

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 921**

51 Int. Cl.:

<b>A61B 5/11</b>	(2006.01)
<b>A61B 5/00</b>	(2006.01)
<b>G06T 7/269</b>	(2007.01)
<b>H04N 7/18</b>	(2006.01)
<b>A61B 7/00</b>	(2006.01)
<b>H04N 5/14</b>	(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2014 PCT/EP2014/075588**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2015 WO15078879**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2014 E 14803111 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 3073900**

54 Título: **Procedimiento de construcción de un índice de actividad, dispositivo y programa informático correspondiente**

30 Prioridad:  
**27.11.2013 FR 1361719**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.01.2018**

73 Titular/es:  
**UNIVERSITÉ DE RENNES I (33.3%)  
2 Rue du Thabor  
35000 Rennes Cedex, FR;  
INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ ET DE LA  
RECHERCHE MÉDICALE (33.3%) y  
CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE  
PONTCHAILLOU (33.3%)**

72 Inventor/es:  
**POREE, FABIENNE;  
SIMON, ANTOINE;  
PLADYS, PATRICK y  
CARRAULT, GUY**

74 Agente/Representante:  
**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 648 921 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de construcción de un índice de actividad, dispositivo y programa informático correspondiente

**1 Campo de la invención**

5 La invención se refiere al campo de la polisomnografía. Más particularmente, la invención propone una nueva técnica de análisis del sueño no invasiva. Todavía más particularmente, la invención propone una técnica de obtención de variables fisiológicas sin contacto con el individuo.

**2 Soluciones del estado de la técnica**

Las técnicas de polisomnografía son muchas. Consisten en grabar, durante el sueño del paciente, variables fisiológicas para poner en evidencia los trastornos relacionados con el sueño.

10 Entre las variables fisiológicas que se busca medir, se encuentra, por ejemplo, el ritmo respiratorio, el ritmo cardiaco. Se realizan igualmente mediciones de la actividad del cerebro utilizando electroencefalogramas y mediciones de la actividad muscular a través electromiografía de los músculos de los brazos o de las piernas...

15 Las mediciones de estas diferentes variables fisiológicas necesitan, en general, aplicar, en el cuerpo del paciente, numerosos sensores. Estos sensores se colocan en diferentes lugares del cuerpo en función de la variable fisiológica que se medirá. Un primer problema de la polisomnografía reside justamente en estos numerosos sensores: no permiten al paciente sobre el que se busca efectuar estas mediciones alcanzar un sueño idéntico al que lograría en un tiempo normal (es decir, sin los sensores). Se entiende, en efecto, que un paciente sobre el que se pone un gran número de electrodos, correas y sensores no se encuentra en condiciones óptimas para encontrar el sueño.

20 Por otra parte, este tipo de sensores se adaptan relativamente mal a las condiciones de mediciones en las que se encuentran los recién nacidos o niños jóvenes para los que es necesario efectuar tal vigilancia. En efecto, para estos pacientes, no es necesario realizar grabaciones de manera continua, con un número de sensores limitado, a menudo en un ambiente de penumbra y en etapas de comportamientos diferentes. De este modo, los problemas de captación de variables fisiológicas son más complejos en el caso del recién nacido o de los prematuros que en el caso del adulto.

La solicitud de patente internacional publicada WO 2013/103700 A1, que se considera como el estado de la técnica más cercano a la invención, describe el uso de un flujo de audio/vídeo para el análisis del sueño de una persona.

La patente americana US 5689241 A describe la detección de sueño por la determinación de la apertura de los ojos en imágenes de vídeo.

30 Ahora bien, en la actualidad, las soluciones para resolver este problema son limitadas. Existe, por lo tanto, una necesidad de proporcionar una técnica de adquisición de al menos ciertas variables fisiológicas por un sistema que, por una parte, sea utilizable en un ámbito general de obtención de variables fisiológicas, por ejemplo, en adultos, y, por otra parte, esté adaptada al ámbito específico de captación de variables fisiológicas en los recién nacidos, que evite al máximo los aparatos y los sensores supernumerarios.

**3 Resumen de la invención**

La invención no plantea estos problemas relacionados con las técnicas de la técnica anterior. En efecto, la invención se refiere a un procedimiento de cálculo de un índice de actividad de un individuo en el momento de una fase de sueño, implementado por medio de un dispositivo de cálculo de índice.

Según un modo de realización de la técnica propuesta, un tal procedimiento comprende:

- 40 - una etapa de obtención, a partir de un flujo de audio/vídeo de origen, de al menos dos flujos, comprendiendo cada uno una pluralidad de muestras con marcas de tiempo, comprendiendo dicha etapa de obtención una etapa de obtención de datos representativos de un estado de los ojos, que expide un flujo que comprende muestras relacionadas con la apertura de los ojos de dicho individuo;
- una etapa de formateo de dichos al menos dos flujos, que expide al menos dos flujos formateados;
- 45 - una etapa de combinación, de dichos al menos dos flujos formateados, que expide un flujo combinado;
- una etapa de cálculo, a partir de dicho flujo combinado de al menos un índice representativo de un nivel de actividad de un individuo.

De este modo, la técnica propuesta permite construir, de manera simple, un índice a partir de un flujo de audio/vídeo ya disponible. Esta técnica no necesita material complejo o costoso y puede implementarse usando un flujo de audio/vídeo que ya es accesible y que está presente en los sistemas de polisomnografía existentes.

Según un modo de realización particular, dicha etapa de combinación implementa una función de fusión:

$$x_{C_j} = f f(x_j) = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_{ij}$$

en la que:

- $n$  representa el número de flujos;
- $j$  representa el calendario de la muestra;
- 5 -  $x_{ij}$  es el valor del flujo normalizado  $x_i$  al número de muestra  $j$ ;
- $\alpha_i$  es un valor de ponderación del flujo  $x_i$ .

De este modo, esta función de fusión permite combinar simplemente flujos y representarlos en una forma normalizada.

10 Según un modo de realización particular, dicho valor  $\alpha_i$  de ponderación del flujo  $x_i$  varía de un calendario de muestra a otro.

De este modo, la función de fusión puede tener en cuenta las diferencias entre los flujos.

Según una característica particular, dicho valor  $\alpha_i$  de ponderación del flujo  $x_i$  se configura en función de al menos un flujo  $x_i, j \neq i$ .

15 De este modo, la función de fusión puede tener en cuenta la información contradictoria que podría derivarse de los flujos, como, por ejemplo, una correlación entre un cierre de los ojos y un volumen sonoro elevado.

Según un modo de realización particular, una etapa de obtención, a partir de un flujo de audio/vídeo de origen, de al menos dos flujos, que comprende, al menos una de las siguientes etapas:

- una etapa de estimación de movimiento, que expide un flujo que comprende muestras relacionadas con la evaluación del movimiento entre imágenes sucesivas de dicho flujo de audio/vídeo de origen;
- 20 - una etapa de recopilación de intensidad sonora, que expide un flujo que comprende muestras relacionadas con la evaluación de un volumen sonoro.

En otro modo de realización, la invención se refiere igualmente a un dispositivo de cálculo de un índice de actividad de un individuo, implementado por medio de un dispositivo de cálculo de índice.

Un tal dispositivo comprende:

- 25 - medios de obtención, a partir de un flujo de audio/vídeo de origen, de al menos dos flujos, comprendiendo cada uno una pluralidad de muestras con marcas de tiempo;
- medios de formateo de dichos al menos dos flujos, que expide al menos dos flujos formateados;
- medios de combinación, de dichos al menos dos flujos formateados, que expide un flujo combinado;
- 30 - medios de cálculo, a partir de dicho flujo combinado de, al menos, un índice que representa un nivel de descanso de un individuo.

Según los modos de realización, un tal dispositivo puede añadirse a un sistema de polisomnografía. En otros modos de realización, un tal dispositivo puede presentarse de una forma autónoma, por ejemplo, por la vigilancia de los niños de baja edad o de personas de movilidad reducida.

35 Según una implementación preferente, las diferentes etapas de los procedimientos según la invención se implementan por uno o varios softwares o programas informáticos, que comprenden instrucciones de software destinadas a ejecutarse por un procesador de datos de un módulo de relé según la invención y que se concibe para controlar la ejecución de las diferentes etapas de los procedimientos.

40 En consecuencia, la invención tiene también como objetivo un programa, susceptible de ejecutarse por un ordenador o por un procesador de datos, constando este programa de las instrucciones para controlar la ejecución de las etapas de un procedimiento tal como se mencionó anteriormente.

Este programa puede utilizar cualquier lenguaje de programación y, estar en forma de código fuente, código objeto o código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en una forma parcialmente compilada o, en cualquier otra forma deseable.

45 La invención apunta también a un soporte de informaciones legibles por un procesador de datos, y consta también de las instrucciones de un programa tal como se mencionó anteriormente.

El soporte de informaciones puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el soporte puede constar de un medio de almacenamiento, tal como una ROM, por ejemplo, un CD ROM o una ROM de circuito microeléctrico o, incluso, un medio de grabación magnético, por ejemplo, un disquete (floppy disc) o un

disco duro.

Por otra parte, el soporte de información puede ser un soporte transmisible tal como una señal eléctrica u óptica, que puede transportarse mediante un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. El programa según la invención puede descargarse en particular sobre una red de tipo Internet.

- 5 Alternativamente, el soporte de información puede ser un circuito integrado en el que se incorpora el programa, adaptándose el circuito para ejecutar o para usarse en la ejecución del procedimiento en cuestión.

Según un modo de realización, la invención se implementa por medio de componentes de software y/o de hardware. En este contexto, el término "módulo" puede corresponder en este documento tanto a un componente de software, como a un componente de hardware o a un conjunto de componentes de hardware y de software.

- 10 Un componente de software corresponde a uno o varios programas informáticos, uno o varios subprogramas de un programa o, de manera más general, cualquier otro elemento de un programa o de un software apto para implementar una función o un conjunto de funciones, de acuerdo con lo que se describe a continuación para el módulo respectivo. Un tal componente de software se ejecuta por un procesador de datos de una entidad física (terminal, servidor, pasarela, enrutador, etc.) y es susceptible de acceder a los recursos de hardware de esta entidad física (memorias, soportes de grabación, bus de comunicación, tarjetas electrónicas de entradas/salidas, interfaces de usuario, etc.).

- 20 De la misma manera, un componente material corresponde a cualquier elemento de un conjunto de hardware (o hardware) apto para implementar una función o un conjunto de funciones, de acuerdo con lo que se describe a continuación para el módulo respectivo. Puede tratarse de un componente de hardware programable o con procesador integrado para la ejecución de software, por ejemplo, un circuito integrado, una tarjeta con chip, una tarjeta de memoria, una tarjeta electrónica para la ejecución de un microsoftware (firmware), etc.

Cada componente del sistema anteriormente descrito por supuesto implementa sus propios módulos de software.

En otro modo de realización, el procedimiento comprende las características de la reivindicación 8 adjunta a continuación.

- 25 Los diferentes modos de realización mencionados anteriormente se pueden combinar entre ellos para la implementación de la invención.

#### **4 Lista de las figuras**

- 30 Otras características y ventajas de la invención se harán más evidentes tras la lectura de la descripción siguiente de un modo de realización preferente, dado a título de simple ejemplo ilustrativo y no limitante, y de los dibujos adjuntos, entre los cuales:

- la figura 1 representa un cuadro sinóptico de la técnica propuesta;
- la figura 2 ilustra la fase de extracción de flujo a partir del flujo de audio/vídeo de origen;
- la figura 3 ilustra esquemáticamente un dispositivo de implementación de la técnica propuesta.

#### **5 Descripción detallada de la invención**

- 35 5.1 Recordatorio del principio de la invención

- 40 El principio general de la técnica propuesta reside en la extracción y el tratamiento combinatorio de datos extraídos de una única fuente de audio/vídeo o de varios índices diferenciales de actividad de un paciente. Más particularmente, a diferencia de lo que se ha realizado en las técnicas anteriores conocidas, el uso de la fuente de audio/vídeo se realiza, por una parte, de manera preponderante y, por otra parte, de manera automática. En efecto, sin duda es común disponer de una grabación de vídeo en el momento de las sesiones de polisomnografía. Por otro lado, esta grabación de vídeo no se usa de manera activa para determinar el estado del paciente, sino únicamente a título de control, realizado por el médico, de la sesión polisomnografía. Así, la técnica propuesta usa un dispositivo conocido y presente, pero de una manera completamente nueva en relación con el uso que se hace de este dispositivo. Como norma general, este dispositivo se presenta en forma de una cámara infrarroja o de una cámara de luz visible asociada a una grabadora digital. El procedimiento tradicional de puntuación del sueño (el corte del sueño del individuo en etapas de sueño) es largo y fastidioso y genera muchos errores (ya que el criterio del médico se basa en criterios basados en la experiencia y no estrictamente en criterios objetivos).

- 45 Al contrario, la invención permite, por una parte, tratar el flujo de audio/vídeo de manera automática y, por otra parte, con criterios objetivos. Más particularmente, el principio general de la técnica divulgada consiste en extraer de la fuente de audio/vídeo, al menos dos flujos de datos diferentes y combinar estos flujos de datos diferentes con el fin de obtener un índice.

En un modo de realización simple de la invención, el índice obtenido es un índice de calma. Este índice permite cuantificar de manera cruda la actividad del paciente o su estado de agitación (independientemente de que esté

despierto o dormido). Este índice de calma se construye obteniendo a partir del flujo de audio/vídeo de origen, dos flujos (flujo de movimiento y flujo sonoro). De este modo, la invención no se limita de ninguna manera al uso de tres componentes de un flujo de audio/vídeo.

5 En otros modos de realización, basándose en un tratamiento particular de los datos extraídos, el índice obtenido permite calificar, al menos parcialmente, la etapa del sueño (sueño profundo, sueño ligero, somnolencia, vigilia tranquila, etc.) y permite saber si el individuo está despierto o dormido. Esta técnica está particularmente adaptada a los bebés y a la prematuridad. Este índice se llama índice de descanso y se construye obteniendo a partir del flujo de audio/vídeo de origen, tres flujos (flujo de movimiento, apertura de los ojos y flujo sonoro).

10 El procedimiento propuesto, descrito en relación con la figura 1, comprende cuatro fases: una fase de obtención de flujo de datos; una fase de formateo de los flujos; una fase de combinación y una fase de cálculo de un índice.

Durante una fase (10) de obtención de flujo de datos, los diferentes flujos de datos ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ) se extraen a partir de la fuente de audio/vídeo (Flvo), con ayuda de los procedimientos de obtención específicos para la información buscada, de los cuales, algunos se explican a continuación; estos flujos de datos son, por supuesto, marcados temporalmente;

15 Posteriormente, para cada uno de los flujos de datos obtenidos se implementa una fase (20) de formateo que comprende:

- una etapa de detección de envoltura para el flujo de audio, cuando existe uno, con el fin de transformarlo en una señal positiva;
- una etapa de lectura de los datos obtenidos por el cálculo de una media deslizante sobre una ventana de duración seleccionada previamente;
- 20 - una etapa de remuestreo puesto que los diferentes flujos poseen frecuencias de muestreo diferentes; la frecuencia de muestreo final puede ser, por ejemplo, igual a la más pequeña de las diferentes frecuencias (respetando las condiciones de muestreo);
- una etapa de normalización.

25 Siguiendo estas etapas, cada uno de los flujos formateados ( $x_{1f}$ ,  $x_{2f}$ ,  $x_{3f}$ ) se presenta en una escala temporal y una escala de valor comunes al resto de flujos. Por supuesto, en función de la naturaleza de los flujos, algunas de las etapas anteriormente mencionadas pueden omitirse (es el caso, por ejemplo, de un flujo binario cuyos valores están necesariamente comprendidos entre 0 y 1 y que no necesita, por lo tanto, a priori, normalización).

30 El procedimiento comprende después una fase (30) de combinación, de al menos dos de los flujos formateados ( $x_{1f}$ ,  $x_{2f}$ ,  $x_{3f}$ ).

Implementándose esta fase de combinación por una función, llamada función de fusión ( $ff$ ). Esta función de fusión, en su forma más simple, puede escribirse de la siguiente forma:

$$xc_j = ff(x_j) = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_{ij}$$

en la que:

- 35 -  $xc_j$  es el valor del flujo que resulta de la muestra  $j$
- $n$  representa el número de flujos;
- $j$  representa el calendario de la muestra;
- $x_{ij}$  es el valor del flujo normalizado  $x_i$  al número de muestra  $j$ ;
- $\alpha_i$  es un valor de ponderación del flujo normalizado  $x_i$ ;

40 Esta función de fusión expide un flujo combinado ( $xc$ ), muestreado a la misma escala que los flujos de origen. El valor de ponderación  $\alpha_i$  de cada flujo está comprendido entre 0 y 1 y permite atribuir, a cada uno de los flujos, una importancia específica en la fusión. En un modo de realización simple, este valor de ponderación es igual a 1. En un modo de realización complejo, tal como se representa a continuación, por ejemplo, esta ponderación puede ser evolutiva (es decir, que la ponderación evoluciona en función del flujo al que la ponderación se efectúa o de otro flujo, relacionado al flujo de corriente y en función del tiempo). El valor de ponderación puede ser igualmente lineal o no lineal, en función de los modos de realización.

Este flujo combinado ( $xc$ ) es representativo del estado de sueño en el que se encuentra el individuo.

45 De este modo, por ejemplo, en el caso de tres flujos de origen ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ), el flujo combinado ( $xc$ ) es una secuencia de muestras cuyo valor está comprendido entre "0" y "3". De este modo, por ejemplo, en intervalos regulares, en la escala de valor entero situado entre "0" y "3" (es decir, "0", "1", "2" y "3"), se puede asociar a cada uno de estos valores enteros uno o varios estados reales del individuo (por ejemplo, "0" corresponde a un estado de sueño (profundo o ligero) mientras que "3" corresponde a un estado de vigilia (tranquila o agitada)).

En un modo de realización adicional, un ejemplo de función de fusión podría ser la siguiente:

$$ff(x_j) = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i x_{ij}}{n}$$

5 En este modo de realización, cada valor de este flujo combinado ( $x_c$ ) se normaliza, desde el promediado. Las ponderaciones  $\alpha_i$  pueden seleccionarse, por ejemplo, teniendo en cuenta especificidades-sensibilidades sobre cada uno de los flujos o, incluso, teniendo en cuenta el conocimiento *a priori* sobre el flujo. Estas ponderaciones pueden ser pesos simples o incluso coeficientes que evolucionan con el tiempo.

Otros modos de realización son posibles, se puede citar:

- los algoritmos de tipo red de neuronas, donde la red de neuronas se aplica a un vector de flujo: después de una fase de aprendizaje que permite ajustar los parámetros internos de la red de neuronas, cada nuevo vector tratado por la red de neuronas se verá afectar en la salida una clase de pertenencia entre las dos (o más) clases posibles.
- una ponderación por filtro de Volterra directa: se trata de un filtrado no lineal que pondera los diferentes flujos en función de los núcleos  $h_i$

$$ff(x_j) = \sum_{i=1}^n h_i x_{ij} + \dots + \dots + \sum_{i=1}^n \dots \sum_{k=1}^n h_{i\dots k} x_{ij} \dots x_{kj}$$

- 15 donde el núcleo  $h_1$  representa la parte lineal y los núcleos  $h_{ik}$  la parte no lineal.
- la realización de un árbol de decisión. Esto responde a una sucesión de pruebas, que consisten en comparar los valores de un flujo con uno o varios umbrales. Se conduce entonces a un flujo de valores discretos.

20 Como el objetivo de la técnica propuesta es obtener un resultado sintético de la actividad del paciente, los datos que constituyen el flujo se tratan (40) a continuación para conducir a un índice representativo del nivel de actividad (*IrNA*).

En un primer modo de realización, se calculan las cantidades estadísticas, como la media, la varianza del flujo procedente de la fusión.

25 En un segundo modo de realización el flujo combinado ( $x_c$ ) se comprada con uno o varios umbrales ( $s_{x1}$ ,  $s_{x2}$ ,  $s_{x3}$ ). En un periodo dado (es decir, en un número de muestras dadas entre el número de muestras que componen el flujo) se compara el número de valores de muestras por debajo del umbral en relación con el número de valores por encima del umbral con el fin de obtener un índice (por ejemplo, un índice de descanso, un índice de vigilia, un índice de sueño, etc.). El valor de los umbrales ( $s_{x1}$   $s_{x2}$   $s_{x3}$ ) puede fijarse de manera arbitraria u obtenerse a partir de una base de aprendizaje (por ejemplo, una hora de grabación) seleccionada previamente, utilizando características operativas de recepción (curvas COR).

30 Los diferentes índices pueden calcularse sobre ventanas de tamaño variable, por ejemplo, 10 segundos; se obtiene, por lo tanto, un índice que varía en función del tiempo. También se pueden calcular sobre el tiempo total (un valor global sobre toda la grabación). Tales índices son muy útiles para el cuerpo médico.

### 5.2 Descripción de un modo de realización

35 Se presenta, en relación con la figura 2, la implementación de la técnica propuesta para un flujo audio/vídeo en el que se extraen tres flujos de datos diferentes: una estimación de movimiento, una extracción de banda sonora, una estimación del estado de los ojos.

40 En este modo de realización, un flujo de audio/vídeo de origen (*FvO*) se graba sobre un soporte digital SN (de tipo CD, DVD, Disco Duro, etc). Un módulo de tratamiento (MTRT) recibe en la entrada, por una parte, el flujo de audio/vídeo de origen (*FvO*) y parámetros de extracción (ParExt). Los parámetros de extracción definen, por una parte, el número de flujos que se extraerán y, por otra parte, para cada uno de los flujos que se extraerá, un procedimiento de extracción (MExt<sub>i</sub>), *i* que corresponde al identificador de flujo.

45 Por ejemplo, teniendo en cuenta que el primer flujo ( $x_1$ ) se refiere a la estimación de movimiento, el procedimiento de extracción puede ser una diferencia entre imágenes o el *flujo óptico*, es decir, los campos de velocidad medidos a partir de las variaciones de la luminancia de las diferentes imágenes. Este procedimiento es interesante en el presente caso ya que, para imágenes poco ruidosas, que no presentan variaciones repentinas de la intensidad y compuestos de los objetos que no ocasionan reflexiones especulares preponderantes, el "flujo óptico" se asimila "globalmente" a un movimiento proyectado. Otros procedimientos de estimación de movimiento pueden igualmente implementarse, en función de parámetros propios del flujo de audio/vídeo de origen (*FvO*). A diferencia de las técnicas existentes, sin embargo, el objeto de la implementación de un procedimiento de estimación de movimiento

no es grabar desplazamientos, sino estimar una cantidad de desplazamiento. Esta estimación, por lo tanto, es fácil de realizar.

5 De este modo, la técnica propuesta comprende una etapa (100) de estimación de movimiento, que expide un primer flujo ( $x_1$ ) que comprende muestras relacionadas con la evaluación del movimiento entre imágenes. En este modo de realización, se obtiene, por lo tanto, un flujo ( $x_1$ ) que comprende un cierto número de muestras (por ejemplo, una cada segundo), teniendo cada muestra marcas de tiempo y teniendo un valor comprendido entre 0 y 100, significando 0 que cada uno de los movimientos no se percibe, mientras que 100 significa que una gran cantidad de movimiento se percibe.

10 El segundo flujo ( $x_2$ ), según el procedimiento propuesto se basa en el componente audio del flujo de audio/vídeo de origen (*FIV*O). En este modo de realización, el procedimiento de extracción consiste en medir (200) la intensidad de la pista de audio en el tiempo. El procedimiento de extracción (MExt2), por lo tanto, es un procedimiento de medición de intensidad. Esta medida es, o absoluta (es decir, que se basa en el contenido de la banda de audio, sin referencia), o relativa (es decir, que se basa en una escala previamente definida). Este parámetro relacionado con la  
15 escala tiene una importancia en el caso donde los ruidos ambientales presentes y que puede ser necesario no tomarlos en cuenta. De este modo, en el caso de una medida absoluta, el nivel que corresponde a una ausencia de ruido percibido proveniente del paciente puede no ser inmediatamente identificable en caso de ruido ambiental. Por lo tanto, puede ser necesario implementar un tratamiento complementario que consiste en eliminar (cuando es posible) los ruidos parásitos y estimar la potencia del sonido, así como de sus componentes frecuenciales para diferenciar diferentes tipos de sonidos (grito, ronquido, llantos, ...). En el caso de una medida de intensidad relativa,  
20 se puede considerar que el nivel sonoro que se medirá (el nivel sonoro que proviene del paciente) excede necesariamente un nivel sonoro de base.

De este modo, la técnica propuesta comprende una etapa (200) de grabación de intensidad sonora, que expide un segundo flujo ( $x_2$ ) que comprende muestras relacionadas con la evaluación de un volumen sonoro.

25 El tercer flujo ( $x_3$ ), según el procedimiento propuesto se deriva del componente de vídeo del flujo de audio/vídeo de origen (*FIV*O). En este modo de realización, la etapa (300) de extracción consiste en identificar una apertura o un cierre de los ojos. El procedimiento de extracción (MExt3), por lo tanto, es un procedimiento de detección de apertura o de cierre de los ojos.

30 Para esto, al menos tres procedimientos de extracción (MExt3) diferentes pueden emplearse. El primer procedimiento consiste en hacer medir esta información por un médico o un manipulador: a lo largo de la vecindad de la secuencia, el médico mide esta apertura, si es necesario, utilizando una interfaz hombre-máquina particular de un programa informático, que autoriza la toma del estado de apertura de los ojos. El uso de este primer procedimiento expide un flujo que comprende muestras binarias (que indican si los ojos están abiertos o si los ojos están cerrados).

35 Un segundo procedimiento, automatizado, consiste en tomar ventaja de una propiedad interesante del fondo del ojo sometido a una luz infrarroja o visible. A título de ejemplo; una característica de las mediciones de polisomnografía es que se realizan en la penumbra. De este modo, el uso de una cámara infrarroja a menudo es necesario para visualizar el desarrollo de la medida. Desde entonces, el flujo de audio/vídeo de origen (*FIV*O) comprende un componente de vídeo infrarrojo.

40 Ahora bien, una propiedad de la captación de imagen infrarroja es que hace el fondo del ojo negro, es decir, perfectamente extraíble del resto de la imagen. De este modo, es posible, con ayuda de un módulo de reconocimiento de parámetro en consecuencia, distinguir la presencia de negro en el vídeo infrarrojo. El algoritmo usado es un algoritmo similar al usado para reconocer y eliminar los ojos rojos en una fotografía con flash. No obstante, el algoritmo propuesto es más simple ya que no necesita reemplazar una parte de la imagen por otra. Globalmente, el algoritmo implementado por este módulo comprende, por una parte, una fase de umbralización en la  
45 que solo se conservan las partes de la imagen cuyo valor de negro es superior a un umbral determinado (por ejemplo, 80 % o 90 %). Posteriormente, a partir de esta imagen "umbralizada", se efectúa una búsqueda de zonas negras. Siendo el objetivo de esta búsqueda determinar la presencia de al menos dos zonas, de forma sustancialmente idéntica y cuya separación de paso supera un valor predeterminado.

50 Cuando se identifican al menos dos zonas de este tipo, el algoritmo continúa por una fase de cálculo, a partir de estas zonas, de al menos un círculo en el que estas zonas se inscriben. Para esto, para al menos una de las zonas, a partir de la periferia de ésta, se traza un arco de círculo. Sobre la base de la cobertura de este arco de círculo, se obtiene una cuerda y una flecha. Después, se aplica el teorema de Pitágoras para encontrar el radio del círculo correspondiente. El círculo obtenido se coloca en cada una de las zonas con el fin de eliminar las zonas cuya superficie es superior (de un factor predeterminado) a la superficie del círculo. Esto permite eliminar los "falsos positivos". Esta fase de búsqueda se efectúa de manera iterativa hasta que se obtengan dos zonas de forma sustancialmente idéntica y cuya forma se inscribe en un círculo común. Cuando termina esta fase, ninguna zona se  
55 identifica, se considera que los ojos están cerrados.

Cuando dos zonas que corresponden a los criterios previamente indicados se han identificado, la última fase

consiste en calcular el aire de la zona negra en relación con el aire del círculo que la compone para obtener una relación de apertura del ojo (relación comprendida entre 0 y 1).

5 Un tercer procedimiento consiste en combinar seguimiento y detección de los ojos. Un proceso de detección de los ojos abiertos se implementa primero. Se basa en el hecho de que la pupila corresponde a una región oscura rodeada de píxeles de intensidades claras. Esta característica se acentúa en el momento de una adquisición realizada en infrarrojos. El detector descansa, por lo tanto, en una umbralización que permite seleccionar los píxeles de baja intensidad, opcionalmente, una etapa de morfología matemática para suprimir las pequeñas zonas y después sobre una selección de las regiones de tamaños comprendidos en un intervalo predeterminado (por una umbralización de píxeles conexos). El valor del perímetro o del aire de la región proporciona, por lo tanto, una información acerca del grado de apertura del ojo.

10 Esta etapa de detección se combina con un proceso de seguimiento. A partir de una inicialización manual de la posición de los dos ojos, una región de interés rectangular se determina alrededor de cada ojo. Las etapas siguientes se aplican de manera independiente para cada ojo. En cada nueva imagen, la nueva posición del ojo se busca alrededor de la posición anterior. Para esto, una ventana se desplaza en la nueva imagen alrededor de la posición anterior (según un criterio de distancia máxima). A cada una de las posiciones de la ventana:

- el proceso de detección de los ojos abiertos se aplica;
- una métrica (suma de las diferencias al cuadrado entre las intensidades del conjunto de píxeles de las ventanas) se calcula entre la ventana inicial y la ventana probada.

Una regla de decisión se implementa para determinar la nueva posición del ojo:

- 20 - si el proceso de detección de los ojos abiertos es positivo en una posición y una sola, esta posición se selecciona y el ojo se considera como estando abierto;
- si el proceso de detección de los ojos abiertos es positivo en varias posiciones y el estado anterior del ojo era "abierto", la posición que corresponde a la métrica más baja se selecciona y el ojo se considera como estando abierto;
- 25 - si el proceso de detección de los ojos abiertos es positivo en varias posiciones y el estado anterior del ojo era "cerrado", la posición más cercana a la posición anterior se selecciona y el ojo se considera como estando abierto;
- si el proceso de detección de los ojos abiertos es negativo y la métrica más baja es inferior a un umbral de detección, la posición que corresponde a la métrica más baja se selecciona y el ojo se considera como estando cerrado;
- 30 - si el proceso de detección de los ojos abiertos es negativo y la métrica más baja es superior a un umbral de detección, el seguimiento del ojo se pierde y una nueva inicialización se solicita al usuario.

Esta operación automática se repite de manera regular sobre el flujo de audio/vídeo de origen con el fin de expedir un flujo ( $x_3$ ) que comprende muestras con marcas de tiempo cuyo valor está comprendido entre 0 y 1.

35 Si es necesario, después de esta fase automática, el flujo obtenido puede someterse, en una última fase, a la apreciación de un operario con el fin de verificar o aprobar la calidad del resultado obtenido.

Tras estas diferentes etapas de tratamiento, se dispone, por lo tanto, de varios flujos ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ) que pueden tratarse según las modalidades presentadas anteriormente. En un modo de realización adicional, un cuarto flujo ( $x_4$ ) se extrae del flujo de audio/vídeo. Se trata de un flujo relacionado con la frecuencia cardiaca del paciente. En efecto, el ritmo cardiaco puede estimarse también a partir de una grabación de vídeo adquirida con ayuda de una cámara clásica o térmica. Un quinto flujo ( $x_5$ ), relacionado con la respiración del paciente también se puede extraer (por ejemplo, mediante cámara térmica). Un tal flujo de datos, muestreado y normalizado, permite definir más precisamente aún las fases de sueño o los niveles de actividad.

45 El procedimiento continúa con la implementación de la normalización, que expide los flujos "normalizados". Esta normalización se implementa por un módulo de formateo y de normalización (MFN). La combinación de los flujos se implementa por medio de un módulo de combinación (MC), que utiliza una o varias funciones de fusión (ffi) adaptadas a los flujos que se tratarán. A continuación, el flujo combinado ( $x_c$ ) se usa por un módulo de cálculo de índice (MCI) para expedir el índice (IrNA) en función de uno o varios umbrales ( $s_{x_1}$ ,  $s_{x_2}$ ,  $s_{x_3}$ ).

### 5.3 Formateo de los flujos de datos

50 En este modo de realización de la técnica propuesta, una cámara comercial se utiliza para efectuar la captación de la fuente de audio/vídeo (Flvo). Esto da como resultado la implementación de un formateo de los flujos ( $x_x$ ) que depende de esta fuente de origen. El formateo presente aquí tiene en cuenta esta captación de origen. Otra cámara u otro tipo de cámara puede, por supuesto, proporcionar una fuente de audio/vídeo (Flvo) diferente, lo que tendrá por consecuencia un muestreo de origen diferente y, por lo tanto, un formateo diferente.

55

### 5.3.1 Señales tras la fase de obtención

Tras la fase de obtención, los diferentes flujos tienen frecuencias de muestreos diferentes:

- el movimiento se ha extraído desde el vídeo y tiene, por lo tanto, la misma frecuencia de muestreo que el vídeo de 25 fotogramas/segundo: 25 Hz ( $1692 \cdot 25 = 42300$  muestras).
- 5 - el sonido extraído del vídeo tiene una frecuencia de muestreo de 11,5 kHz, impuesta por el archivo ( $1692 \cdot 11500 = 19458000$  muestras).
- los ojos se han puntuado en cada segundo: 1 Hz (1692 muestras).

### 5.3.2 Caso particular del sonido

La señal que representa el sonido comprende dos especificidades:

- 10 a) tiene una frecuencia de muestreo muy elevada, que no es necesariamente útil y que proporciona señales de gran tamaño. Se efectúa, por lo tanto, un submuestreo.
- b) contrariamente a los dos otros flujos, comprende valores positivos y negativos. Una detección de envolvente (Transformada de Hilbert), se aplica, entonces, para una señal positiva.

### 5.3.3 Alisado

- 15 Con el objetivo de obtener curvas más "lisas", una media deslizante sobre una ventana de tamaño dado se calcula. En otras palabras, cada punto de la señal de origen se reemplaza por la media de los puntos situados en el intervalo centrado en la ventana. A este nivel de tratamiento de las señales no siempre tienen la misma frecuencia de muestreo, la media, por lo tanto, se calcula sobre un número de puntos diferentes según las señales.

### 5.3.4 Remuestreo

- 20 Para poder combinar los flujos, es interesante tener la misma frecuencia de muestreo  $f_{ech}$ . Para estandarizar las frecuencias de muestreo, siempre existen varias posibilidades. De esta manera, es posible muestrear todo con la menor de las tres frecuencias de muestreo.

También es posible muestrear los tres flujos con una frecuencia  $f_{ech}$  inferior a  $f_{min}$ . En ese caso, las tres señales se submuestran.

- 25 Para terminar, también es posible muestrear los flujos con una frecuencia  $f_{ech}$  superior a  $f_{min}$ . Por lo tanto, en este caso es necesario interpolar las señales de frecuencia de muestreo inferior a  $f_{ech}$ .

### 5.3.5 Normalización

- 30 La última etapa del formateo de los datos consiste en normalizar los tres flujos entre 0 y 1. Es necesario subrayar que esta etapa de normalización entre 0 y 1 solo tiene sentido si se evita el caso particular donde un flujo estaría cerca de 0 (o de 1) durante toda la duración de la grabación (ningún movimiento o ningún sonido, o nos ojos han estado siempre abiertos o cerrados).

### 5.4 Acoplamiento con otros flujos

- 35 En un modo de realización adicional, los flujos extraídos del flujo audio/vídeo se acoplan con otros flujos ( $x_n$ ), que provienen de uno o varios dispositivos diferentes de medición. La adquisición de un flujo relacionado con la frecuencia cardíaca o de un flujo relacionado con la respiración es posible.

Para el ritmo cardíaco, además de los dispositivos clásicos de adquisición que utilizan electrodos, un oxímetro colorímetro que proporciona una medición de las pulsaciones cardíacas puede utilizarse.

- 40 Para la respiración, es posible usar las correas colocadas alrededor del abdomen y del tórax que graban los movimientos respiratorios o, un sensor buconasal que registra el flujo aéreo o, incluso, un dispositivo de impedancia que usa electrodos torácicos.

Un tal flujo de datos, muestreado y normalizado, permite definir más precisamente aún las fases de sueño o los niveles de actividad.

- 45 En otro modo de realización, varias cámaras pueden proporcionar varios flujos de audio/vídeo. Por ejemplo, dos cámaras pueden colocarse en lugar de una sola cámara. Los flujos que se extraen ( $x_1, x_2, x_3$ ) son de la misma naturaleza. Se tiene, por ejemplo, dos flujos para el movimiento ( $x_1, x_1'$ ), dos flujos para los ojos ( $x_3, x_3'$ ) y dos flujos para el audio ( $x_2, x_2'$ ). La ventaja de esta configuración es que antes de realizar la fusión, cada flujo de un par de flujos puede correlacionarse con el otro flujo del par, con el fin de proporcionar un flujo que resulta (por ejemplo,  $x_1''$ ) de mejor calidad.

### 5.5 Otras características opcionales y ventajas

En al menos un modo de realización de la invención, un parámetro fisiológico se añade a la fase combinatoria. Más particularmente, en al menos un modo de realización, el parámetro fisiológico añadido es un parámetro de comportamiento de compensación. Este parámetro se utiliza para compensar o invertir o limitar la consideración de uno de los flujos de datos en función de uno o varios flujos diferentes de datos. Este parámetro fisiológico determina el valor del coeficiente  $\alpha_i$  de ponderación del flujo normalizado  $x_i$  al que se asocia el parámetro.

Por ejemplo, en el caso de un recién nacido, es frecuente que éste cierre los ojos en los momentos de llanto. Desde entonces, es necesario considerar solo que el individuo está dormido cuando sus ojos están cerrados y que un nivel sonoro relacionado con los gritos percibidos exceda un umbral predeterminado.

De este modo, en este caso, el parámetro de comportamiento de compensación comprende dos componentes: un componente que define la relación entre el estado de los ojos y los gritos percibidos en el flujo de audio y un componente que devine un valor límite asociado a los gritos percibidos en el flujo de audio, valor límite que, cuando se sobrepasa por la intensidad del volumen sonoro de los gritos del flujo de audio desencadena la anulación de la consideración del estado asociado al cierre de los ojos (si el recién nacido tiene los ojos cerrados, se considera, por lo tanto, como estando despierto).

A título de ejemplo, la configuración del dispositivo de implementación de la presente técnica puede realizarse por una creación, en el seno de un archivo de configuración, de una estructura de datos, por ejemplo, de tipo XML, en la que el parámetro de comportamiento de compensación puede tomar una tal forma como la siguiente:

```
<ParCC>
  <Rel>
    <flx1>f-audio</flx1>
    <flx2>f-eyes</flx2>
  </Rel>
  <Vall>
    <flx>f-audio</flx><val>0.9</val><cmp>upper</cmp>
    <state><flx>f-eyes</flx><pond>l</pond></state>
  </Vall>
</ParCC>
```

Concretamente, el ejemplo anterior indica que el parámetro se aplica al flujo de audio y al flujo de apertura de los ojos. El valor del parámetro indica que, si el flujo de audio tiene un valor normalizado superior a "0,9", entonces la ponderación del flujo del valor de los ojos se fija a 1 (es decir, que los ojos se consideran como abiertos, incluso si están cerrado).

Por supuesto, cualquier otra forma de configuración puede definirse. No se trata aquí de dar un ejemplo de la manera en la que el dispositivo puede configurarse con el fin de proporcionar índices que sean representativos de la realidad, mientras que se realiza de manera automática.

### 5.6 Dispositivo de implementación

Se presenta, en relación con la figura 3, una arquitectura simplificada de un dispositivo apto para implementar la técnica descrita. Un tal dispositivo comprende una memoria 41, una unidad 42 de tratamiento equipada, por ejemplo, de un microprocesador y controlado por el programa 43 informático, implementando, al menos una parte del procedimiento tal como se describe. En al menos un modo de realización, la técnica descrita se implementa en forma de una aplicación de software. En otro modo de realización, la técnica descrita se implementa en una forma puramente de hardware, con ayuda de procesadores y de interfaz especialmente creados para ello. Un tal dispositivo comprende:

- medios de obtención, a partir de un flujo de audio/vídeo de origen (*FIVO*), de al menos dos flujos entre los tres ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ), comprendiendo cada uno una pluralidad de muestras con marcas de tiempo;
- medios de formateo de dichos al menos dos flujos ( $x_1, x_2, x_3$ ), que expide al menos dos flujos formateados;
- medios de combinación, de dichos al menos dos flujos formateados, que expide un flujo combinado ( $x_c$ );
- medios de cálculo, a partir de dicho flujo combinado ( $x_c$ ) de al menos un índice representativo de un nivel de descanso de un individuo.

Estos medios se controlan por el microprocesador, con ayuda del programa cargado en la memoria del dispositivo. En función de los modos de realización, el dispositivo comprende igualmente otros medios que permiten realizar intercambios con otros dispositivos de medición de actividad, como medios de grabación de ritmos cardiacos o respiratorios.

En al menos un modo de realización, el dispositivo se presenta en forma de un dispositivo autónomo, controlable de manera remota, por ejemplo, por medio de un terminal de tipo tableta, teléfono inteligente u ordenador. En este

modo de realización, el dispositivo puede no tener finalidad médica.

5 En otro modo de realización, el dispositivo se implementa en forma de un módulo, por ejemplo, un módulo de hardware, integrado en una segunda consola de polisomnografía, módulo en el que el flujo de audio/vídeo de origen se trata de manera continua, para correlacionar el o los índices representativos del nivel de descanso de un individuo con otros índices.

En otro modo de realización, el dispositivo de la invención se controla por la consola de polisomnografía para implementarse en caso de detección de una anomalía o de un valor particular de otro parámetro de medición grabado por la consola, tal como una evaluación del ritmo cardiaco con el fin de verificar si esta elevación está relacionada con un estado de vigilia o de descanso del individuo estudiado.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de cálculo de un índice de actividad de un individuo implementado por medio de un dispositivo de cálculo de índice, procedimiento **caracterizado porque** comprende:

5 - una etapa (10) de obtención, a partir de un flujo de audio/vídeo de origen (*FivO*), de al menos dos flujos (*x1*, *x2*, *x3*), comprendiendo cada uno una pluralidad de muestras con marcas de tiempo, comprendiendo dicha etapa (10) de obtención:

- una etapa (300) de obtención de datos representativos de un estado de los ojos, que expide un flujo (*x3*) que comprende muestras relacionadas con la apertura de los ojos de dicho individuo.

10 - una etapa (20) de formateo de dichos al menos dos flujos (*x1*, *x2*, *x3*), que expide al menos dos flujos formateados (*x1f*, *x2f*, *x3f*);

- una etapa (30) de combinación, de dichos al menos dos flujos formateados, que expide un flujo combinado (*xc*);  
 - una etapa (40) de cálculo, a partir de dicho flujo combinado (*xc*) de al menos un índice representativo de un nivel de actividad de un individuo (*IrNA*).

15 2. Procedimiento de cálculo, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha etapa (30) de combinación implementa una función de fusión (*ff*):

$$xc_j = ff(x_j) = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_{ij}$$

en la que:

20 - *n* representa el número de flujos;  
 - *j* representa el calendario de la muestra;  
 - *x<sub>ij</sub>* es el valor del flujo normalizado *x<sub>i</sub>* al número de muestra *j*;  
 - *α<sub>i</sub>* es un valor de ponderación del flujo *x<sub>i</sub>*.

3. Procedimiento de cálculo, según la reivindicación 2, **caracterizado porque** dicho valor *α<sub>i</sub>* de ponderación del flujo *x<sub>i</sub>* varía de un calendario de muestra a otro.

25 4. Procedimiento de cálculo, según la reivindicación 2, **caracterizado porque** dicho valor *α<sub>i</sub>* de ponderación del flujo *x<sub>i</sub>* se configura en función de al menos un flujo *x<sub>j,j</sub> ≠ i*.

5. Procedimiento de cálculo, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** una etapa (10) de obtención, a partir de un flujo de audio/vídeo de origen (*FivO*), de al menos dos flujos (*x1*, *x2*, *x3*), comprende, además, al menos, una de las siguientes etapas:

30 - una etapa (100) de estimación de movimiento, que expide un flujo (*x1*) que comprende muestras relacionadas con la evaluación del movimiento entre imágenes sucesivas de dicho un flujo de audio/vídeo de origen (*FivO*);  
 - una etapa (200) de recopilación de intensidad sonora, que expide un flujo (*x2*) que comprende muestras relacionadas con la evaluación de un volumen sonoro.

6. Dispositivo de cálculo de un índice de actividad de un individuo, implementado por medio de un dispositivo de cálculo de índice, dispositivo **caracterizado porque** comprende:

35 - medios (10) de obtención, a partir de un flujo de audio/vídeo de origen (*FivO*), de al menos dos flujos (*x1*, *x2*, *x3*), comprendiendo cada uno una pluralidad de muestras con marcas de tiempo;  
 - medios (20) de formateo de dichos al menos dos flujos (*x1*, *x2*, *x3*), configurados para expedir al menos dos flujos formateados;

40 - medios (30) de combinación, de dichos al menos dos flujos formateados, configurados para expedir un flujo combinado (*xc*);

- medios (40) de cálculo, a partir de dicho flujo combinado (*xc*) de al menos un índice representativo de un nivel de descanso de un individuo.

45 7. Producto de programa informático descargable desde una red de comunicación y/o almacenado para un soporte legible por ordenador y/o ejecutable por un microprocesador, **caracterizado porque** comprende instrucciones de código de programa para la ejecución del procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, cuando se ejecuta en un ordenador.

8. Procedimiento de cálculo de un índice de calma de un individuo implementado por medio de un dispositivo de cálculo de índice, procedimiento **caracterizado porque** comprende:

- una etapa (10) de obtención, a partir de un flujo de audio/vídeo de origen (*FivO*), de dos flujos (*x1*,

$x_2$ ), comprendiendo cada uno una pluralidad de muestras con marcas de tiempo, comprendiendo dicha etapa (10) de obtención:

- 5 - una etapa (100) de estimación de movimiento, que expide un flujo ( $x_1$ ) que comprende muestras relacionadas con la evaluación del movimiento entre imágenes sucesivas de dicho un flujo de audio/vídeo de origen ( $FivO$ );
  - una etapa (200) de recopilación de intensidad sonora, que expide un flujo ( $x_2$ ) que comprende muestras relacionadas con la evaluación de un volumen sonoro.
- 
- 10 - una etapa (20) de formateo de dichos dos flujos ( $x_1$ ,  $x_2$ ), que expide al menos dos flujos formateados ( $x_{1f}$ ,  $x_{2f}$ );
  - una etapa (30) de combinación, de dichos al menos dos flujos formateados, que expide un flujo combinado ( $x_c$ );
  - una etapa (40) de cálculo, a partir de dicho flujo combinado ( $x_c$ ) de al menos un índice de calma de un individuo ( $IrNA$ ).

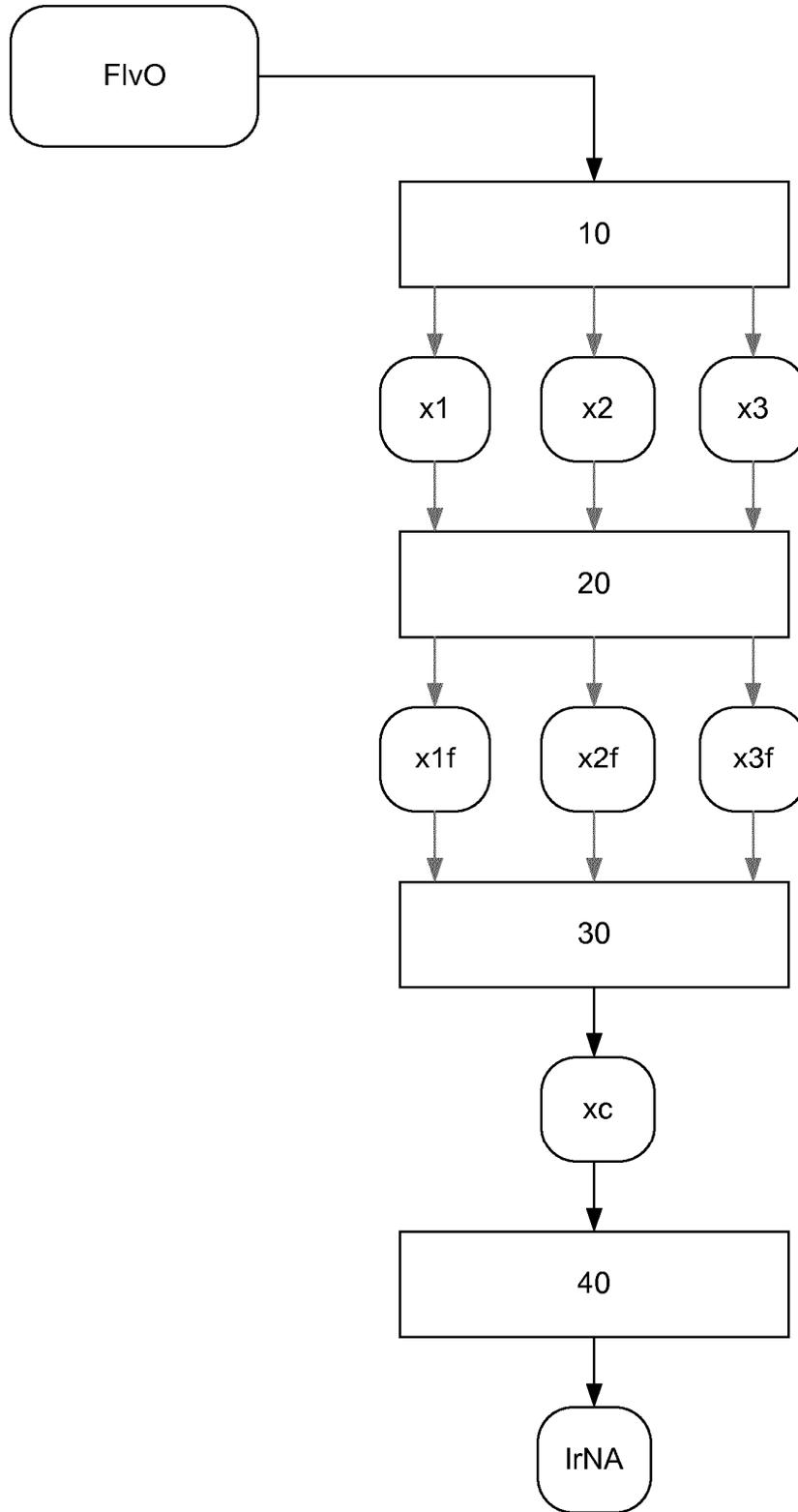


Figura 1

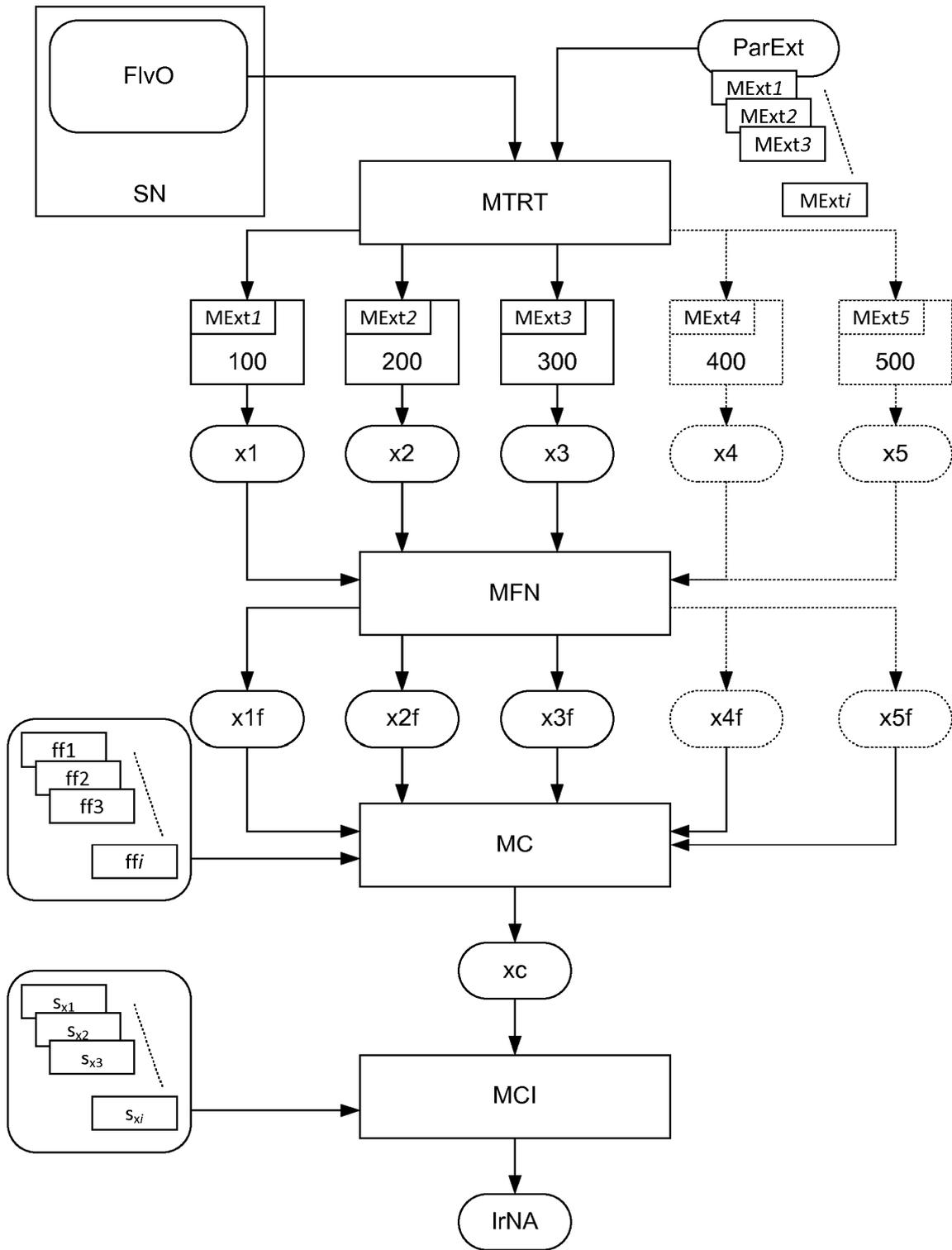


Figura 2

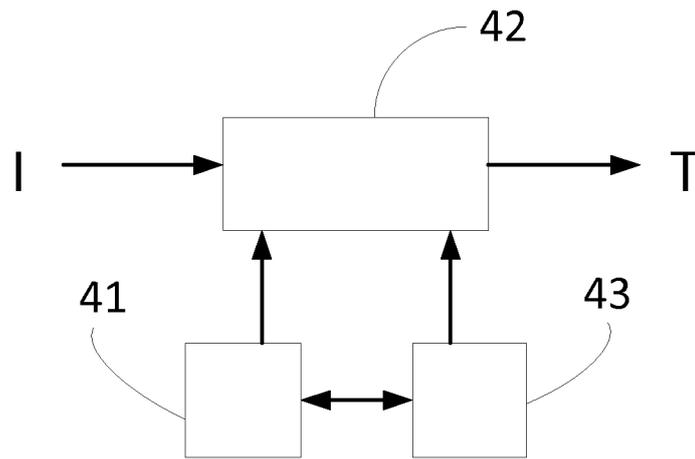


Figura 3