimiento correspondiente. En general, la invención consiste por tanto también en un producto de programa informático con código de programa almacenado en un soporte legible por máquina para la realización del procedimiento según la invención, cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. Expresado en otras palabras, la invención puede realizarse por tanto como un programa informático con un código de programa para la realización del procedimiento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

En resumen, puede establecerse por tanto que, en el marco de la presente invención, trayectorias de retardo (*delay*) (que se obtienen por ejemplo debido a una propagación de una onda viajera en una cóclea de un odio interno al estimular la cóclea mediante un evento de sonido, y que se reflejan en patrones de actividad, determinados mediante el modelo auditivo) discurren en sentido contrario en una unidad de múltiples coincidencias (por ejemplo en una unidad 500 de múltiples coincidencias según la figura 5a). La unidad de múltiples coincidencias comprende con este fin  $n$  tramos de retardo antiparalelos de longitud  $m$ , describiendo  $n$  un número de células ciliadas internas (o fibras nerviosas), que se tienen en cuenta en el cálculo del patrón de actividad, y describiendo  $m$  un número de intervalos o *bins* y por tanto un tiempo de retardo máximo y/o una resolución temporal máxima.

En el marco de la presente invención, dos procedimientos son especialmente ventajosos. Así, por ejemplo patrones de actividad o eventos de actividad (por ejemplo vesículas) pueden discurrir en sentido contrario directamente en la unidad de múltiples coincidencias (por ejemplo la unidad 500 de múltiples coincidencias según la figura 5a). Después se realiza una suma (por ejemplo de señales de múltiples coincidencias de salidas de coincidencia de celdas 580 de coincidencia) en celdas de integrador (o en sumadores 530). Cada trayectoria de retardo tiene o comprende por ejemplo  $n$  eventos de actividad o vesículas. Por consiguiente es ventajoso que cada integrador (o sumador 530) esté dotado de un umbral, situado algo por debajo de  $m$  (por ejemplo que ascienda a al menos un 50% de  $n$ ). El umbral está representado por lo demás en el diagrama de conexiones de bloques según la figura 5a mediante dispositivos 540 de toma de decisiones de valor umbral, cumpliéndose además que:  $n = l$ . Los integradores (o los sumadores 530) deben reiniciarse además dentro de un tiempo de integración de aproximadamente 10 a 100 ms (para posibilitar una detección fiable de trayectorias individuales, y para evitar un mezclado con eventos de coincidencia de distintas trayectorias).

Según un concepto adicional preferido es posible anteponer a la unidad 500 de múltiples coincidencias redes de Hubel-Wiesel o redes de transformada de Hough, tal como se muestra por ejemplo en la figura 7. De este modo se curvan las trayectorias de retardo (en los patrones de actividad) respecto a un frente de onda de señal recto. Las trayectorias de retardo (*delay*) reconocidas se hacen coincidir o se correlacionan entonces en la unidad de múltiples coincidencias (por ejemplo en el reconocedor 700 de coincidencias). En otras palabras, en el reconocedor 700 de coincidencias se reconoce cuándo están presentes trayectorias o trayectorias de retardo en los patrones de actividad, y se determina además un desplazamiento temporal entre las trayectorias de retardo con igual curvatura.

La presente invención crea por tanto un dispositivo para el filtrado binaural de patrones de actividad o para el filtrado vesicular binaural. Las trayectorias de retardo (en los patrones de actividad) se correlacionan entre sí o se hacen coincidir mediante un desplazamiento temporal. Detalles con respecto a esto pueden derivarse por ejemplo del documento US 6.442.510 B1.

Además se produce un filtrado vesicular directo entre sí, para determinar pares de coincidencias. Además como resultado se produce una cancelación de ruido o cancelación de fuentes de ruido o cancelación de fuentes molestas, al eliminar las vesículas de fuentes de ruido (de los patrones de actividad originales o de al menos uno de los patrones de actividad originales).

Además la presente invención posibilita una temporización y sincronización exacta en el tiempo de un implante coclear izquierdo y uno derecho, para que puedan localizarse fuentes de sonido de manera correcta en el espacio.

Mediante la presente invención se posibilita por tanto un filtrado de fuentes de ruido binaural, que hace posible suavizar un efecto "Cocktail-Party" (voces concurrentes).

En resumen, puede establecerse por lo demás que la presente invención posibilita la realización de una determinación angular de fuentes de sonido, determinando por ejemplo un desplazamiento temporal de trayectorias, que pertenecen al mismo evento de sonido. Además es posible elegir o seleccionar eventos de actividad o vesículas (en el marco del filtrado mediante el filtro) en función de la fuente de sonido. En otras palabras, en función de de qué fuente de sonido procedan los eventos de actividad o vesículas, se adoptarán los eventos de actividad o vesículas en el patrón de actividad filtrado o se atenuarán o cancelarán los patrones de actividad filtrados. Esto lleva a una suavización de un efecto "Cocktail-Party" (por ejemplo para un portador de un implante coclear, que se activa empleando el patrón de actividad filtrado), puesto que en el caso de un ejemplo de realización de la presente invención sólo se reproducen todavía fuentes de sonido de una dirección determinada (por ejemplo con respecto al paciente con el implante coclear).

Por lo demás debe indicarse que el procedimiento según la invención conlleva ventajas particulares cuando mediante el patrón de actividad filtrado (o aún mejor, mediante dos patrones de actividad filtrados) se activa un implante coclear. En

un portador de un implante coclear, concretamente el cerebro ya no puede efectuar en algunos casos una localización de fuentes de sonido binaural. Esto es así, por ejemplo, porque los electrodos de los implantes en ambos oídos se encuentran en puntos diferentes a lo largo de la membrana basilar. Por tanto ya no es posible una asociación igual con células auditivas internas o células ciliadas internas.

5 Un uso ventajoso del concepto según la invención puede obtenerse además cuando desde un oído opuesto (o desde una salida de la unidad de múltiples coincidencias) se activan células ciliadas externas aferentes. Con esta información calculada previamente puede construirse un implante coclear, que estimula células ciliadas externas intactas del mismo modo, con lo cual aparece una nueva generación de implantes cocleares.

10 En otras palabras, la salida o las señales de salida de la unidad de múltiples coincidencias es una magnitud de entrada para un circuito regulador de realimentación eferente para el control de las células ciliadas motrices externas, para ajustar de manera selectiva un rango de nivel dinámico.

Según un ejemplo de realización preferido de la presente invención, se construye un modelo auditivo de manera emparejada. Señales de células auditivas internas o células ciliadas internas del lado izquierdo o derecho se hacen coincidir por parejas en tramos de retardo antiparalelos (variante de circuito 1).

15 Según un aspecto de la presente invención, el sistema se construye por triplicado, con las señales separadas de células HSR, MSR y LSR del ganglio espiral. Dado que éstas tienen un intervalo de nivel de reacción diferente, considera la distribución de vesículas para tonos fuertes, medios y suaves de manera diferente. Por tanto pueden separarse fuentes de señal de distinta fuerza. El concepto según la invención sirve para minimizar un efecto "Cocktail-Party", al localizar las fuentes de sonido mediante el dispositivo según la invención o el procedimiento según la invención. Entonces se filtran (o se eliminan mediante filtrado o se eliminan) de manera selectiva vesículas, que pertenecen a una fuente de ruido (también denominada fuente de sonido molesto) (o que pertenecen a una fuente de sonido molesto) (por ejemplo con la generación del patrón de actividad filtrado).

20 Según un aspecto adicional de la presente invención por lo demás se antepone a la unidad de múltiples coincidencias una red de Hubel-Wiesel.

25 Según un aspecto adicional de la presente invención, las salidas de la unidad de múltiples coincidencias se alimentan a un circuito de realimentación, que en la salida inerva células ciliadas externas mediante vías de conducción eferentes. Si el circuito regulador calcula, a partir de las magnitudes características de entrada, una señal de activación selectiva, se desencadena un potencial de acción en la célula eferente calculada (o en las células eferentes calculadas) y por tanto se estimulan las células ciliadas externas para que se contraigan. Se produce por tanto una estimulación de neuronas eferentes (o respecto a neuronas eferentes, o empleando neuronas eferentes) en células ciliadas externas.

30 La presente invención proporciona por tanto un concepto, que puede emplearse para la generación de un patrón de actividad filtrado, pudiendo utilizarse el patrón de actividad filtrado a su vez ventajosamente para activar un implante coclear, de modo que en el portador del implante coclear se reduzca un efecto "Cocktail-Party" que aparece habitualmente.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (100; 200) para generar un patrón (146) de actividad filtrado basándose en un primer patrón (110) de actividad de un modelo auditivo de un primer oído, y en un segundo patrón (112) de actividad de un modelo auditivo de un segundo oído, con las siguientes características:
- 5 un identificador (120) para identificar una primera trayectoria (430, 432, 434) en el primer patrón de actividad y una segunda trayectoria (440, 442, 444) en el segundo patrón de actividad, que están asociadas al mismo evento de sonido;
- un determinador (130) para determinar si las dos trayectorias (430, 440; 432, 442; 434, 444) están asociadas a un evento de sonido de una fuente (462) de sonido útil; y
- 10 un filtro (140) para filtrar el primer patrón de actividad o el segundo patrón de actividad basándose en un resultado (136) de la determinación de si una trayectoria (430, 432, 434, 440, 442, 444) está asociada a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, de modo que en un patrón de actividad filtrado predominan los eventos de actividad que están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, o de modo que los eventos de actividad que no están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil ya no están presentes en el patrón de actividad filtrado;
- 15 en el que el primer patrón (110) de actividad se basa en una primera señal de audio procesada por el modelo auditivo del primer oído, y en el que el segundo patrón (112) de actividad se basa en una segunda señal de audio procesada por el modelo auditivo del segundo oído, describiendo el primer patrón de actividad y el segundo patrón de actividad dos señales de audio de fuentes de señales de audio distintas o señales de audio de dos canales de una señal de audio multicanal,
- en el que una trayectoria en el patrón de actividad describe eventos de actividad correspondientes en el patrón de actividad, que están asociados a una onda viajera en una membrana basilar del modelo auditivo;
- 20 en el que el identificador (120) está diseñado para identificar una primera trayectoria (430, 432, 434) curvada en el primer patrón de actividad y una segunda trayectoria (440, 442, 444) curvada en el segundo patrón de actividad como trayectorias pertenecientes a un mismo evento de sonido, cuando la primera trayectoria y la segunda trayectoria presentan dentro de un intervalo de tolerancia predeterminado una misma curvatura, y cuando la primera trayectoria y la segunda trayectoria aparecen dentro de un intervalo de tiempo máximo predeterminado;
- 25 en el que el identificador (120) está diseñado para determinar un desplazamiento ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_3$ ) temporal entre las dos trayectorias identificadas, que están asociadas al mismo evento de sonido; y
- en el que el determinador (130) está diseñado para establecer, con ayuda del desplazamiento temporal, si las dos trayectorias (430, 440; 432, 442; 434, 444) identificadas, que están asociadas al mismo evento de sonido, están asociadas a un evento de sonido de una fuente (462) de sonido útil.
- 30 2. Dispositivo (100; 200) según la reivindicación 1, en el que el primer oído es un oído izquierdo, y en el que el segundo oído es un oído derecho, o viceversa,
- en el que el primer patrón (110) de actividad se basa en una primera señal de audio procesada por el modelo auditivo del primer oído, y en el que el segundo patrón (112) de actividad se basa en una segunda señal de audio procesada por el modelo auditivo del segundo oído,
- 35 en el que la primera señal de audio describe una señal de audio perceptible en el entorno del primer oído, y en el que la segunda señal de audio describe una señal de audio perceptible en el entorno del segundo oído, y
- en el que el primer patrón (110) de actividad es un patrón de actividad nerviosa a lo largo del tiempo en una pluralidad de fibras (NF1, NF2, NF3, NF4) nerviosas del modelo auditivo del primer oído, que describe una reacción en la pluralidad de fibras nerviosas ante la presencia de una primera señal de audio en el primer oído, en el que el segundo patrón (112) de actividad es un patrón de actividad nerviosa a lo largo del tiempo en una pluralidad de fibras nerviosas del modelo auditivo del segundo oído, que describe una reacción en la pluralidad de fibras nerviosas ante la presencia de una segunda señal de audio en el segundo oído, y en el que el patrón de actividad filtrado es un patrón de actividad nerviosa filtrado.
- 40
3. Dispositivo (100; 200) según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que el primer patrón de actividad es una aparición de vesículas de neurotransmisor en células (IHZ1, IHZ2, IHZ3, IHZ4) auditivas internas del modelo auditivo del primer oído, que describe una reacción ante la presencia de una primera señal de audio en el primer oído,
- 45 en el que el segundo patrón de actividad es una aparición de vesículas de neurotransmisor en células auditivas internas del modelo auditivo del segundo oído, que describe una reacción a una presencia de una segunda señal de audio en el segundo oído, y
- 50 en el que el patrón de actividad filtrado es una aparición de vesículas de neurotransmisor filtrada.

4. Dispositivo (100; 200) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el identificador (120) está diseñado para determinar un desplazamiento ( $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_3$ ) temporal entre las dos trayectorias identificadas, que están asociadas al mismo evento de sonido, y en el que el determinador (130) está diseñado para indicar que las dos trayectorias identificadas están asociadas a un evento de sonido de la fuente (462) de sonido útil, cuando un desplazamiento temporal entre las dos trayectorias identificadas se sitúa dentro de un intervalo predeterminado de manera fija o que puede ajustarse, y para indicar en caso contrario que las dos trayectorias identificadas no están asociadas a un evento de sonido de la fuente de sonido útil.
5. Dispositivo (100; 200) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el primer patrón (110) de actividad es un patrón bidimensional, que se describe por desarrollos (302, 310, 315, 320; 342, 360, 365, 370) temporales de señales de una primera pluralidad de señales (392, 394, 396, 398; 510; 710), estando las señales de la primera pluralidad de señales asociadas a diferentes nervios auditivos o células auditivas internas del modelo auditivo del primer oído, y describiendo los desarrollos temporales de las señales de la primera pluralidad de señales, desarrollos de una magnitud característica en los nervios auditivos o en las células auditivas internas o en el interior de células auditivas internas del modelo auditivo del primer oído;
- 15 en el que el segundo patrón (112) de actividad es un patrón bidimensional, que se describe por desarrollos (302, 310, 315, 320; 342, 360, 365, 370) temporales de señales de una segunda pluralidad de señales (392, 394, 396, 398; 512; 720), estando las señales de la segunda pluralidad de señales asociadas a diferentes nervios auditivos o células auditivas internas del modelo auditivo del segundo oído, y describiendo los desarrollos temporales de las señales de la segunda pluralidad de señales, desarrollos de una magnitud característica en los nervios auditivos o en las células auditivas internas o en el interior de las células auditivas internas del modelo auditivo del segundo oído, y
- 20 en el que el identificador (120) está diseñado para reconocer trayectorias de al menos aproximadamente la misma curvatura en el primer patrón (110) de actividad y en el segundo patrón (112) de actividad,
- en el que el identificador está diseñado para desplazar el primer patrón de actividad y el segundo patrón de actividad uno respecto a otro teniendo en cuenta una dirección temporal, para reconocer ubicaciones en las que el primer patrón de actividad y el segundo patrón de actividad presentan coincidencias para diferentes estados de desplazamiento, y para, basándose en las ubicaciones de las coincidencias reconocidas para los diferentes estados de desplazamiento, decidir si una trayectoria en el primer patrón de actividad y una trayectoria en el segundo patrón de actividad presentan una misma curvatura, y, en caso afirmativo, para reconocer basándose en las ubicaciones de las coincidencias reconocidas un desplazamiento temporal de las trayectorias en el primer patrón de actividad y las trayectorias en el
- 25 segundo patrón de actividad.
6. Dispositivo (100; 200) según la reivindicación 5, en el que el identificador (120) comprende un desplazador (500) de patrones de actividad, que está diseñado para recibir de manera paralela el primer patrón (110) de actividad en forma de una pluralidad de señales (510) temporales paralelas y desplazarlo de manera sincronizada o continua en el tiempo en una primera dirección, y que está diseñado además para recibir de manera paralela el segundo patrón (112)
- 35 de actividad en forma de una pluralidad de señales (512) temporales paralelas y desplazarlo de manera sincronizada o continua en el tiempo en una segunda dirección, opuesta a la primera dirección,
- en el que el desplazador de patrones de actividad comprende una primera pluralidad de derivaciones paralelas, que están diseñadas para desplazar el primer patrón de actividad, y en el que el desplazador de patrones de actividad comprende además una segunda pluralidad de derivaciones paralelas, que están diseñadas para desplazar el segundo
- 40 patrón de actividad,
- en el que existe una asociación entre una derivación de la primera pluralidad de derivaciones paralelas y una derivación de la segunda pluralidad de derivaciones paralelas,
- en el que existe una asociación entre posiciones individuales a lo largo de una primera derivación considerada de la primera pluralidad de derivaciones paralelas y posiciones a lo largo de una segunda derivación considerada
- 45 correspondiente de la segunda pluralidad de derivaciones paralelas, de tal manera que un evento de actividad, que se alimenta a la primera derivación considerada, recorre las posiciones asociadas entre sí en el transcurso del tiempo en una primera secuencia, y que un evento de actividad, que se alimenta a la segunda derivación considerada, recorre las posiciones asociadas entre sí en el transcurso del tiempo en una segunda secuencia, opuesta a la primera secuencia,
- 50 en el que el identificador presenta además un medio de reconocimiento de coincidencias, que está diseñado para reconocer, para una pluralidad de derivaciones paralelas asociadas entre sí y para una pluralidad de posiciones asociadas entre sí, dentro de las derivaciones paralelas asociadas entre sí, cuándo están presentes en dos posiciones asociadas entre sí simultáneamente dos eventos de actividad, y
- en el que el identificador comprende además un medio de valoración, que está diseñado para reconocer, basándose en la información suministrada por el medio de detección de coincidencias, cuándo dos trayectorias, que están asociadas al
- 55 mismo evento de sonido, están contenidas en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad, y
- en el que el medio de valoración está diseñado para determinar de manera separada, para una pluralidad de posiciones, en la dirección de desplazamiento de los patrones de actividad, cuántas coincidencias de eventos de actividad en el



5 primer patrón (110) de actividad y eventos de actividad en el segundo patrón (112) de actividad aparecen en total para una pluralidad de derivaciones paralelas asociadas entre sí en un intervalo de tiempo predeterminado, para, basándose en ello, identificar una primera trayectoria en el primer patrón de actividad y una segunda trayectoria en el segundo patrón de actividad, que están asociadas al mismo evento de sonido, y para determinar además un desplazamiento temporal entre las dos trayectorias que están asociadas al mismo evento de sonido.

10 7. Dispositivo (100; 200) según la reivindicación 6, en el que el identificador (120) está diseñado para, basándose en información de cuántas coincidencias de eventos de actividad aparecen en total en el primer patrón de actividad y en el segundo patrón de actividad para una pluralidad de derivaciones paralelas asociadas entre sí en una posición considerada a lo largo de la dirección de desplazamiento de los patrones de actividad en un intervalo de tiempo predeterminado, reconocer que una primera trayectoria y una segunda trayectoria, que están asociadas al mismo evento de sonido, están presentes en el primer patrón de actividad y el segundo patrón de actividad, cuando la información numérica indica una aparición de al menos un número mínimo predeterminado de coincidencias, y para, basándose en la posición considerada a lo largo de la dirección de desplazamiento de los patrones de actividad, determinar el desplazamiento temporal entre las dos trayectorias que están asociadas al mismo evento de sonido.

15 8. Dispositivo (100; 200) según la reivindicación 5, en el que el identificador (120) comprende un reconocedor (730, 732; 15000; 17000) de trayectorias, y está diseñado además para alimentar el primer patrón (110) de actividad y el segundo patrón (112) de actividad al reconocedor de trayectorias,

20 en el que el reconocedor de trayectorias está diseñado para, basándose en el primer patrón de actividad, suministrar información (740, 742, 744, 746) sobre una trayectoria reconocida en el primer patrón de actividad, describiendo la información sobre la trayectoria reconocida en el primer patrón de actividad una posición temporal y una curvatura de la trayectoria reconocida;

25 en el que el reconocedor de trayectorias está diseñado además para, basándose en el segundo patrón de actividad suministrar información (750, 752, 754, 756) sobre una trayectoria reconocida en el segundo patrón de actividad, describiendo la información sobre la trayectoria reconocida en el segundo patrón de actividad una posición temporal y una curvatura de la trayectoria reconocida;

en el que el identificador está diseñado para, basándose en la información sobre la trayectoria reconocida en el primer patrón de actividad y la información sobre la trayectoria reconocida en el segundo patrón de actividad, determinar si la primera trayectoria reconocida y la segunda trayectoria reconocida están asociadas a un mismo evento de sonido; y

30 en el que el identificador está diseñado además para, basándose en la información sobre la trayectoria reconocida en el primer patrón de actividad y sobre la trayectoria reconocida en el segundo patrón de actividad, determinar un desplazamiento temporal de la primera trayectoria reconocida y de la segunda trayectoria reconocida.

35 9. Dispositivo (100; 200) según una de las reivindicaciones 5 a 8, en el que el identificador (120) presenta un medio (500) de desplazamiento, que está diseñado para desplazar el primer patrón (110) de actividad y el segundo patrón (112) de actividad en paralelo en sentido contrario mediante un campo de celdas (580) de registro de desplazamiento,

en el que el campo de celdas de registro de desplazamiento presenta una pluralidad de filas y una pluralidad de columnas;

40 en el que el campo de celdas de registro de desplazamiento está diseñado para recibir el primer patrón de actividad como una pluralidad (510) de señales de línea paralelas como señal de entrada de una primera columna, y para recibir el segundo patrón de actividad como una pluralidad de señales de línea paralelas como señal de entrada de una última columna;

45 en el que una celda de registro de desplazamiento en una línea considerada y en una columna considerada está diseñada para almacenar un valor de información del primer patrón de actividad, que puede adoptar un estado activo y un estado inactivo, y un valor de información del segundo patrón de actividad, que puede adoptar un estado activo y un estado inactivo, para retransmitir el valor de información perteneciente al primer patrón de actividad a una celda de registro de desplazamiento adyacente de la línea considerada y a una primera columna adyacente, y para retransmitir el valor de información correspondiente al segundo patrón de actividad a una celda de registro de desplazamiento adyacente de la línea considerada y a una segunda columna adyacente;

50 en el que una celda de registro de desplazamiento está diseñada además para reconocer un evento de coincidencia, cuando los valores de información presentes en la celda de registro de desplazamiento, que pertenecen al primer patrón de actividad y al segundo patrón de actividad, muestran simultáneamente un estado activo; y

55 en el que el identificador está diseñado además para determinar por separado, para la pluralidad de columnas, cuántos eventos de coincidencia aparecen dentro de un intervalo de tiempo predeterminado en una columna considerada, y para, basándose en ello, determinar si, y en caso afirmativo, con qué desplazamiento temporal, aparecen en los patrones de actividad trayectorias que están asociadas al mismo evento de sonido, y

en el que el primer identificador (120) comprende una pluralidad de contadores, sumadores o integradores, que están asociados a columnas del campo, y que están diseñados para determinar, cuántos eventos de coincidencia aparecen en el intervalo de tiempo considerado en las columnas.

- 5 10. Dispositivo (100; 200) según una de las reivindicaciones 8 a 9, en el que el reconocedor de trayectorias comprende un medio para el reconocimiento de patrones, que está diseñado para, en una representación bidimensional, que se forma mediante el patrón de actividad a lo largo del tiempo, reconocer un patrón en forma de líneas recto o curvado como una trayectoria, determinar la posición temporal de la trayectoria y suministrar información temporal perteneciente a la trayectoria,
- 10 en el que el medio para el reconocimiento de patrones está diseñado para distorsionar una representación bidimensional del patrón de actividad a lo largo del tiempo gradualmente, para obtener una representación bidimensional distorsionada del patrón de actividad a lo largo del tiempo, para reconocer cuándo se obtiene en la representación bidimensional distorsionada del patrón de actividad a lo largo del tiempo una línea aproximadamente recta, para reconocer la línea aproximadamente recta como una trayectoria, para determinar la posición temporal de la trayectoria, y para suministrar la información temporal perteneciente a la trayectoria,
- 15 en el que el medio para el reconocimiento de patrones está diseñado para distorsionar la representación bidimensional del patrón de actividad nerviosa a lo largo del tiempo gradualmente, de tal manera que una trayectoria curvada en el patrón de actividad nerviosa se enderece gradualmente mediante la distorsión gradual, en el que el número de etapas de distorsión, necesarias para un enderezamiento de la trayectoria curvada, dependen de la curvatura de la trayectoria curvada, y en el que el número de etapas de distorsión, necesarias para el enderezamiento de la trayectoria curvada,
- 20 comprende una indicación sobre la forma original de la trayectoria,
- en el que el medio para el reconocimiento de patrones comprende un medio de reconocimiento de curvas, que está diseñado para recibir de manera paralela el patrón de actividad nerviosa en forma de una pluralidad de señales, para retransmitir las señales de manera paralela a diferente velocidad mediante una pluralidad de fases sucesivas, presentando al menos una fase predeterminada un medio de reconocimiento de umbral, que está diseñado para reconocer, cuándo al menos un número predeterminado de señales en la fase predeterminada están activas simultáneamente, y
- 25 en el que al menos una fase está diseñada para retardar varias señales durante una retransmisión por la fase con diferente intensidad.
- 30 11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el dispositivo está diseñado para recibir como el primer patrón de actividad un patrón de actividad en el interior de o en células auditivas internas de una primera sensibilidad de reacción en el modelo auditivo del primer oído, para recibir como el segundo patrón de actividad un patrón de actividad en el interior de o en células auditivas internas de la primera sensibilidad de reacción en el modelo auditivo del segundo oído,
- 35 para recibir un tercer patrón de actividad en el interior de o en células auditivas internas de una segunda sensibilidad de reacción en el modelo auditivo del primer oído, y para recibir un cuarto patrón de actividad en el interior de o en células auditivas internas de la segunda sensibilidad de reacción en el modelo auditivo del segundo oído,
- en el que el identificador (120) está diseñado para identificar una tercera trayectoria en el tercer patrón de actividad y una cuarta trayectoria en el cuarto patrón de actividad, que están asociadas al mismo evento de sonido;
- 40 en el que el determinador está diseñado para determinar si la primera trayectoria, la segunda trayectoria, la tercera trayectoria y la cuarta trayectoria están asociadas a un evento de sonido de una fuente (462) de sonido útil,
- en el que el determinador está diseñado para, basándose en un resultado de una comparación de si en el primer patrón de actividad y en el tercer patrón de actividad dentro de un intervalo de tolerancia temporal predeterminado están presentes trayectorias con la misma curvatura dentro de un intervalo de tolerancia de curvatura predeterminado, determinar información de volumen de sonido para las trayectorias y por consiguiente para los eventos de actividad
- 45 asociados a las trayectorias,
- y para determinar la información acerca de si las trayectorias identificadas están asociadas a un evento de sonido útil, basándose en la información de volumen de sonido.
12. Separador (1300) de fuentes para generar una señal (1330) de audio depurada basándose en una señal de audio con al menos dos canales, con las siguientes características:
- 50 un generador (1340, 1342) de patrones de actividad para generar un primer patrón (110) de actividad de un modelo auditivo de un primer oído basándose en un primer canal (1310) de la señal de audio, y para generar un segundo patrón (112) de actividad de un modelo auditivo de un segundo oído basándose en un segundo canal (1320) de la señal de audio;

un dispositivo (100; 200) para generar un patrón (146) de actividad filtrado basándose en el primer patrón (110) de actividad y el segundo patrón (112) de actividad, según una de las reivindicaciones 1 a 11;

un sintetizador (1350) para convertir el patrón (146) de actividad filtrado en una representación temporal, una representación en frecuencia o una representación de subbanda, para obtener la señal (1330) de audio depurada.

- 5 13. Procedimiento (1200) para generar un patrón (146) de actividad filtrado basándose en un primer patrón (110) de actividad de un modelo auditivo de un primer oído y un segundo patrón (112) de actividad de un modelo auditivo de un segundo oído, con las siguientes etapas:

10 identificar (1210) una primera trayectoria (430, 432, 434) en el primer patrón (110) de actividad, y una segunda trayectoria (440, 442, 444) en el segundo patrón (112) de actividad, que están asociadas a los mismos eventos de sonido;

determinar un desplazamiento temporal entre las dos trayectorias identificadas, que están asociadas al mismo evento de sonido;

determinar (1220) si las dos trayectorias (430, 440; 432, 442; 434, 444) están asociadas a un evento de sonido de una fuente (462) de sonido útil; y

15 filtrar (1230) el primer patrón de actividad o el segundo patrón de actividad basándose en un resultado (136) de la determinación (1220) de si una trayectoria está asociada a un evento de sonido de la fuente (462) de sonido útil, de modo que en un patrón de actividad filtrado predominan eventos de actividad que están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, frente a eventos de actividad que no están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, o de modo que los eventos de actividad que no están asociados a un evento de sonido de la fuente de sonido útil, ya no están presentes en el patrón de actividad filtrado;

20

en el que el primer patrón (110) de actividad se basa en una primera señal de audio procesada por el modelo auditivo del primer oído, y en el que el segundo patrón (112) de actividad se basa en una segunda señal de audio procesada por el modelo auditivo del segundo oído;

25 en el que el primer patrón de actividad y el segundo patrón de actividad describen dos señales de audio de fuentes de señales de audio distintas o señales de audio de dos canales de una señal de audio multicanal;

en el que una trayectoria en el patrón de actividad describe eventos de actividad correspondientes en el patrón de actividad, que están asociados a una onda viajera en una membrana basilar del modelo auditivo;

30 en el que identificar una primera trayectoria y una segunda trayectoria comprende identificar una primera trayectoria curvada en el primer patrón de actividad y una segunda trayectoria curvada en el segundo patrón de actividad como trayectorias pertenecientes a un mismo evento de sonido, cuando la primera trayectoria y la segunda trayectoria presentan dentro de un intervalo de tolerancia predeterminado una misma curvatura; y

en el que determinar si las dos trayectorias (430, 440; 432, 442; 434, 444) identificadas están asociadas a un evento de sonido de una fuente (462) de sonido útil, se realiza con ayuda del desplazamiento temporal.

- 35 14. Procedimiento (1400) para generar una señal (1330) de audio depurada basándose en una señal de audio con al menos dos canales, con las siguientes características:

generar (1410) un primer patrón (110) de actividad de un modelo auditivo de un primer oído basándose en un primer canal (1310) de la señal de audio, y generar (1420) un segundo patrón (112) de actividad de un modelo auditivo de un segundo oído basándose en un segundo canal (1320) de la señal de audio;

40 generar un patrón (146) de actividad filtrado basándose en el primer patrón (110) de actividad y el segundo patrón (112) de actividad, según la reivindicación 13; y

convertir (1440) el patrón de actividad filtrado en una representación temporal, una representación en frecuencia o una representación de subbanda, para obtener la señal (1330) de audio depurada.

15. Programa informático para realizar un procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

FIG 1

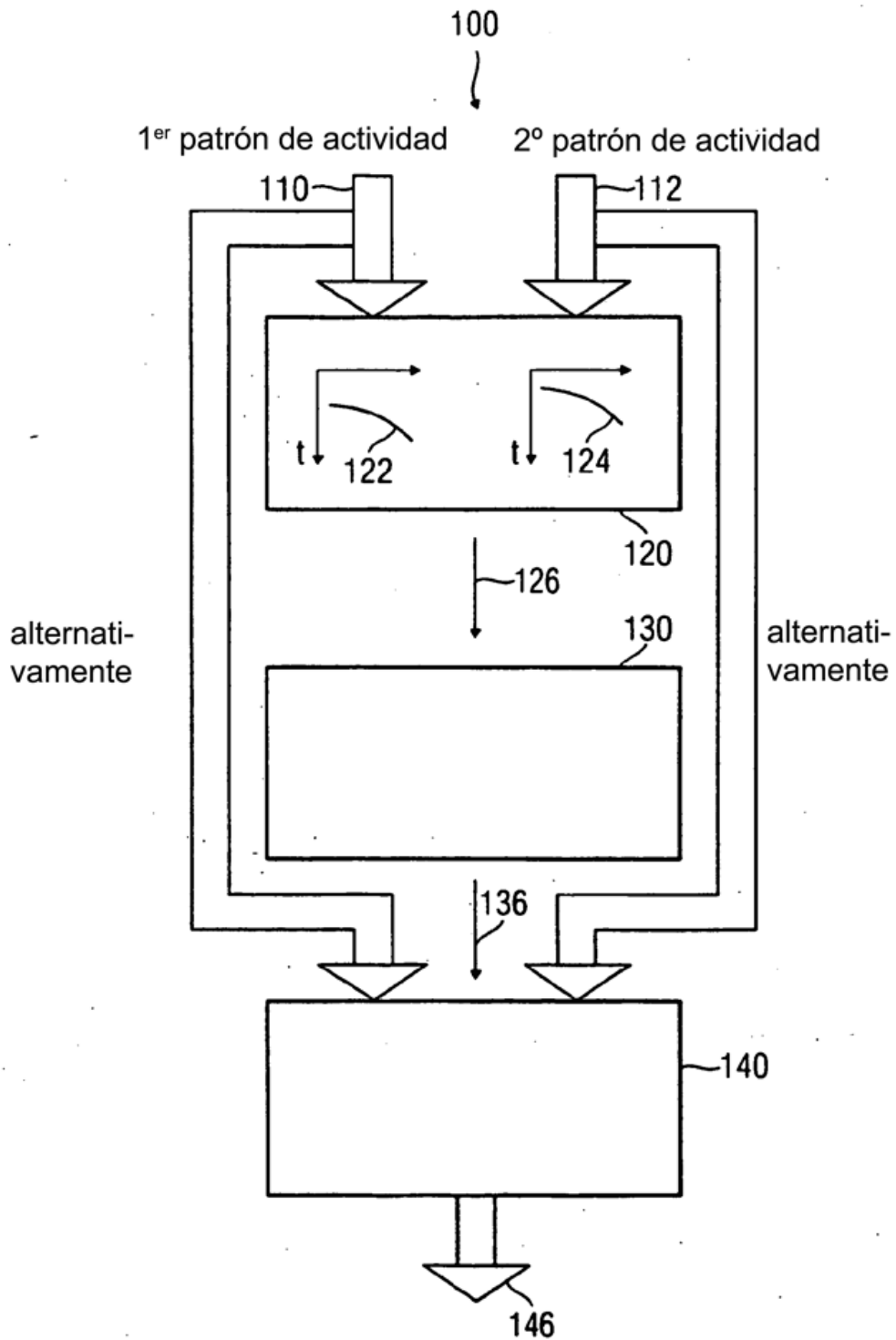


FIG 2

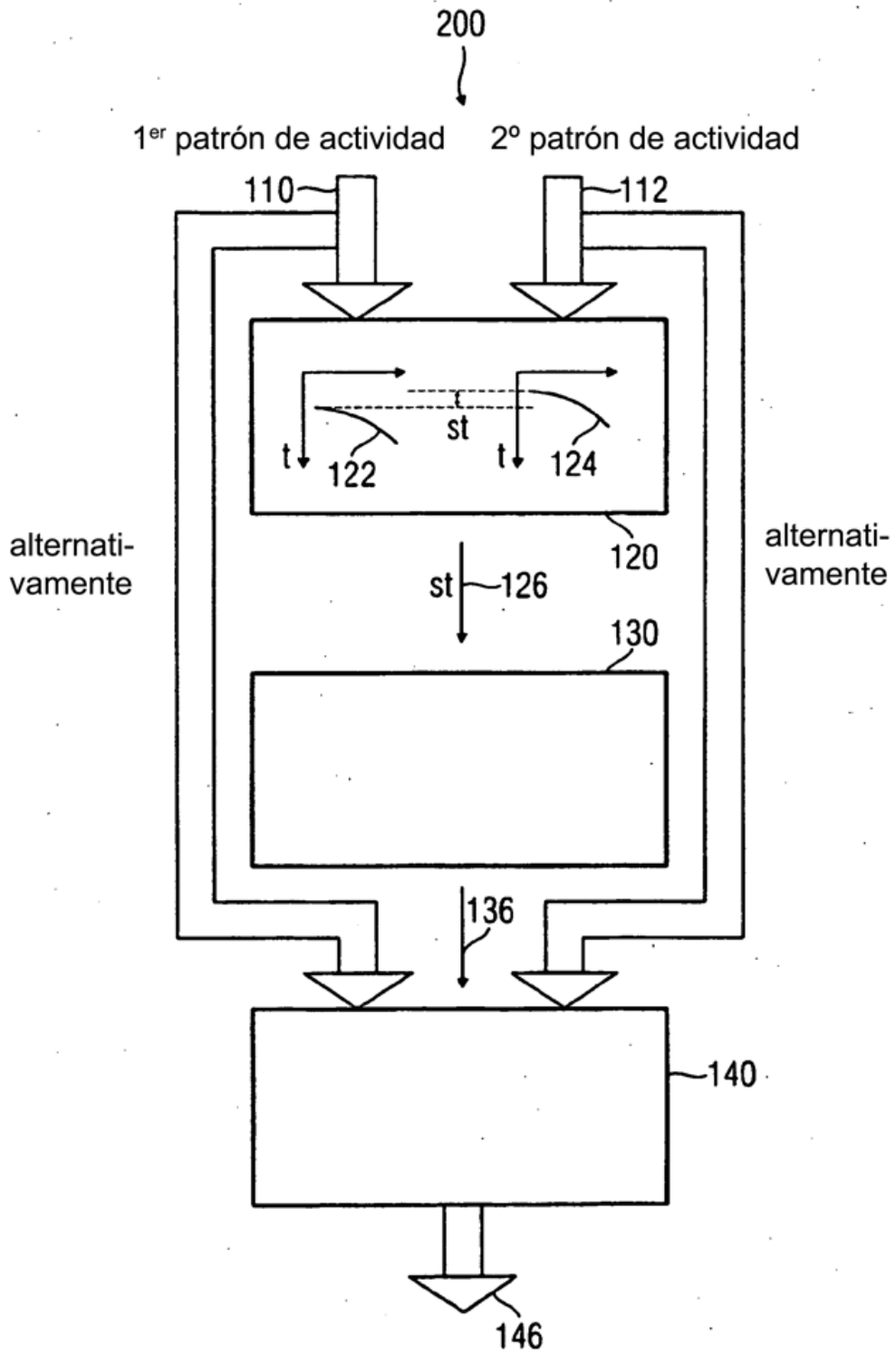


FIG 3A

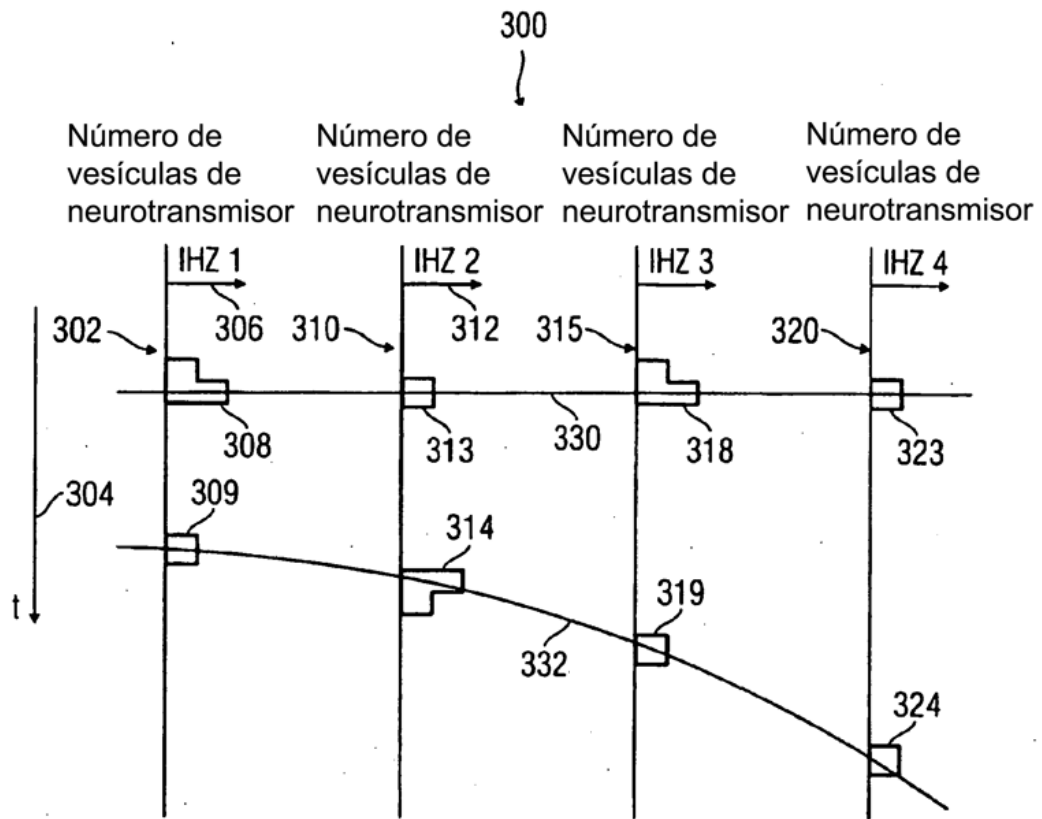


FIG 3B

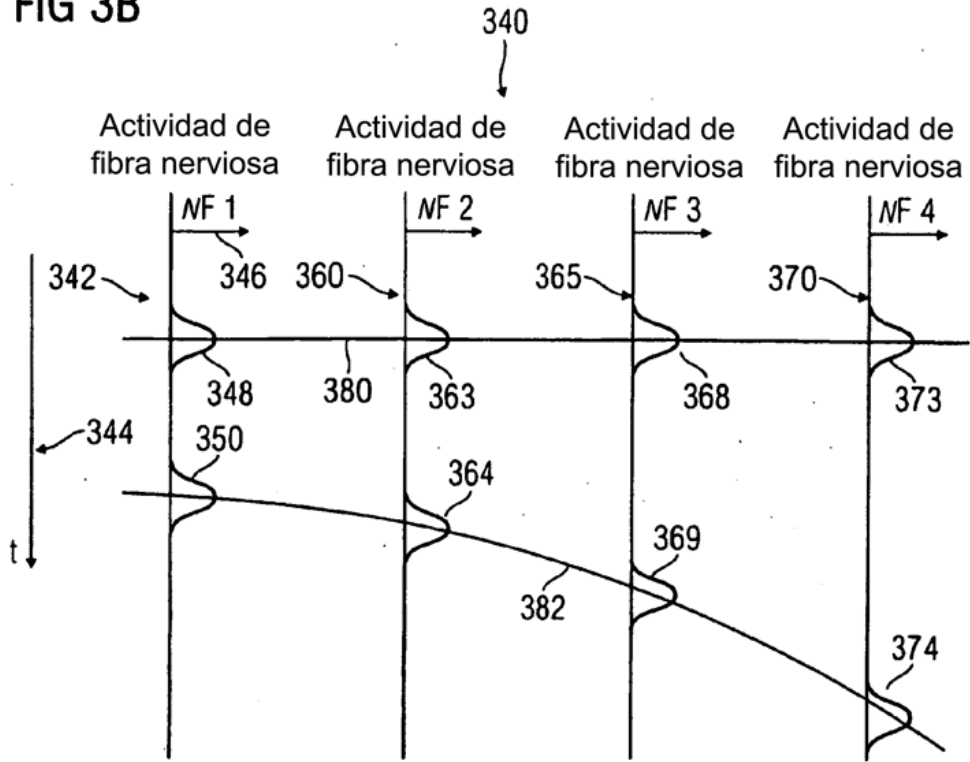


FIG 3C

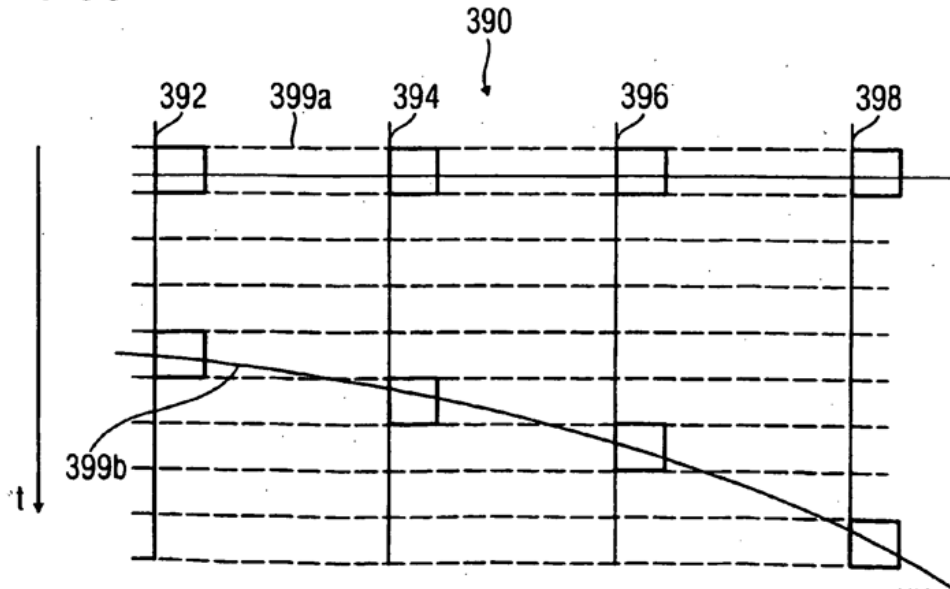


FIG 3D

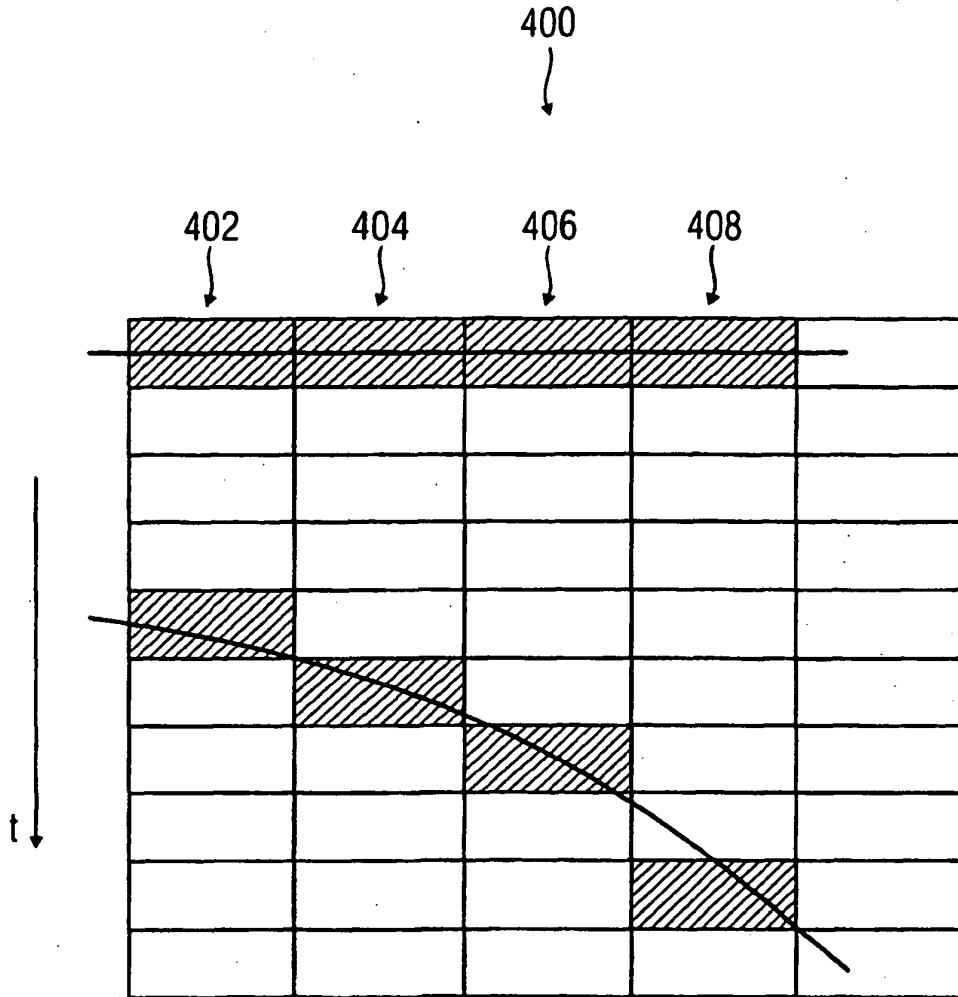




FIG 4A

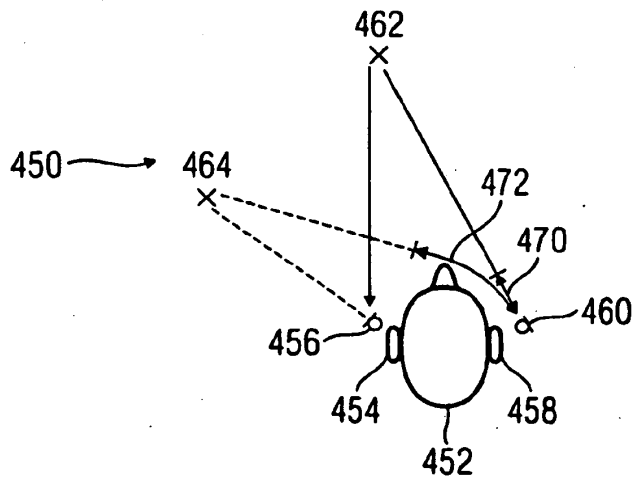
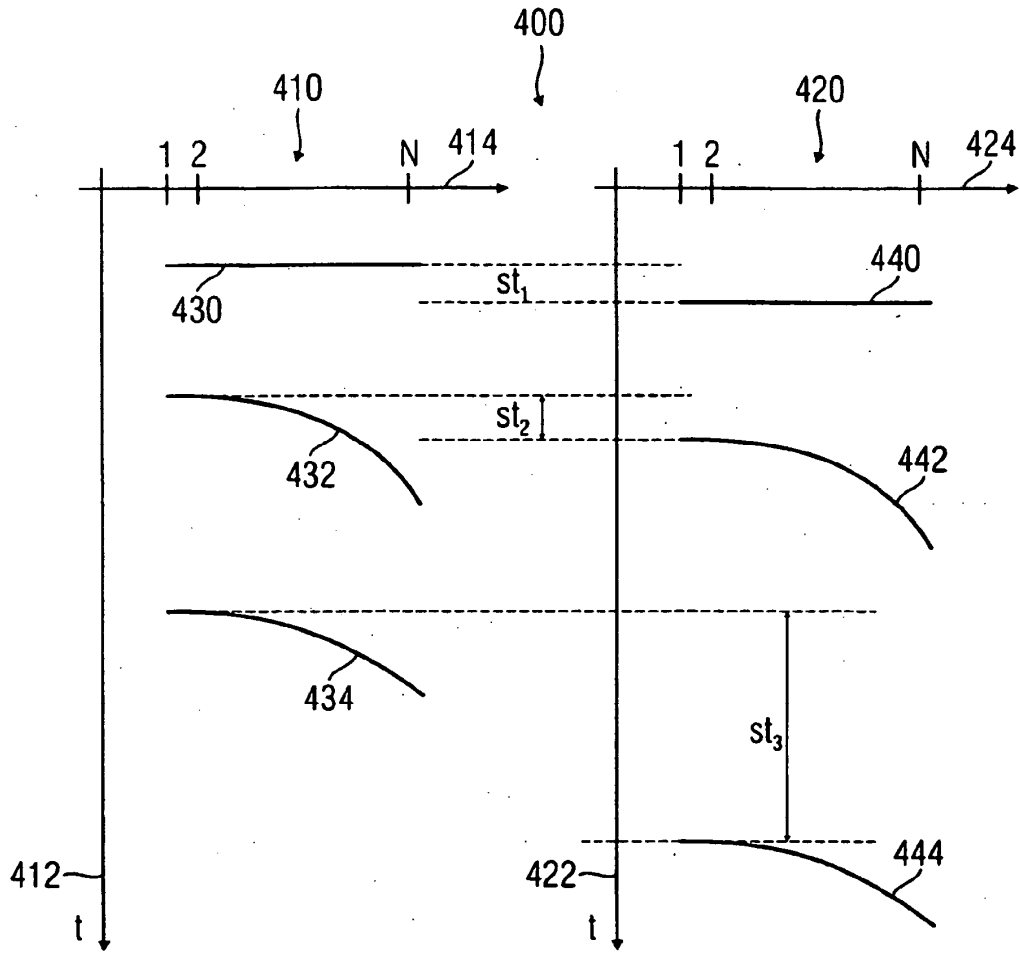


FIG 4B

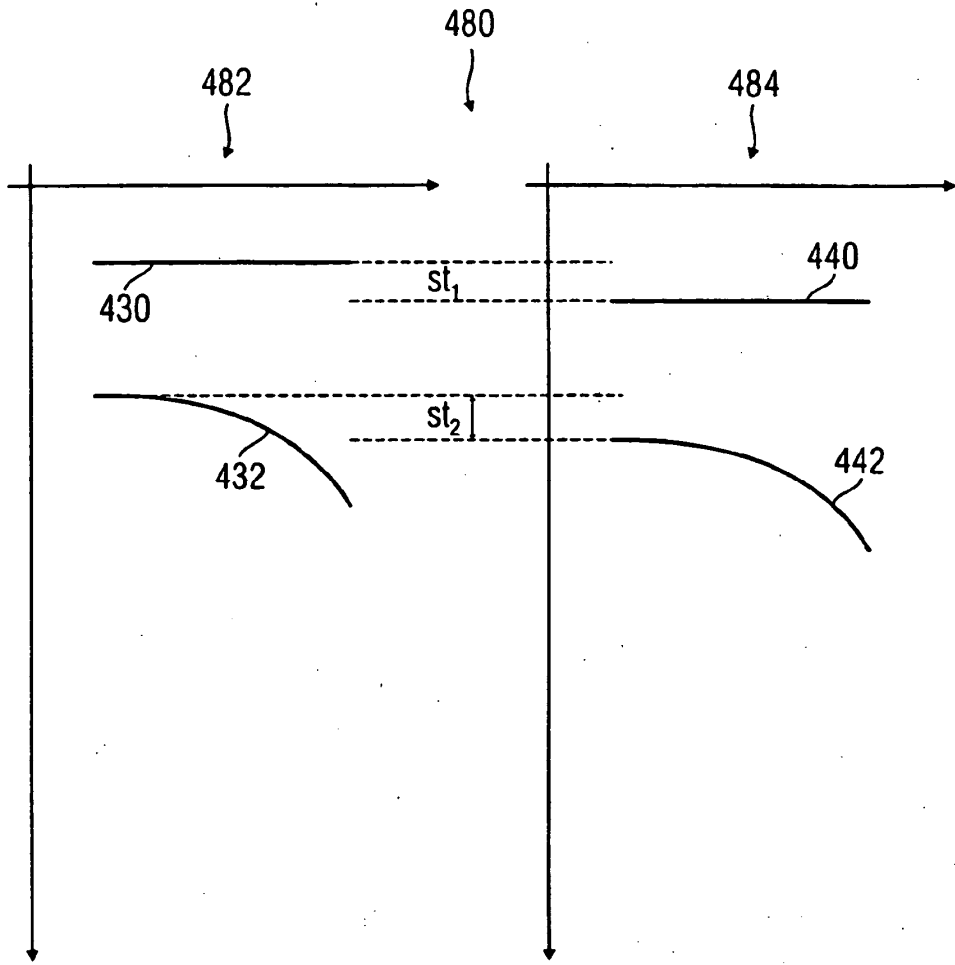


FIG 5A

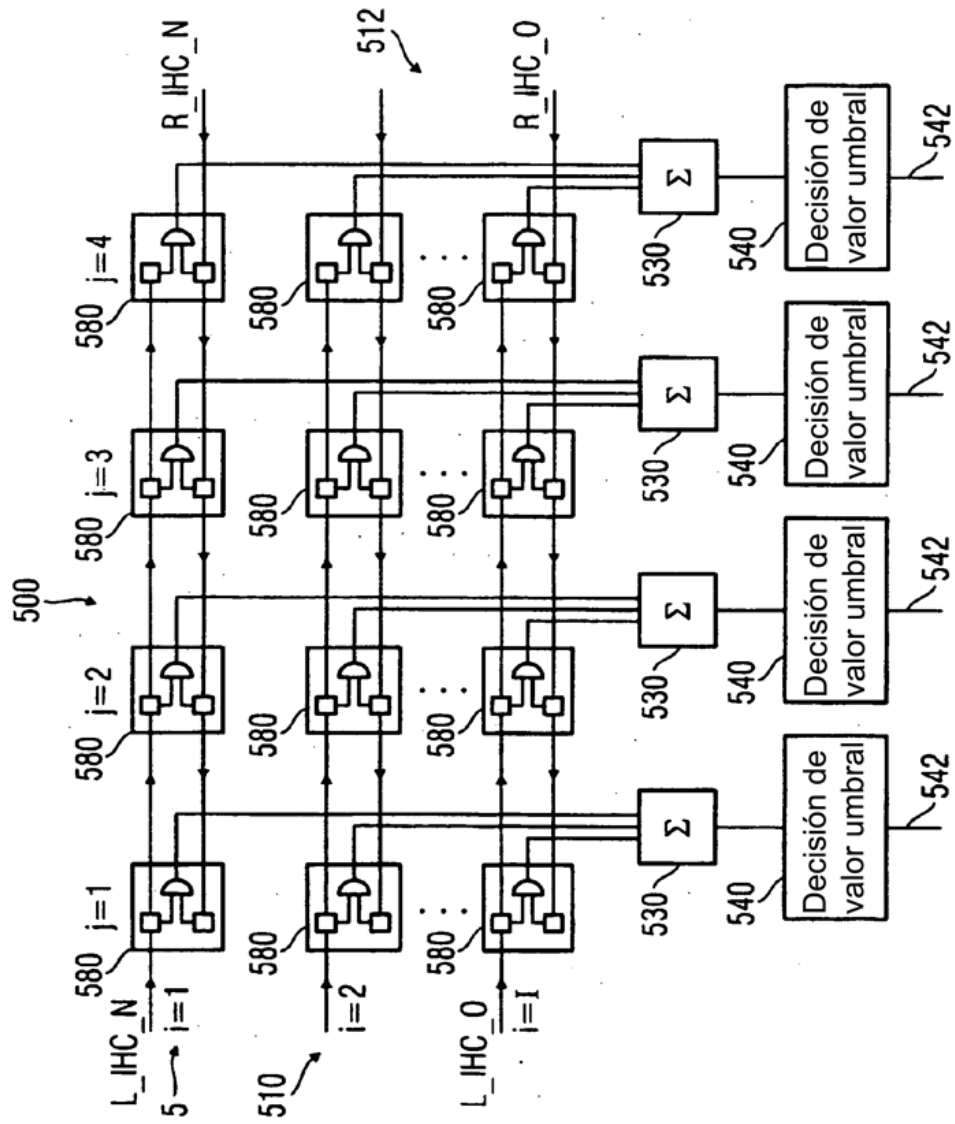


FIG 5B

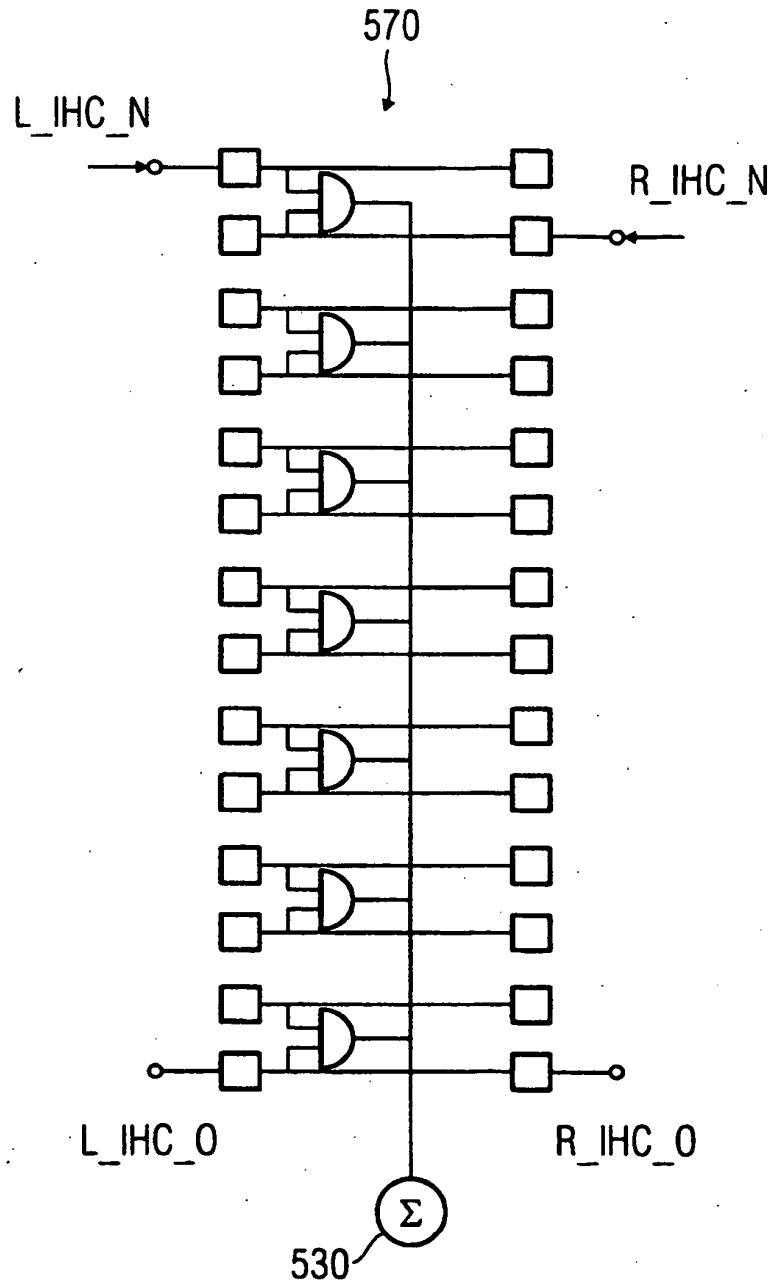


FIG 5C

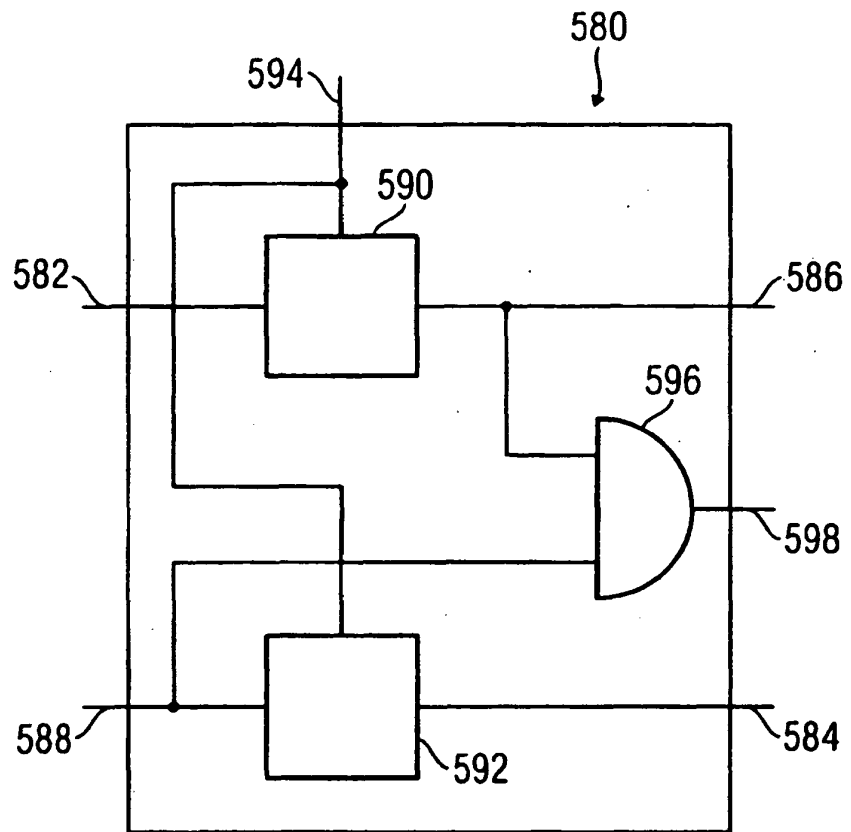


FIG 6A

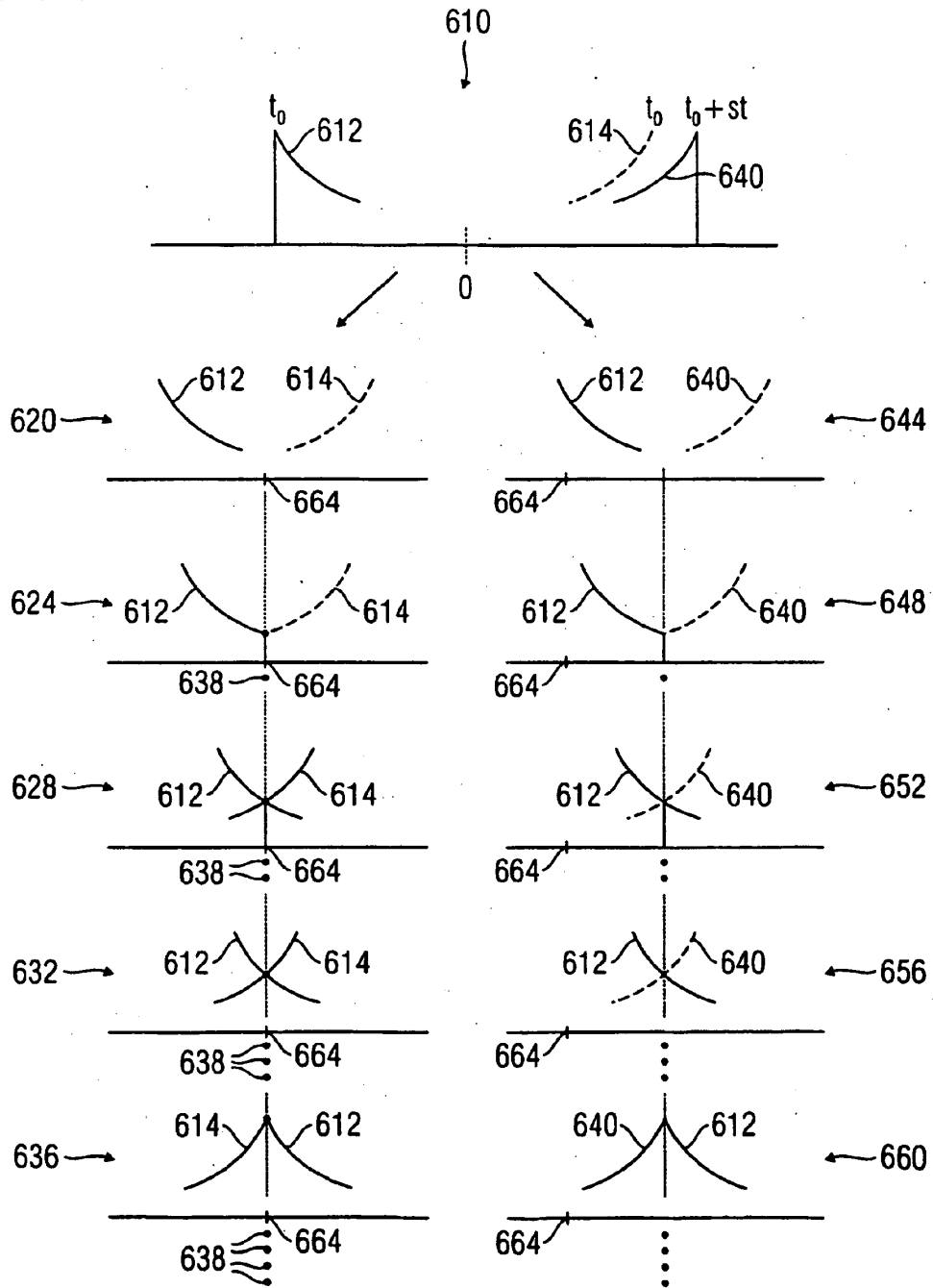


FIG 6B

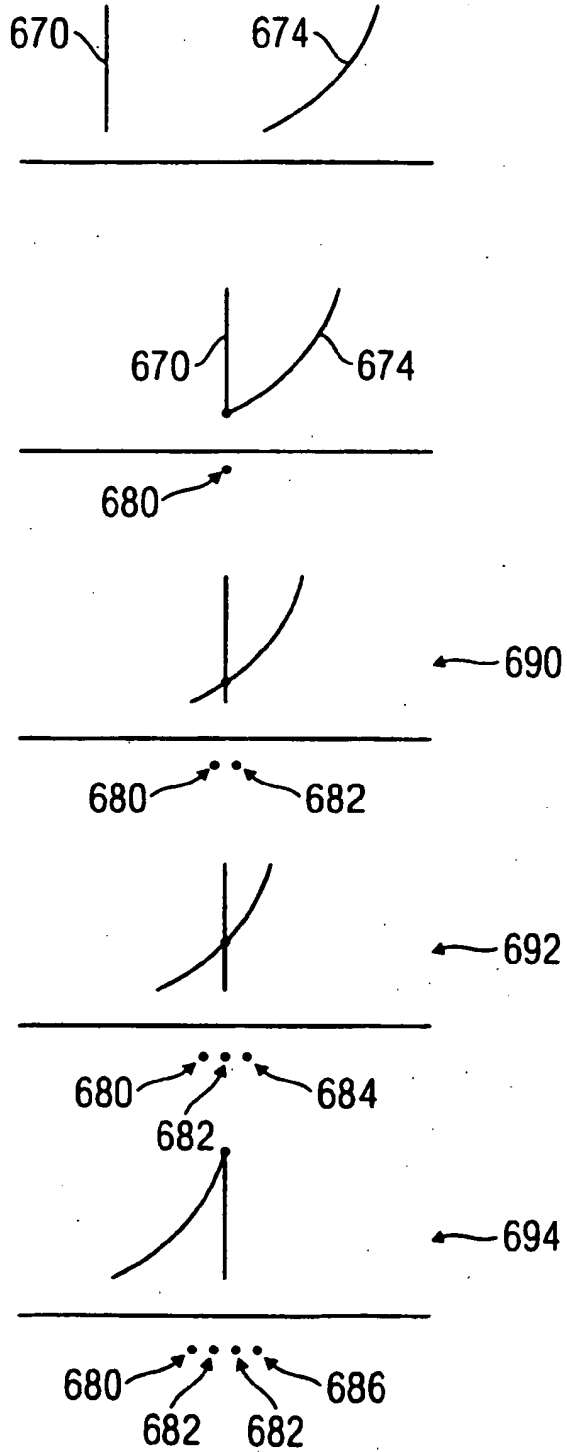


FIG 7

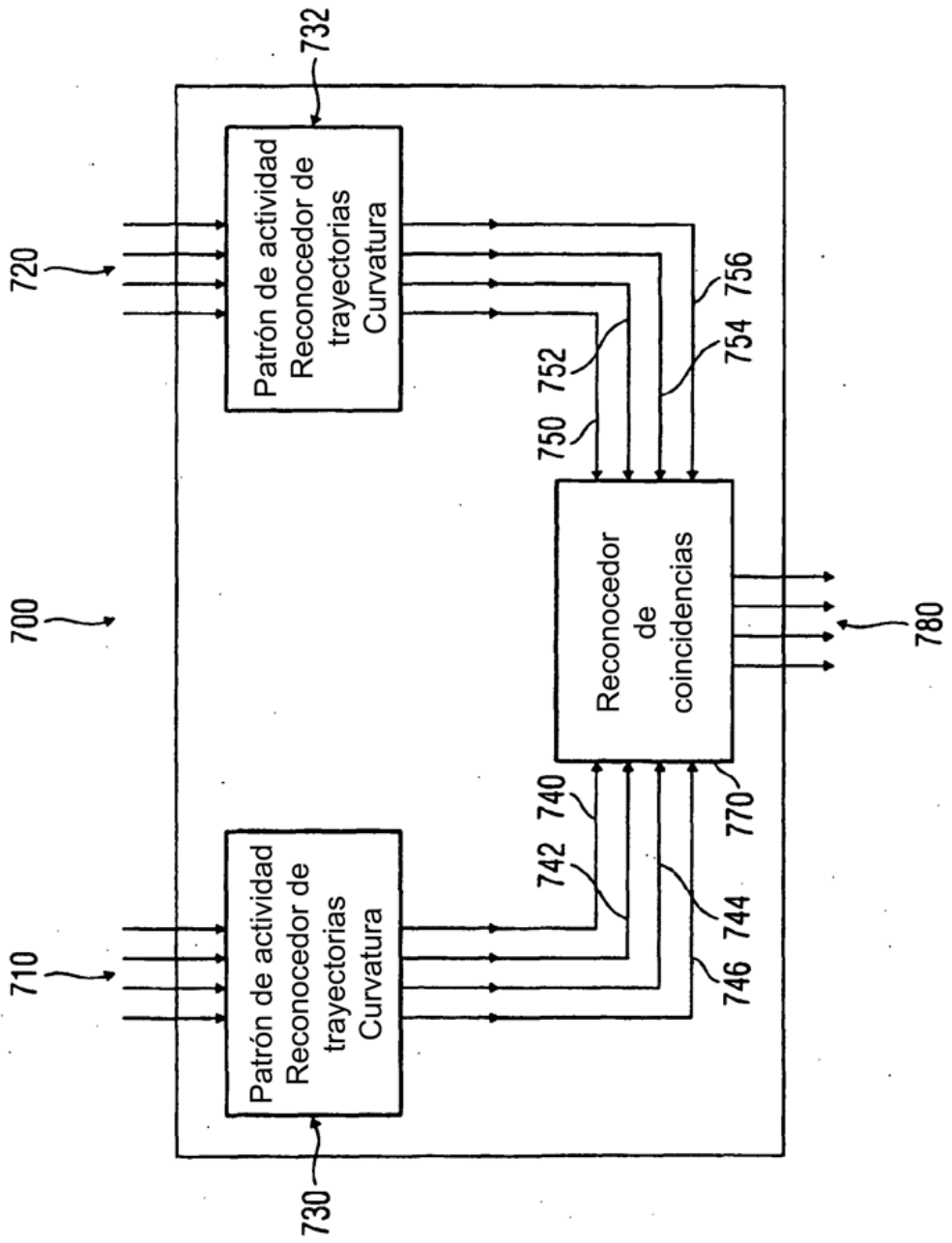




FIG 8

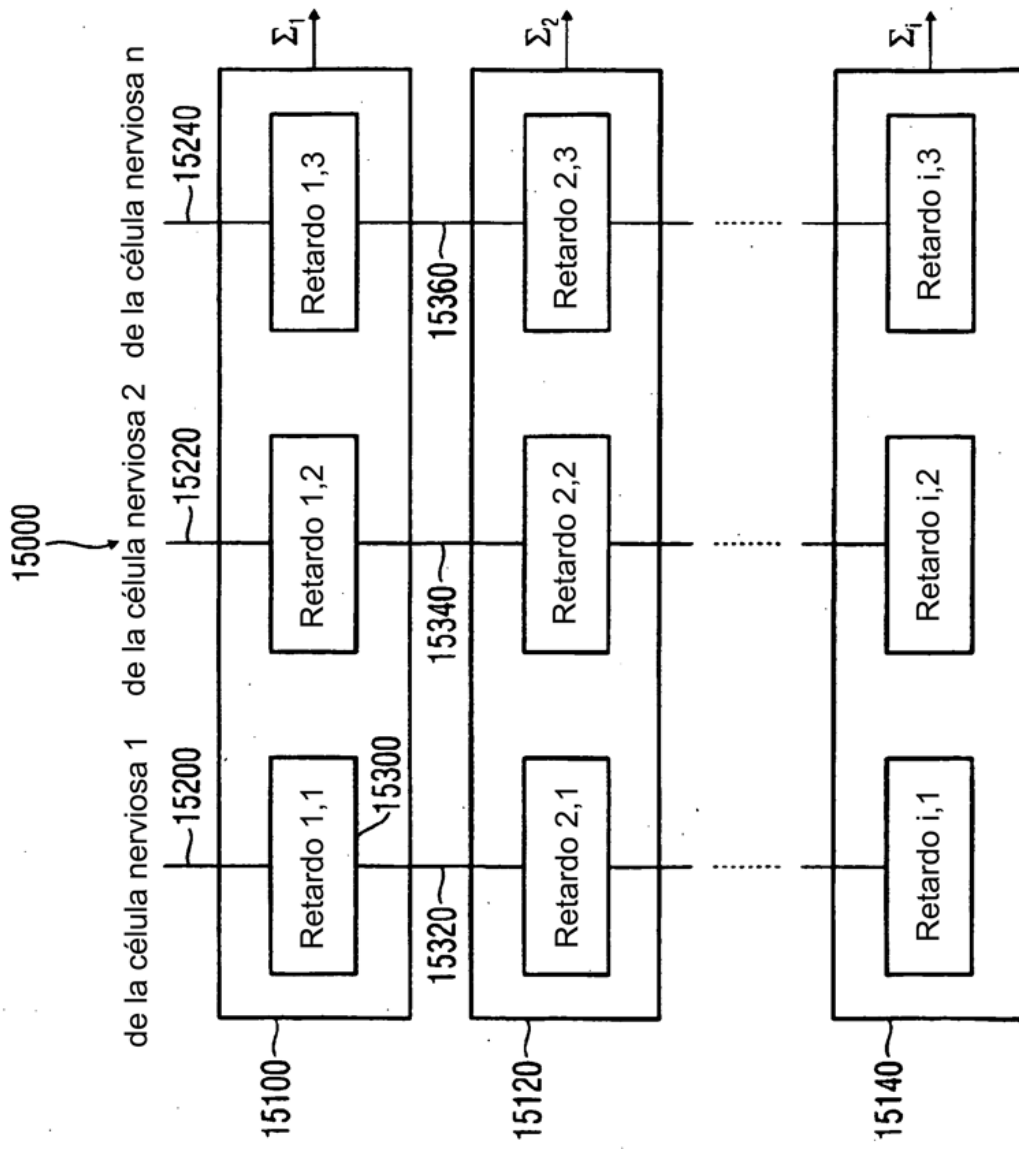


FIG 9

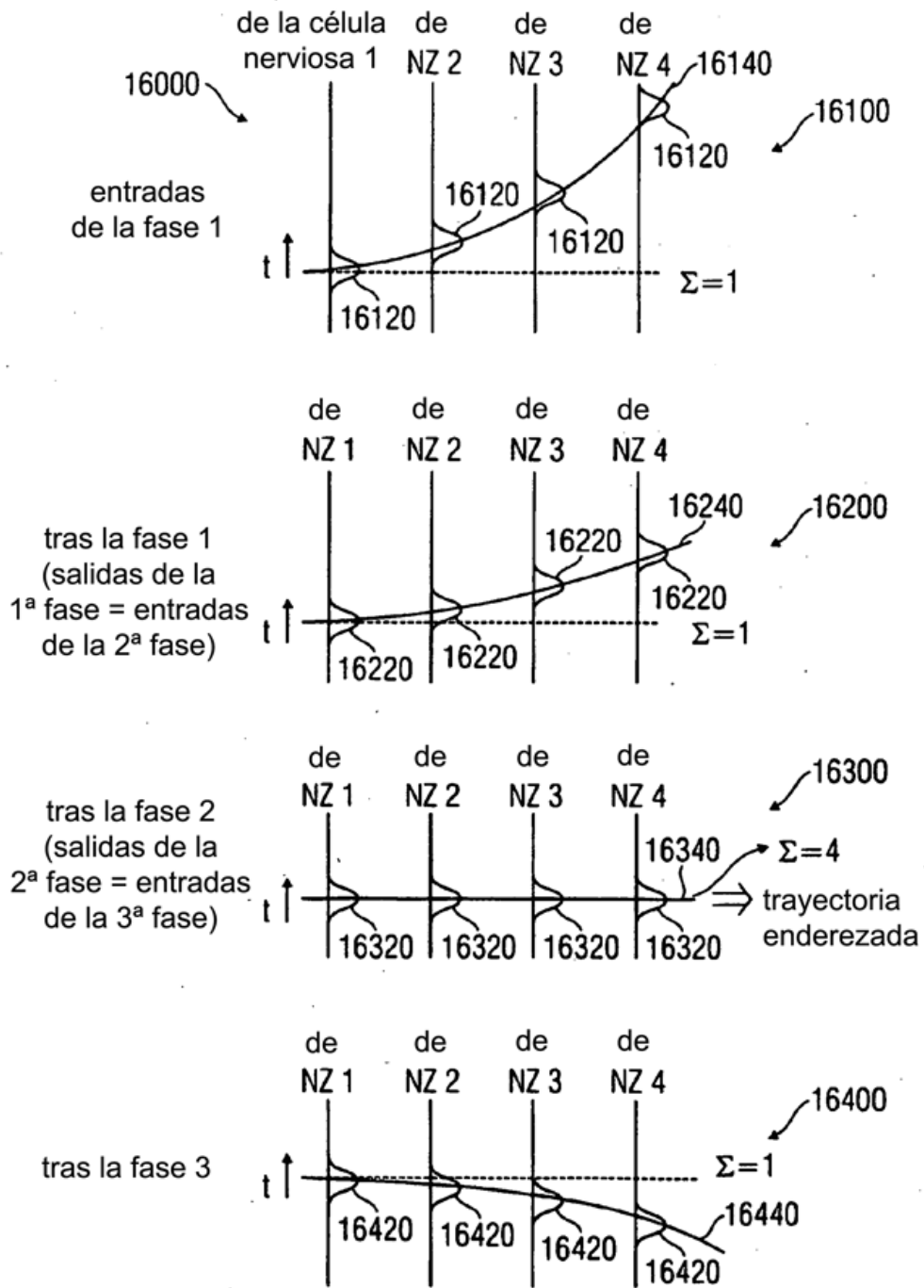


FIG 10

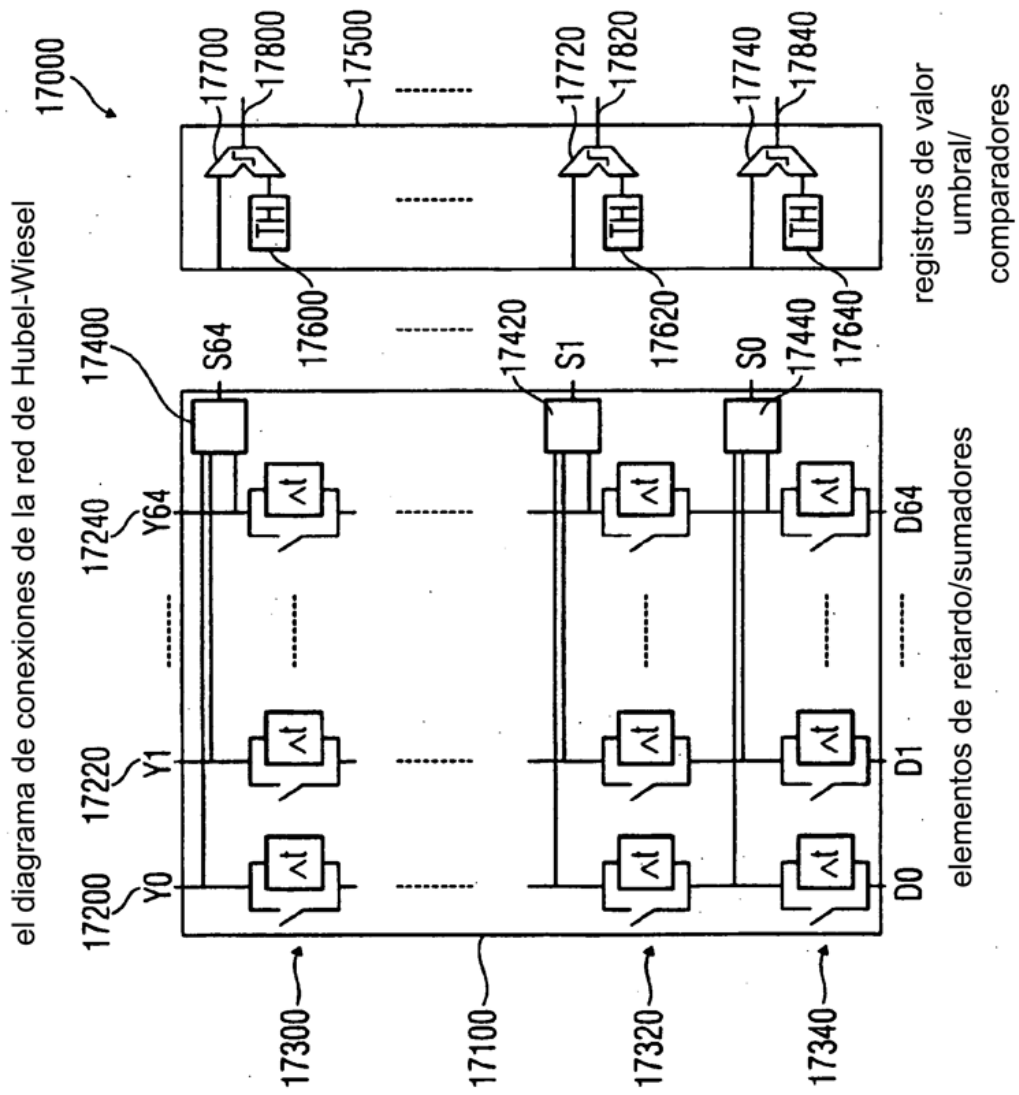


FIG 11

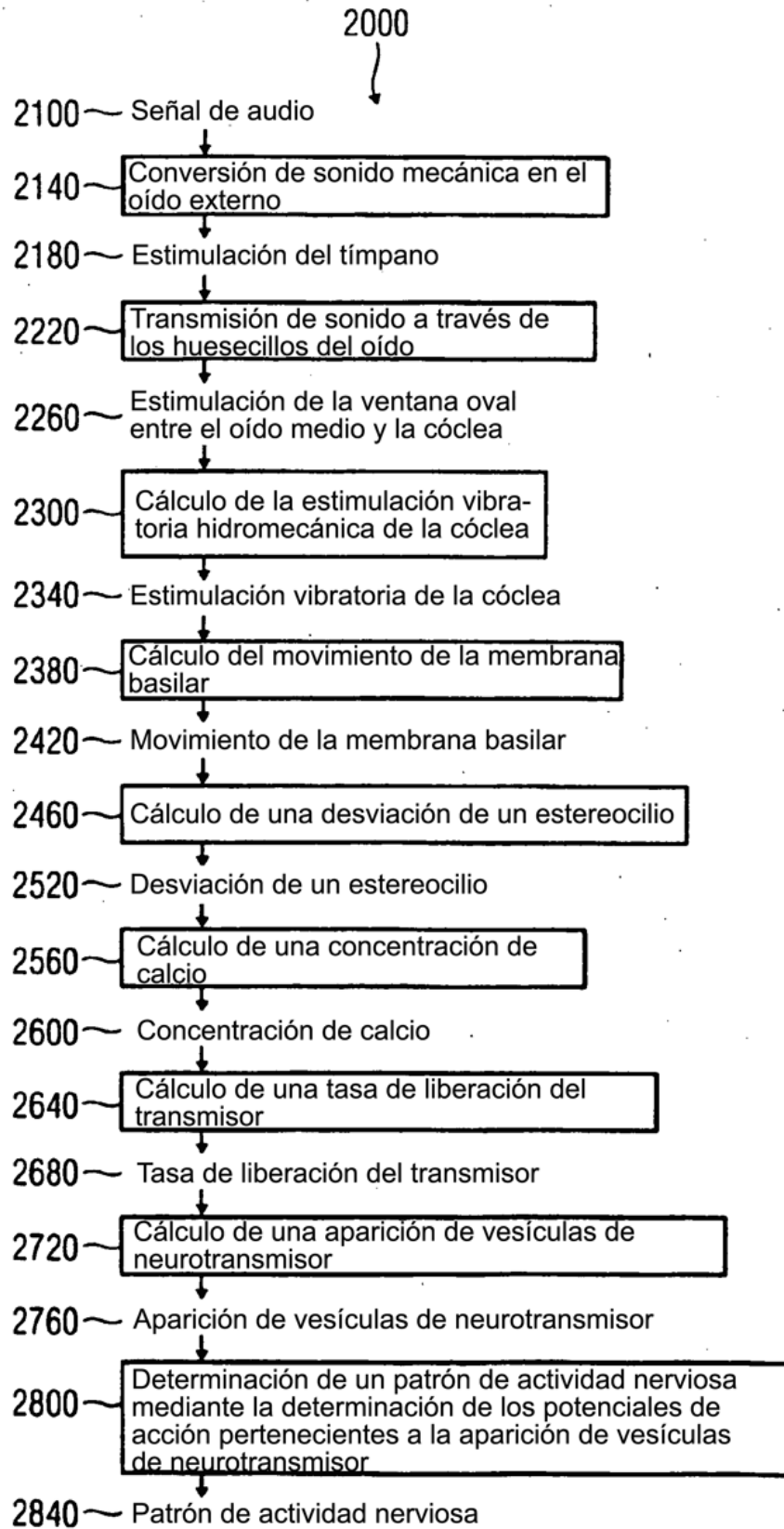


FIG 12

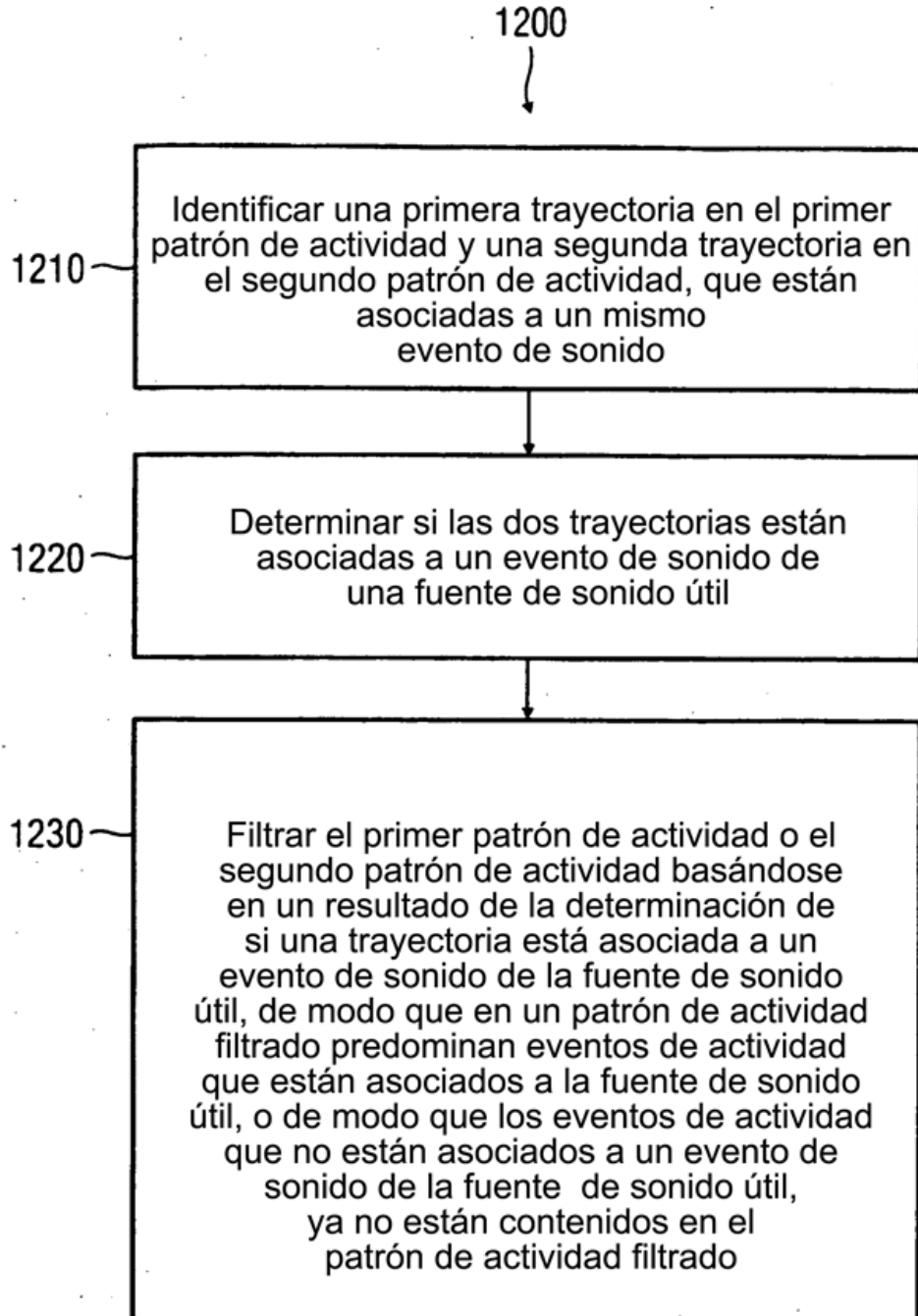


FIG 13

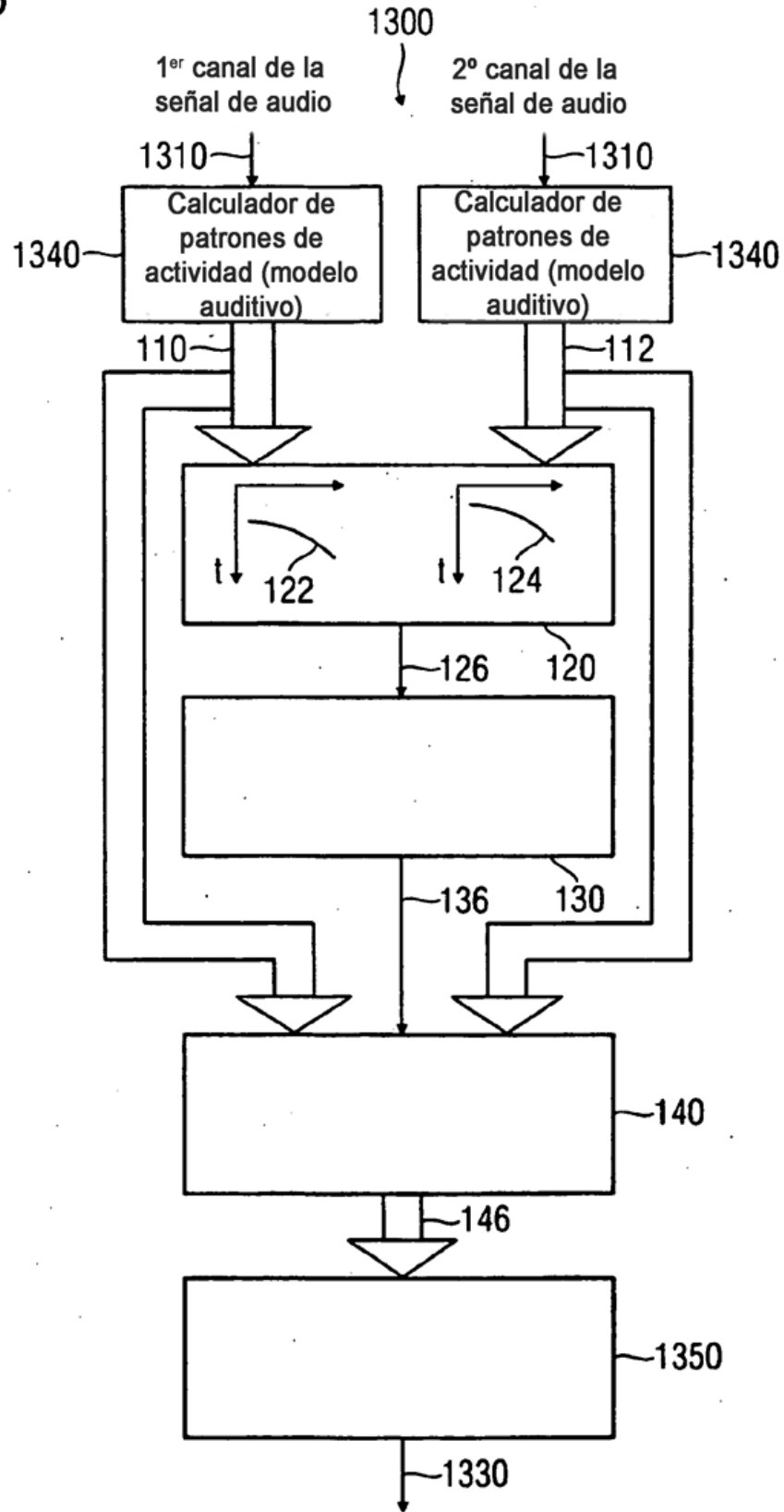


FIG 14

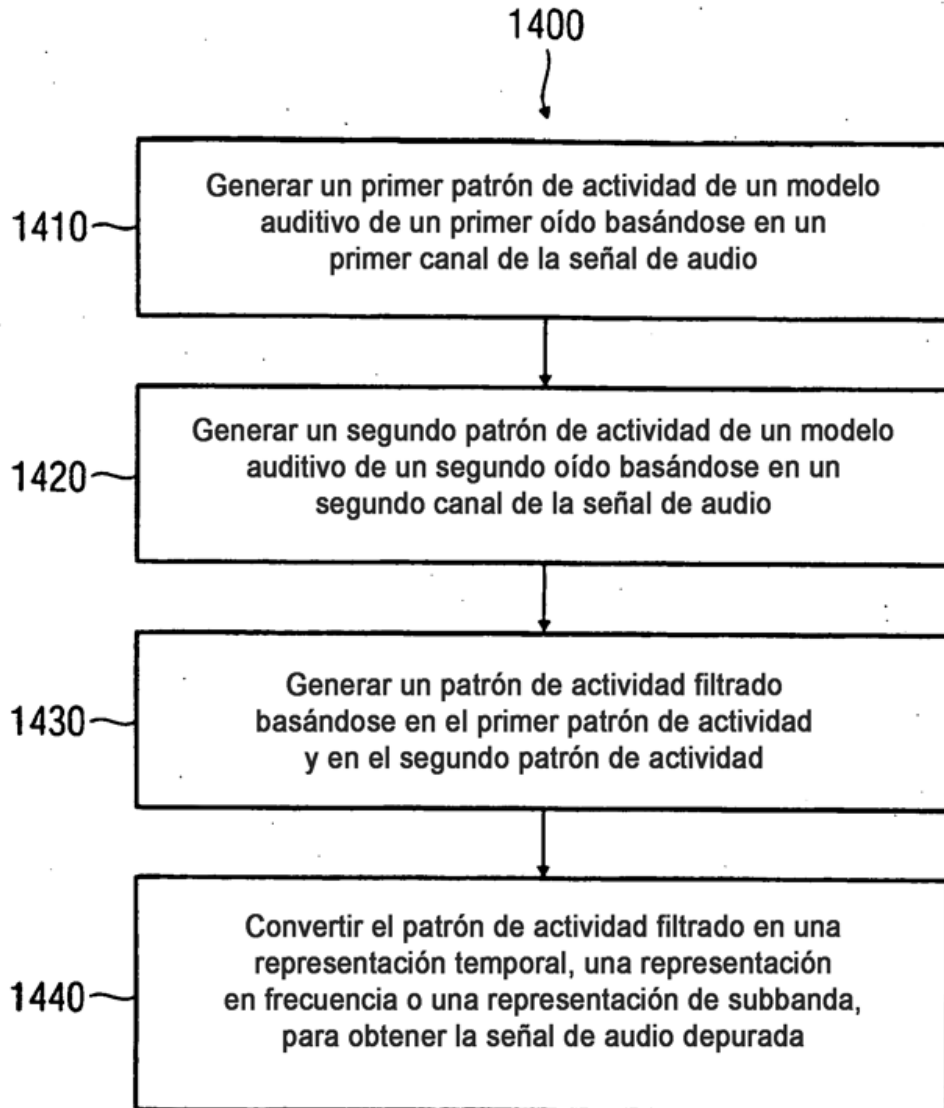


FIG 15

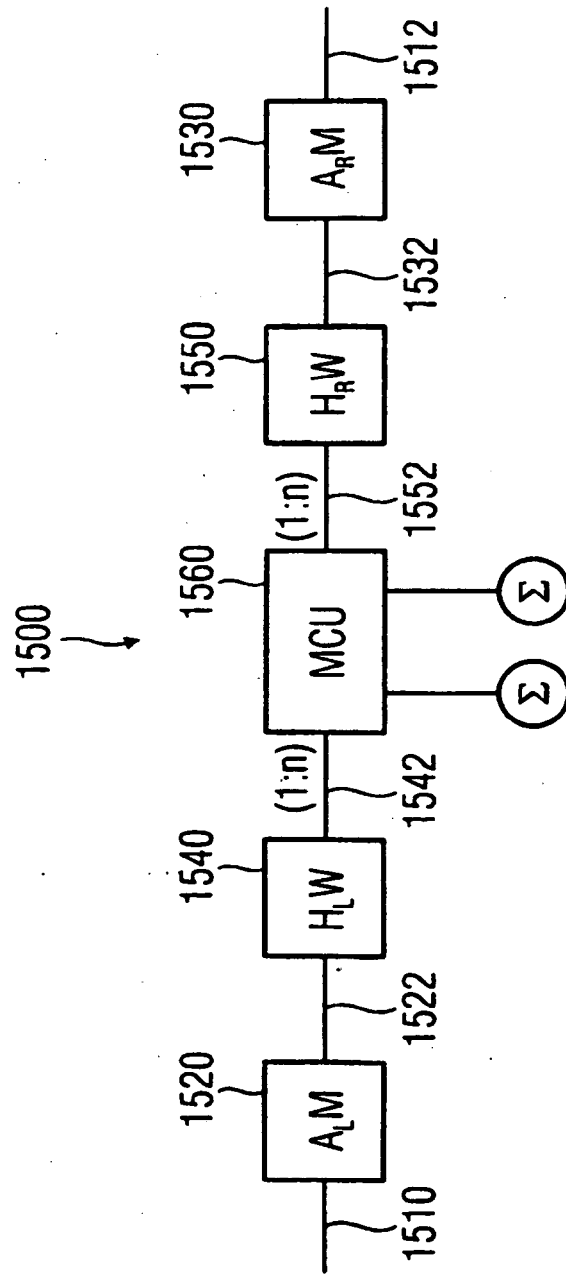




FIG 16

