(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 548 794**

(21) Número de solicitud: 201430390

(51) Int. CI.:

A61B 5/04 (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN B1

(22) Fecha de presentación:

20.03.2014

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

20.10.2015

Fecha de la concesión:

08.11.2016

(45) Fecha de publicación de la concesión:

16.11.2016

(56) Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2015/070201

(73) Titular/es:

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (CSIC) (85.0%)
Avda. María Luisa, s/nº - PALACIO - PABELLÓN DE PERÚ
41013 SEVILLA (Sevilla) ES y
UNIVERSIDAD DE SEVILLA (15.0%)

(72) Inventor/es:

DELGADO RESTITUTO, Manuel;
RODRÍGUEZ PÉREZ, Alberto y
RODRÍGUEZ VÁZQUEZ, Ángel

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

(54) Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE ADQUISICIÓN Y TRANSFERENCIA DE ACTIVIDAD NEURONAL**

(57) Resumen:

Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal que comprende al menos una pluralidad de sensores bioeléctricos (20000), un transceptor inalámbrico (30000), un nudo de comunicaciones (10000) conectado entre la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) y el transceptor inalámbrico (30000), y una pluralidad de electrodos intracraneales (60000), tal que el nudo de comunicaciones (10000) está configurado para transmitir datos bidireccionalmente entre la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) y el transceptor inalámbrico (30000), de forma que en el sentido de transmisión de datos desde el transceptor inalámbrico (30000) hacia los sensores bioeléctricos (20000), el nudo de comunicaciones (10000), gestiona una configuración de parámetros, una calibración y un modo de operación de los sensores bioeléctricos (20000) y, en el sentido de transmisión de datos desde los sensores bioeléctricos (20000) hacia el transceptor inalámbrico (30000), colecta, seria y conforma información neuronal de una señal neuronal capturada por la pluralidad de sensores bioeléctricos.

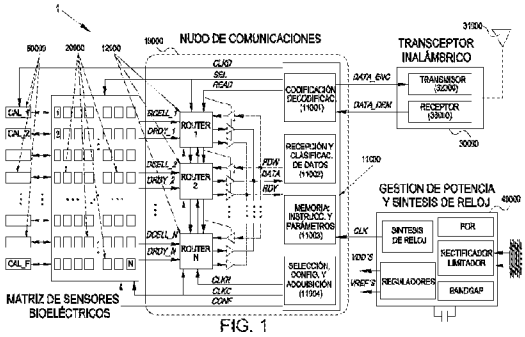

FIG. 1

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

ES 2 548 794 B1

DESCRIPCIÓN

Sistema y método de adquisición y transferencia de actividad neuronal

OBJETO DE LA INVENCIÓN

El objeto de la presente invención se refiere a un nudo de comunicaciones, comprendido en un sistema para la adquisición y transferencia de actividad neuronal, configurado para transmitir datos bidireccionalmente entre una pluralidad de sensores bioeléctricos y un transceptor inalámbrico, ambos igualmente comprendidos en dicho sistema.

En un sentido de las comunicaciones, el nudo de comunicaciones, gestiona la configuración de parámetros y el modo de operación de la pluralidad de sensores bioeléctricos y, en sentido contrario, colecta, seria y conforma la actividad neuronal capturada por la pluralidad de sensores bioeléctricos para que pueda ser emitida a través del transceptor inalámbrico.

Adicionalmente, el nudo de comunicaciones ofrece dos modos de transmisión: en un caso, se transfiere la actividad neuronal completa, capturada y digitalizada por una selección de entre la pluralidad de sensores bioeléctricos; en otro caso, se transfiere información relativa a los potenciales de acción neuronales detectados y caracterizados por la pluralidad de sensores bioeléctricos en su conjunto.

Con vistas a reducir el ancho de banda de transmisión y así disminuir el consumo de potencia total del sistema, la transmisión de información relativa a los potenciales de acción neuronales se realiza en base a eventos, de manera que sólo se transfiere información desde un sensor bioeléctrico en el caso de que dicho sensor constate la aparición de un potencial de acción neuronal.

También se describe el método asociado a la transferencia de datos entre la pluralidad de dichos sensores bioeléctricos y el transceptor inalámbrico del sistema para la adquisición y transferencia de actividad neuronal.

Encuentra especial aplicación en el ámbito de la industria de las tecnologías físicas y más, en concreto, en el ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones aplicadas a la bioingeniería.

PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER Y ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

En los últimos años, nuevos avances tecnológicos están permitiendo la monitorización de señal bioeléctrica cerebral desde dispositivos implantados en el paciente. Con estos dispositivos se consiguen niveles de detalle espacio-temporal muy superiores a los alcanzables mediante electroencefalografía, gracias al uso de matrices de electrodos con separaciones del orden de decenas de micras y anchos de banda superiores al kilohertzio. Este incremento de resolución está permitiendo la prescripción de tratamientos más focalizados, el desarrollo de nuevos procedimientos terapéuticos o la implementación de interfaces cerebro-máquina.

El uso de electrodos implantados plantea retos específicos a los sistemas de adquisición y transferencia de actividad neuronal. Con objeto de reducir la degradación de las señales capturadas, eliminar la eventualidad de infecciones o fallos por errores de manipulación y simplificar el procedimiento quirúrgico de implantación, se ha de evitar el uso de cables desde el cerebro hacia el exterior del cuerpo. Por tal motivo, en una configuración preferente, el sistema de adquisición implantado junto con la matriz de electrodos, contiene tantos sensores bioeléctricos como electrodos la matriz, y la transferencia de información hacia o desde un lector extracorpóreo se realiza de forma inalámbrica a través de un enlace que debe superar la atenuación impuesta por los tejidos intermedios.

Un aspecto crítico en la implementación de esta configuración preferente de sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal es el uso de técnicas de diseño con consumos ultra-bajos de potencia y el empleo de protocolos de compresión de información para reducir la tasa de envío de datos a través del transceptor inalámbrico comprendido en dicho sistema. En una configuración preferente del protocolo de compresión, dicho transceptor sólo debe enviar aquella información que sea clínicamente relevante y permanecer inactivo mientras la señal capturada no muestre indicios de interés.

Esta estrategia destinada a la economía de recursos es particularmente evidente cuando el sistema de adquisición y transferencia se destina a la interpretación de potenciales de acción neuronales. En una configuración preferente de este tipo de sistemas, todo sensor bioeléctrico permanece en estado latente y, por tanto, no transmite ninguna información al exterior, en tanto en cuanto no detecta un potencial de acción neuronal.

Obviamente, la implementación de esta solución preferente no debe comprometer la eficacia del procedimiento terapéutico o de la interfaz cerebro-máquina que hace uso del sistema para la adquisición y transferencia de actividad neuronal. Así, en muchas aplicaciones, como la mostrada en el documento "L. R. Hochberg, et al. Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia. *Nature*, vol. 442, p. 164, 2006," no basta con indicar la ocurrencia de un potencial de acción neuronal sino que también hay que proporcionar información relativa a la morfología espacio-temporal de los potenciales de acción con vistas a su ordenamiento y clasificación.

Los sistemas de adquisición neuronales existentes no satisfacen completamente todos los objetivos anteriores. Por ejemplo, el documento de estado de la técnica con número de aplicación US 2010/0106041 A1, con título "*Systems and methods for multichannel wireless implantable neural recording*" presenta un sistema inalámbrico para la adquisición de actividad neuronal. Sin embargo, la ausencia de elementos de pre-procesamiento para la reducción de la tasa de datos del enlace inalámbrico hace que el consumo de potencia del implante sea alto y requiera del uso de baterías lo que acorta el tiempo de vida del mismo.

El documento de estado de la técnica con número de publicación US 2013/0090706 Al y de título "Methods and associated neural prosthetic devices for bridging brain areas to improve function", también emplea detectores de potenciales de acción neuronales pero la transmisión de datos no contempla ni la descripción morfológica del potencial de acción ni la compresión por eventos, con lo que el transceptor inalámbrico permanece activo en todo momento tanto si se detectan potenciales de acción como si no. En ninguno de los casos anteriores la interfaz entre la matriz de sensores bioeléctricos y el transceptor inalámbrico es bidireccional.

Por tanto, la presente invención viene a solucionar los problemas del estado de la técnica anteriormente mencionados, proporcionando un sistema que presenta las siguientes ventajas:

1. Posee un sistema de comunicación inalámbrico que permite eliminar los cables desde la corteza cerebral al exterior del cuerpo.

2. Existen elementos de pre-procesamiento y protocolos de compresión para la reducción de la tasa de envío de datos del enlace inalámbrico lo que permite consumos ultra-bajos de potencia.
3. La interfaz entre la matriz de sensores bioeléctricos y el transceptor inalámbrico es bidireccional.
4. El transceptor inalámbrico envía aquella información que sea clínicamente relevante y permanece inactivo mientras la señal capturada no muestre indicios de interés.
5. Economía de recursos ya que todo sensor bioeléctrico permanece en estado latente y, por tanto, no transmite ninguna información al exterior, en tanto en cuanto no detecta un potencial de acción neuronal. De este modo, la actividad del sistema de adquisición y transferencia está determinada por los eventos de interés clínico capturados desde la matriz de electrodos intracraneales.
6. El mecanismo de compresión de datos basado en eventos no compromete la eficacia del procedimiento terapéutico o de la interfaz cerebro-máquina que hace uso del sistema para la adquisición y transferencia de actividad neuronal.
7. Se indica la ocurrencia de un potencial de acción neuronal y se proporciona información relativa a la morfología espacio-temporal de los potenciales de acción con vistas a su ordenamiento y clasificación.
8. Evita el uso de baterías.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal que comprende:

- una pluralidad de sensores bioeléctricos,
- un transceptor inalámbrico que comprende un transmisor y un receptor,
- un nudo de comunicaciones conectado entre la pluralidad de sensores bioeléctricos y el transceptor inalámbrico,
- una pluralidad de electrodos intracraneales, que capturan actividad neuronal, conectados a la pluralidad de sensores bioeléctricos,

- una pluralidad de unidades de calibración conectadas a la pluralidad de sensores bioeléctricos para ajustar unas características de transferencia de la pluralidad de sensores bioeléctricos, y
- un módulo de gestión de potencia y síntesis de reloj para la gestión del nudo de comunicaciones,

tal que:

- el nudo de comunicaciones está configurado para transmitir datos bidireccionalmente entre la pluralidad de sensores bioeléctricos y el transceptor inalámbrico de forma que:
    - en el sentido de transmisión de datos desde el transceptor inalámbrico hacia los sensores bioeléctricos, el nudo de comunicaciones, gestiona una configuración de parámetros, una calibración y un modo de operación de los sensores bioeléctricos y,
    - en el sentido de transmisión de datos desde los sensores bioeléctricos hacia el transceptor inalámbrico, colecta, seria y conforma información neuronal de una señal neuronal capturada por la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000).

Los sensores bioeléctricos comprenden:

- unos medios de amplificación y filtración de la señal neuronal capturada desde los electrodos intracraneales,
- unos medios de calibración automática de unos niveles máximos de tensión y una banda de frecuencia de la señal neuronal acondicionada por los medios de amplificación y filtración;
- unos medios de conversión de la señal neuronal acondicionada del dominio analógico al digital;
- unos medios de compresión de la información neuronal capturada; y
- unos medios de almacenamiento temporal de dicha información neuronal capturada.

El nudo de comunicaciones comprende:

- un procesador central que interpreta y aplica unas instrucciones recibidas desde el receptor, procesa digitalmente las señales neuronales generadas por la pluralidad de sensores bioeléctricos, y codifica la información neuronal recopilada desde la pluralidad de sensores bioeléctricos para su posterior transmisión a través del transceptor inalámbrico, y

- una pluralidad de enrutadores de señal que implementan una interfaz de datos entre la pluralidad de sensores bioeléctricos y el procesador central, donde cada enrutador de señal está asociado y conectado eléctricamente a un único sensor bioeléctrico.

El procesador central comprende:

- un módulo de codificación y decodificación para el intercambio de información con el transceptor inalámbrico;
- un módulo de recepción y clasificación de datos para la interpretación de las instrucciones recibidas desde el transceptor inalámbrico ;
- un módulo de memoria de instrucciones y parámetros para almacenar la configuración del sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal; y
- un módulo de selección, configuración y adquisición que sirve de interfaz con los enrutadores de señal que transfieren la información generada por la pluralidad de sensores bioeléctricos.

El módulo de codificación y decodificación para el intercambio de información con el transceptor inalámbrico:

- en un sentido de las comunicaciones, decodifica una señal demodulada proporcionada por el receptor y comprende:

  - un sincronizador de datos que alinea unos flancos de la señal demodulada con una señal de reloj maestra generada por el módulo de gestión de potencia y síntesis de reloj; y
  - un decodificador que convierte el formato de dicha señal demodulada a la salida del sincronizador de datos a un código binario,

- en otro sentido de las comunicaciones, codifica unos datos de salida proporcionados por el procesador central para su posterior modulación por el transmisor y comprende:

  - un convertidor paralelo-serie que seria una señal con los datos de salida tras recibir una señal de activación; y
  - un codificador que convierte la señal seriada con los datos de salida al formato de señal definido en el transmisor.

El módulo de recepción y clasificación de datos para la interpretación de las instrucciones recibidas desde el transceptor inalámbrico comprende:

- un registro de datos que almacena una trama de datos *DATA_DEC* de una instrucción recibida por el decodificador;
- un módulo de validación CRC para verificar la integridad de la trama de datos *DATA_DEC*;
- un identificador de comando que analiza el contenido del registro de datos y genera un vector digital *MODE* representativo de un modo de operación especificado en la instrucción recibida; y
- una pluralidad de máquinas de estado de recepción de datos que se habilitan selectivamente de acuerdo con un valor del vector digital *MODE*.

El módulo de memoria de instrucciones y parámetros para almacenar la configuración del sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal comprende:

- una pila de datos en la que se vuelcan, sobrescribiendo datos previos, un cualificador *QERS*, un rango de aplicación y unos parámetros de configuración, si los hubiere, identificados por las máquinas de estado de recepción de datos; y

  una memoria no volátil en donde se almacenan unos valores por defecto donde la pila de datos carga los valores almacenados por defecto en la memoria no volátil, desde donde se transfieren a la pluralidad de sensores bioeléctricos.

El módulo de selección, configuración y adquisición que sirve de interfaz con los enrutadores de señal que transfieren la información generada por la pluralidad de sensores bioeléctricos comprende:

- un módulo de selección y programación;
- una pluralidad de máquinas de estado de transmisión de datos; y
- un bloque de temporización para una generación de señales de reloj escaladas en frecuencia a partir de la señal de reloj maestra.

Los enrutadores de señal comprenden:

- un registro en el que se almacena la información neuronal proporcionada por la pluralidad de sensores bioeléctricos,
- una memoria interna en la que se organiza la información neuronal en unos vectores de longitud fija,
- un módulo de control que gestiona cada enrutador de señal, y
- un módulo para la transferencia de información que comprende un bus paralelo para transmitir ordenadamente los vectores de longitud fija a las máquinas de estado de transmisión de datos.

La pluralidad de electrodos intracraneales están seleccionados entre:

- unos electrodos electrocorticográficos sub-durales,
- unos electrodos penetrantes intracorticales,
- una sonda cerebral profunda con puntos de sensado, y
- una combinación de los anteriores.

El número de sensores bioeléctricos coincide con el número de electrodos intracraneales y con el número de enrutadores de señal.

La presente invención se refiere también a un método de adquisición y transferencia de actividad neuronal que emplea el sistema previamente definido donde:

El nudo de comunicaciones comprende:

- en el sentido de transmisión de datos desde el transceptor inalámbrico hacia la pluralidad de sensores bioeléctricos:
    - activar, dimensionar y calibrar la pluralidad de sensores bioeléctricos, de acuerdo con unas instrucciones recibidas desde el transceptor inalámbrico, para la captura y compresión de actividad neuronal,
    - corregir las desviaciones de unos circuitos analógicos de amplificación y filtrado comprendidos en los sensores bioeléctricos, y

- en el sentido de transmisión de datos desde la pluralidad de sensores bioeléctricos hacia el transceptor inalámbrico:
    - transferir los datos capturados por la pluralidad de sensores bioeléctricos al transceptor inalámbrico para monitorizar externamente la actividad neuronal mediante un lector extracraneal.

Los sensores bioeléctricos, en el sentido de transmisión de datos desde el transceptor inalámbrico hacia la pluralidad de sensores bioeléctricos comprenden dos modos de operación:

- un Modo de Configuración mediante el que se definen los parámetros de operación de los sensores bioeléctricos para capturar y comprimir la actividad neuronal, y

- un Modo de Calibración mediante el que se corrigen de forma automática las desviaciones de los medios de amplificación y filtrado comprendidos en los sensores bioeléctricos.

Los sensores bioeléctricos, en el sentido de transmisión de datos desde la pluralidad de sensores bioeléctricos hacia el transceptor inalámbrico, comprenden dos modos de operación:

- un Modo de Seguimiento de Señal: se transfiere la actividad neuronal completa, capturada y digitalizada desde la pluralidad de electrodos intracraneales ,

- un Modo de Compresión de Datos: se transfiere actividad neuronal relativa a unos potenciales de acción neuronales detectados desde la pluralidad de electrodos intracraneales, donde en dicho modo de compresión de datos, el nudo de comunicaciones comprende unos medios de procesamiento digital empotrado basado en unos eventos que examinan cíclicamente los sensores bioeléctricos, identifica aquellos sensores bioeléctricos en donde se ha constatado un potencial de acción neuronal, conforma una trama de datos por cada sensor bioeléctrico en donde se ha producido el evento, y seria las tramas de datos generadas para su posterior transmisión inalámbrica a través del transceptor inalámbrico.

Cada modo de operación comprende una trama de datos de entrada al procesador central, donde cada trama de datos comprende seis campos:

- un primer campo que define un preámbulo;
- un segundo campo que define el modo de operación de los sensores bioeléctricos;
- un tercer campo que define un rango de aplicación entre los sensores bioeléctricos;
- un cuarto campo que define un cualificador particularizado para cada modo de operación, que direcciona agrupaciones de parámetros o define variables de ejecución de los modos de operación,
- un quinto campo que define un conjunto de parámetros de configuración para los sensores bioeléctricos seleccionados por dicho rango de aplicación, y
- un sexto campo que define un código de redundancia cíclica CRC.

El procesador central:

- interpreta instrucciones recibidas desde el receptor,
- gestiona los modos de operación de la pluralidad de sensores bioeléctricos,
- ordena, procesa, formatea y envía al transceptor inalámbrico las señales neuronales transmitidas por la pluralidad de sensores bioeléctricos y transferidas al nudo de comunicaciones a través de los enrutadores de señal, y

- opera con una señal de reloj maestra proporcionada por el módulo de gestión de potencia y síntesis de reloj.

La presente invención se refiere también a un uso del sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal como cabecera de una interfaz hombre-máquina donde el sistema comprende la adquisición de unas señales provenientes de un córtex motor.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para completar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña a esta memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, un conjunto de dibujos en dónde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra el diagrama de módulos completo del sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal donde se puede observar la pluralidad de sensores bioeléctricos, el transceptor inalámbrico que comprende al transmisor y al receptor, y el nudo de comunicaciones conectado entre la pluralidad de sensores bioeléctricos y el transceptor inalámbrico.

Figura 2.- Muestra dos alternativas de realización de la matriz de electrodos intracraneales.

Figura 3.- Muestra los diferentes módulos que comprende el procesador central comprendido en el nudo de comunicaciones.

Figura 4.- Muestra las tramas de datos de entrada *DATA_DEC* interpretables por el procesador central para configurar el sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal de acuerdo con el modo de operación *MODE*.

Figura 5.- Muestra las tramas de datos de salida *SOUT* generadas por el procesador central a partir de la información proporcionada por los sensores bioeléctricos comprendidos

en el sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal de acuerdo con el modo de operación *MODE*.

Figura 6.- Muestra los diferentes módulos que comprende cada enrutador de señal utilizado para conectar los sensores bioeléctricos al procesador central en el sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal.

A continuación se proporciona una lista de los distintos elementos representados en las figuras que integran la invención:

1. Sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal.

10000. Nudo de comunicaciones.

11000. Procesador central.

11001. Módulo de codificación y decodificación.

11002. Módulo de recepción y clasificación de datos.

11003. Módulo de memoria de instrucciones y parámetros.

11004. Módulo de selección, configuración y adquisición.

11010. Sincronizador de datos.

11020. Decodificador.

11030. Registro de datos.

11031. Trama de datos de entrada *DATA_DEC* al procesador central según el modo de configuración.

11032. Trama de datos de entrada *DATA_DEC* al procesador central según el modo de calibración.

11033. Trama de datos de entrada *DATA_DEC* al procesador central según el modo de seguimiento de señal.

11034. Trama de datos de entrada *DATA_DEC* al procesador central según el modo de compresión de datos.

11040. Módulo de validación CRC.

11050. Identificador de comando.

11060. Máquinas de estado de recepción de datos.

11070. Pila de datos.

11080. Memoria no volátil.

11090. Módulo de selección y programación.

11100. Máquinas de estado de transmisión de datos.

11110. Bloque de temporización.

11120. Convertidor paralelo-serie.

11121. Trama de datos *SOUT* de salida hacia procesador según el modo de operación.

11130. Codificador.

12000. Enrutadores de señal.

12100. Registro.

12200. Memoria interna.

12300. Módulo de control.

12400. Módulo para la transferencia de información.

20000. Pluralidad de sensores bioeléctricos.

30000. Transceptor inalámbrico.

31000. Antena.

32000. Transmisor.

33000. Receptor.

40000. Bloque de gestión de potencia y síntesis de reloj.

50000. Unidades de calibración.

60000. Pluralidad de electrodos intracraneales.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

El nudo de comunicaciones (10000) objeto de la invención está comprendido en un sistema de adquisición y transferencia de actividad neuronal y sirve de pasarela de datos

bidireccional entre una pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) y un transceptor inalámbrico (30000). Tanto la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) como el transceptor inalámbrico (30000) están igualmente comprendidos en dicho sistema (1).

El propósito de dicho sistema (1) es la captura, acondicionamiento, digitalización y transmisión inalámbrica de actividad neuronal o de algunas de sus características.

En una realización preferente la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) están dispuestos de forma matricial por lo que de aquí en adelante se hablará de matriz de sensores bioeléctricos (20000).

En el sentido de transferencia de datos hacia la matriz de sensores bioeléctricos (20000), el nudo de comunicaciones (10000) selectivamente activa, dimensiona y calibra los sensores bioeléctricos (20000), de acuerdo con las instrucciones recibidas desde el transceptor inalámbrico (30000).

En el sentido de transferencia de datos hacia el transceptor inalámbrico (30000), el nudo de comunicaciones (10000) transfiere los datos capturados por la matriz de sensores bioeléctricos (20000) a un lector extracraneal, situado en el entorno del paciente dentro de la cobertura del transceptor inalámbrico (30000), que decodifica la señal radiada por el transceptor inalámbrico (30000) y, que actúa como pasarela de datos entre el sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal y cualquier medio de almacenamiento, visualización, cómputo o comunicación dedicado para el análisis de la actividad neuronal capturada.

La presente invención no impone ninguna restricción funcional o arquitectural ni sobre la matriz de sensores bioeléctricos (20000) ni sobre el transceptor inalámbrico (30000). En particular, el nudo de comunicaciones (10000) es fácilmente escalable con el número de sensores bioeléctricos (20000) comprendidos en dicha matriz.

Adicionalmente, el nudo de comunicaciones (10000) ofrece dos modos de transmisión:

- Modo de seguimiento de señal: se transfiere la actividad neuronal completa, capturada y digitalizada desde una selección de sensores bioeléctricos (20000) de entre la pluralidad comprendida en la matriz de sensores bioeléctricos (20000);
- Modo de compresión de datos: se transfiere información relativa a potenciales de acción neuronales detectados y caracterizados por los sensores bioeléctricos (20000).

En el caso de transmisión en modo de compresión de datos, el nudo de comunicaciones (10000) comprende unos medios de procesamiento digital empotrado basado en eventos que examina cíclicamente la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000), identifica aquellos sensores bioeléctricos (20000) en donde se ha constatado un potencial de acción neuronal, conforma una trama de datos por cada sensor bioeléctrico (20000) en donde se ha producido un evento, y seria las tramas de datos generadas para su posterior transmisión inalámbrica.

La revisión cíclica de los sensores bioeléctricos (20000), realizada por el nudo de comunicaciones (10000), tiene una base de tiempos muy inferior a la razón de generación de potenciales de acción en neuronas biológicas.

La combinación del modo de compresión de datos junto con el procesamiento basado en eventos disminuye sensiblemente el volumen de información proporcionado por el sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, lo que repercute directamente en un ahorro sustancial en el consumo de potencia.

El nudo de comunicaciones (10000) se integra en un substrato compartido por la matriz de sensores bioeléctricos (20000) y el transceptor inalámbrico (30000) constituyendo una solución monolítica inseparable. Por lo tanto, el substrato que integra al sistema (1) de adquisición y transferencia: matriz de sensores bioeléctricos (20000), nudo de comunicaciones (10000) y transceptor inalámbrico (30000), es de pocos milímetros, lo que facilita su implantación en el cerebro.

El sustrato está fabricado de un material seleccionado entre: silicio, orgánico, silicio sobre aislante, silicio-germanio, fosfuro de indio y arseniuro de galio. Preferentemente, con vistas a

reducir el coste de fabricación del nudo de comunicaciones (10000), se usa substrato de silicio.

La figura 1 muestra el diagrama funcional del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal en el que se observa el nudo de comunicaciones (10000) objeto de la presente invención donde el sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal comprende:

- una pluralidad de sensores bioeléctricos (20000),
- un transceptor inalámbrico (30000) que comprende un transmisor (32000) y un receptor (33000),
- un nudo de comunicaciones (10000) conectado entre la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) y el transceptor inalámbrico (30000),
- una pluralidad de electrodos intracraneales (60000), que capturan actividad neuronal, conectados a la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000),
- una pluralidad de unidades de calibración (50000) conectadas a la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) para ajustar unas características de transferencia de la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000), y
- un módulo de gestión de potencia y síntesis de reloj (40000) para la gestión del nudo de comunicaciones (10000).

En una realización preferente la pluralidad de electrodos intracraneales (60000) están dispuestos de forma matricial por lo que de aquí en adelante se hablará de matriz de electrodos intracraneales (60000).

La matriz de electrodos intracraneales (60000) puede estar seleccionada entre:

- una malla electrocorticográfica sub-dural (ECOG),
- una formación de electrodos penetrantes intracorticales (matriz intracortical), y
- una sonda cerebral profunda con múltiples puntos de sensado.

Tal y como se comentó anteriormente, el número de sensores bioeléctricos (20000) están distribuidos preferentemente de forma matricial para reducir el consumo de área del sistema

(1) y coincide con el número de electrodos intracraneales (60000), comprendidos en la matriz de electrodos intracraneales (60000), esto es, *N* electrodos.

No obstante, podría existir la posibilidad de que una pluralidad de microelectrodos esté multiplexada sobre un mismo sensor bioeléctrico (20000) y que la disposición de los sensores bioeléctricos (20000) no fuese de forma matricial.

Cada sensor bioeléctrico (20000) está identificado por un código numérico *ID_CELL* que lo distingue del resto.

El nudo de comunicaciones (10000) comprende:

- un procesador central (11000) que:
  interpreta y aplica los comandos recibidos desde el transceptor inalámbrico (30000), procesa digitalmente las señales generadas por la matriz de sensores bioeléctricos (20000), y codifica la información recopilada desde dichos sensores bioeléctricos (20000) para su posterior transmisión a través del transceptor inalámbrico (30000), y

- unos enrutadores de señal (12000) que:
  implementan la interfaz de datos entre la matriz de sensores bioeléctricos (20000) y el procesador central (11000).

Hay tantos enrutadores de señal (12000) como sensores bioeléctricos (20000). Cada enrutador de señal (12000) está asociado y, por tanto, conectado eléctricamente, a un único sensor bioeléctrico (20000).

El conjunto de *N* sensores bioeléctricos (20000) son estructuralmente idénticos entre sí y cada sensor bioeléctrico (20000) comprende:

- unos medios para amplificar y filtrar la señal neuronal capturada desde la matriz de electrodos intracraneales (60000),
- unos medios para calibrar de forma automática los niveles máximos de tensión y la banda de frecuencia de la señal acondicionada por los referidos medios de amplificación y filtrado;

- unos medios para convertir la señal neuronal acondicionada del dominio analógico al digital;
- unos medios para comprimir la información capturada; y
- unos medios para almacenar temporalmente la citada información.

De acuerdo con estos medios, los sensores bioeléctricos (20000) pueden ofrecer distintos modos de operación *MODE*.

El flujo de información desde el nudo de comunicaciones (10000) a los sensores bioeléctricos (20000) se realiza a través de un vector digital *SEL* y una trama de datos *CONF*. El vector digital *SEL* se usa para activar un subconjunto de sensores bioeléctricos (20000). Caso de no ser direccionado por el vector digital *SEL*, el sensor bioeléctrico (20000) permanece inactivo con vistas a reducir el consumo de potencia del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal. Por otro lado, la trama de datos *CONF* permite cargar serialmente los parámetros de operación de los diferentes medios comprendidos en aquellos sensores bioeléctricos (20000) direccionados por el vector digital *SEL*.

Adicionalmente, el flujo de información desde cada sensor bioeléctríco (20000), previamente direccionado por el vector digital *SEL*, y el nudo de comunicaciones (10000) se realiza a través de una trama de datos *DCELL* y una señal lógica *DRDY*. La trama de datos *DCELL* constituye la salida serial proporcionada por dicho sensor bioeléctrico (20000). La estructura de la trama de datos *DCELL* depende de la trama de datos de configuración *CONF* previamente cargada, en consonancia con el modo de operación seleccionado. La señal lógica *DRDY* es una señal de control que habilita la transferencia de la trama de datos *DCELL* al enrutador de señal (12000), asociado con dicho sensor bioeléctrico (20000). Una vez concluida la transferencia de la trama de datos *DCELL*, la señal de lógica *DRDY* se desactiva.

Los medios de compresión de datos implementados en los sensores bioeléctricos (20000) contemplan la detección en tiempo real de potenciales de acción neuronales y la caracterización de la morfología tiempo-tensión de dichos potenciales de acción, aunque podrían realizarse con cualquier otro mecanismo de compresión de datos. Normalmente la

actividad neuronal capturada y digitalizada se transfiere a un procesador donde se comprimen los datos y no en los sensores bioeléctricos (20000), de forma que el tráfico de información aumenta y, por tanto, el consumo de potencia.

El transceptor inalámbrico (30000) comprende unos medios necesarios para establecer un enlace por radio de corto alcance con el lector extracraneal.

En el sentido de transmisión de datos, dicho transceptor inalámbrico (30000) comprende:

- una antena (31000) o, en general, cualquier dispositivo diseñado para enviar mediante ondas electromagnéticas la información recopilada por el sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, y;
- un transmisor (32000) para definir el tipo de modulación, la tasa de datos, la potencia radiada y, en general, todos aquellos parámetros necesarios para emitir de forma inalámbrica la trama codificada de datos *DATA_ENC* proporcionada por el nudo de comunicaciones (10000). En una realización preferente, dicha trama codificada de datos *DATA_ENC* se transfiere mediante una conexión serie.

En el sentido de recepción de datos, dicho transceptor inalámbrico (30000) comprende:

- una antena (31000), preferentemente la misma empleada en el camino de transmisión, destinada a recibir las señales provenientes del lector extracraneal, y;
- un receptor (33000) para demodular las señales provenientes de dicha antena (31000) con objeto de extraer la trama codificada de datos *DATA_DEM* interpretable por el nudo de comunicaciones (10000) y necesaria para configurar correctamente el sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal en su conjunto.

Tanto en el camino de transmisión como en el de recepción, las señales electromagnéticas emitidas usan protocolos de comunicación compartidos por el nudo de comunicaciones (10000) y el transceptor inalámbrico (30000).

El procesador central (11000) es una unidad de procesamiento en donde:

- se interpretan los comandos recibidos desde el receptor (33000) del transceptor inalámbrico (30000);

- se gestionan los modos de operación *MODE* de la matriz de sensores bioeléctricos (20000); y
- se ordenan, procesan, formatean y envían al transceptor inalámbrico (30000) las señales representativas de la actividad neuronal, dicha actividad adquirida por los sensores bioeléctricos (20000) y transferida al nudo de comunicaciones (10000) a través de los enrutadores de señal (12000).

  Salvo que se indique expresamente lo contrario, el procesador central (11000) opera con la señal de reloj maestra *CLK* proporcionada por el módulo de gestión de potencia y síntesis de reloj (40000).

Los comandos interpretables por el procesador central (11000) pertenecen a una de cuatro categorías, cada una de dichas categorías vinculada a un modo de operación *MODE* de los sensores bioeléctricos (20000) y, por extensión, del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal en su conjunto.

En el caso más general, cada una de dichas categorías puede contemplar más de un comando interpretable. La distinción entre comandos vinculados a una misma categoría se establece mediante cualificadores incluidos en dichos comandos.

Los sensores bioeléctricos (20000), al ser eléctricamente programables desde el exterior, permiten modificar su configuración ofreciendo los distintos modos de operación *MODE.*

Los modos de operación *MODE*, representativos de las categorías de comandos interpretables, son:

1. Modo de Configuración (*MODE* = '0 0') mediante el que se definen los parámetros de operación de los sensores bioeléctricos (20000) con vistas a la captura y compresión de actividad eléctrica neuronal. Como se verá más adelante, de acuerdo con la presente invención, el procesador central (11000) dispone de una configuración de parámetros por defecto almacenada en una memoria no-volátil (11080) que se precarga con la puesta en funcionamiento del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal. Ello permite reducir potencialmente el número de comandos necesarios para configurar los sensores bioeléctricos (20000). La

distinción entre los diferentes comandos vinculados al Modo de Configuración se establece mediante unos cualificadores *CF_Q* incluidos en dichos comandos. De acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención, una vez concluida la carga de parámetros en el sensor bioeléctrico (20000), dicho sensor bioeléctrico (20000), responde con un código de confirmación *CONFIRM* que se transfiere a través de la trama de datos *DCELL*.

2. Modo de Calibración (*MODE* = '0 1') mediante el que se corrigen de forma autónoma las desviaciones de los circuitos analógicos de amplificación y filtrado comprendidos en los sensores bioeléctricos (20000). Unos parámetros de ajuste *CAL_PAR* vinculados al Modo de Calibración se especifican en comandos interpretables del Modo de Configuración y en comandos interpretables del propio Modo de Calibración. En el caso más general, el Modo de Calibración puede contemplar diferentes variantes de ejecución. Dichas variantes se especifican mediante cualificadores *CAL_Q* incluidos en los comandos interpretables del Modo de Calibración. Dependiendo de dichas variantes, puede ser necesaria la participación de unidades de calibración (50000), activadas desde los sensores bioeléctricos (20000). A modo de ejemplo, dichas unidades de calibración (50000) pueden consistir en referencias temporales proporcionadas por un sintetizador de frecuencias. De acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención, una vez concluida la calibración de la característica de transferencia del sensor bioeléctrico (20000), dicho sensor bioeléctrico (20000), responde con un código de confirmación *CONFIRM* que se transfiere a través de la trama de datos *DCELL*. En otro posible ejemplo de la presente invención, el sensor bioeléctrico (20000) responde con el valor final de los parámetros ajustados tras concluir el proceso de calibración.

3. Modo de Seguimiento de Señal (*MODE* = '1 0') mediante el que se adquiere, acondiciona, filtra y digitaliza la actividad cerebral capturada desde los electrodos intracraneales (60000). En este modo de operación, la trama de datos *DCELL* del sensor bioeléctrico (20000), está formada por una secuencia de vectores digitales *TR_DATA* representativos de la señal neuronal capturada. Unos parámetros *TR_PAR* ligados a las operaciones de acondicionamiento y filtrado pueden venir

especificados, bien mediante comandos interpretables del Modo de Configuración, o bien como resultado de la aplicación de comandos en Modo de Calibración. En el caso más general, el Modo de Seguimiento de Señal puede contemplar diferentes variantes de ejecución. Dichas variantes se especifican mediante cualificadores *TR_Q* incluidos en los comandos interpretables del Modo de Seguimiento de Señal.

4. Modo de Compresión de Datos (*MODE* = '1 1') mediante el que se extraen y procesan algunas de las características de la actividad cerebral capturada desde los electrodos intracraneales (60000) con vistas a reducir el ancho de banda de la señal transmitida hacia el transceptor inalámbrico (30000). Los parámetros *CMP_PAR* vinculados al Modo de Compresión de Datos se especifican mediante comandos interpretables del Modo de Configuración. En el caso más general, el Modo de Compresión de Datos puede contemplar diferentes variantes de ejecución. Dichas variantes se especifican mediante cualificadores *CMP_Q* incluidos en los comandos interpretables del Modo de Compresión de Datos. A modo de ejemplo, las técnicas de compresión de datos aplicables para la caracterización de la morfología tiempo-tensión de potenciales de acción neuronales pueden usar estrategias de aproximación con funciones base, extracción de componentes principales PCA "Principal Component Analysis", cálculo de parámetros de un filtrado Hanning, o la conformación con ondas modelo "wavelet analysis". En un caso genérico, la caracterización de los potenciales de acción neuronales comprende *K* vectores digitales FE_DATA_y, donde $y = 1 \cdots K$. Una vez concluida la caracterización del potencial de acción detectado, la trama de datos *DCELL* del sensor bioeléctrico (20000) comprende la concatenación de dichos vectores digitales FE_DATA_y. Nótese que mientras no se produce la detección y caracterización de un potencial de acción neuronal, la señal lógica *DRDY* está en estado lógico bajo y la salida de datos del sensor bioeléctrico (20000) permanece inactiva.

La figura 3 muestra la distribución de módulos del procesador central (11000) comprendido en el nudo de comunicaciones (10000).

1. **Módulo de codificación y decodificación (11001).**

El módulo de codificación y decodificación (11001) comprende unos medios que permiten el intercambio de información con el transceptor inalámbrico (30000).

En un sentido de las comunicaciones, el módulo de codificación y decodificación (11001) comprende unos medios para decodificar la trama codificada de datos *DATA_DEM* proporcionada por el receptor (33000) comprendido en el transceptor inalámbrico (30000). Dichos medios comprenden:

- un sincronizador de datos (11010) que alinea los flancos de la trama codificada de datos *DATA_DEM* con la señal de reloj maestra *CLK,* proporcionada por el módulo de gestión de potencia y síntesis de reloj (40000), y genera una trama codificada de datos *DATA_IN*; y
- un decodificador (11020) que convierte el formato de la trama codificada de datos *DATA_IN* a una trama de datos *DATA_DEC*.

En una posible configuración, el formato de la trama codificada de datos *DATA_IN* puede ser, por ejemplo, de tipo PIE (Pulse Interval encoding).

En otro sentido de las comunicaciones, el módulo de codificación y decodificación (11001) comprende unos medios para codificar una trama de datos *DOUT* proporcionada por el procesador central (11000), con vistas a su posterior modulación por el transmisor (32000) comprendido en el transceptor inalámbrico (30000). Dichos medios comprenden:

- un convertidor paralelo-serie (11120) que seria la trama de datos *DOUT* a instancias de una señal lógica de activación *LOAD* y genera una trama de datos *SOUT*; y
- un codificador (11130) que convierte el código binario de la trama de datos *SOUT* al formato de señal definido en el transmisor (32000).

En una posible configuración, el formato de la trama codificada de datos de salida *DATA_enc* del codificador (11130) puede ser de tipo Manchester.

2. **Módulo de recepción y clasificación de datos (11002).**

El módulo de recepción y clasificación de datos (11002) comprende unos medios que permiten la interpretación de las instrucciones recibidas desde el transceptor inalámbrico (30000). Dichos medios comprenden:

- un registro de datos (11030) que almacena la trama de datos *DATA_DEC* de la instrucción recibida de dicho código proporcionado por el decodificador (11020);
- un módulo de validación CRC (Cyclic redundancy check) (11040) para verificar la integridad de dicha trama de datos *DATA_DEC*;
- un identificador de comando (11050) que analiza el contenido de dicho registro de datos (11030) y genera un vector digital *MODE* representativo del modo de operación especificado en la instrucción recibida; y
- una pluralidad de máquinas de estado (11060) para la recepción de datos que se habilitan selectivamente de acuerdo con el valor del vector digital *MODE*.

En una posible implementación, la validación CRC podría consistir en el recuento y comprobación del número de bits con un determinado valor lógico dentro de una trama de datos *DATA_DEC*.

La figura 4 muestra las tramas de datos *DATA_DEC* de las instrucciones reconocibles por el nudo de comunicaciones (10000) donde las tramas de datos *DATA_DEC* aparecen agrupadas según el modo de operación *MODE que son*:

- tramas de datos *DATA_DEC* de entrada al procesador central según el modo de Configuración (11031),
- tramas de datos *DATA_DEC* de entrada al procesador central según el modo de Calibración (11032),
- tramas de datos *DATA_DEC* de entrada al procesador central según el modo de Seguimiento de Señal (11033), y
- tramas de datos *DATA_DEC* de entrada al procesador central según el modo Compresión de Datos (11034).

Como se puede observar en la figura 4, en el caso más general, dichas tramas de datos comprenden unos vectores digitales vinculados a seis campos:

- un preámbulo;
- el modo de operación *MODE* definido para los sensores bioeléctricos (20000);

- un parámetro rango de aplicación de dicha instrucción entre los sensores bioeléctricos (20000);
- un cualificador *QERS* de la instrucción asociada a la trama de datos *DATA_DEC* (dependiendo del modo de operación, dicho cualificador se particulariza como *CF_Q*, *CAL_Q*, *TR_Q* o *CMP_Q*);
- un conjunto de parámetros de configuración *PARAMS* para los sensores bioeléctricos (20000) seleccionados por dicho rango de aplicación, y
- un código de redundancia cíclica CRC.

En la trama de datos *DATA_DEC* de entrada al procesador central (11000) según el modo de Calibración (11032) el parámetro Rango solo contempla selección por columnas o por canales individuales.
En la trama de datos *DATA_DEC* de entrada al procesador central (11000) según el modo de Seguimiento de Señal (11033), el parámetro Rango solo contempla selección por columnas o por filas. Además el cualificador *TR_Q* se selecciona entre dos valores, 0 para la lectura de la selección y 1 para el barrido desde la selección.
En la trama de datos *DATA_DEC* de entrada al procesador central (11000) según el modo Compresión de Datos (11034) el cualificador *TR_Q* se selecciona entre dos valores, 0 para la tensión de umbral fija y 1 para la tensión de umbral adaptativa.

Nótese que los cualificadores *QERS* pueden, en unos casos, direccionar agrupaciones de parámetros tal como se ejemplifica en la trama de datos *DATA_DEC* según el modo de Configuración (11031) o, en otros casos, definir opciones de operación tal como se muestra en las tramas de datos *DATA_DEC* según el modo de Seguimiento de Señal (11033), y tramas según el modo Compresión de Datos (11034).

Obsérvese también que, en el caso más general, el rango de aplicación puede direccionar un único sensor bioeléctrico (20000), identificado por el código *ID_CELL*, una fila o una columna de la matriz de sensores bioeléctricos (20000), identificadas, respectivamente por los código *ID_ROW e ID_COL*, o la matriz de sensores bioeléctricos (20000). Sin embargo, dependiendo del modo de operación, no todos

los rangos de aplicación están permitidos. Por ejemplo, si como ilustra la figura 1, las unidades de calibración (50000) se comparten por filas de sensores bioeléctricos (20000), la ejecución del Modo de Calibración sólo se podría realizar por columnas o por sensor individual. En otro ejemplo, también se podría restringir el rango de aplicación del Modo de Seguimiento de Señal a un número limitado de sensores bioeléctricos (20000) (por ejemplo, aquellos pertenecientes a una fila o columna de la matriz de sensores bioeléctricos (20000)), con vistas a que la tasa de datos de salida del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal no supere un valor dado.

Igualmente nótese que no todas las tramas de datos *DATA_DEC* deben comprender parámetros *PARAMS*. De hecho, de acuerdo con esta posible realización de la presente invención, solo las tramas de datos *DATA_DEC* de los modos de operación de Configuración (11031) y Calibración (11032) incluyen dichos parámetros. Así pues, de acuerdo con este ejemplo de realización, no existen parámetros *PARAMS* para los modos de operación ligados a la transmisión de información, esto es, Seguimiento de Señal y Compresión de Datos.

Existen tantas máquinas de estado de recepción (11060) como posibles modos de operación. Sólo la máquina de estado de recepción (11060) que es direccionada por el vector digital *MODE* permanece activa; el resto se deshabilita con vistas a reducir el consumo de potencia del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal. El propósito de dichas máquinas de estado de recepción (11060) es identificar el cualificador *QERS* del comando, el rango de aplicación y los parámetros de configuración *PARAMS*, si los hubiere, en los correspondientes campos de la instrucción recibida. En la figura 3, la trama de datos *INST* aglutina la información de dichos campos.

3. **Módulo de memoria de instrucciones y parámetros (11003).**

El módulo de memoria de instrucciones y parámetros (11003) comprende unos medios que almacenan en todo momento la configuración del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal. Dicho módulo de memoria de instrucciones y parámetros (11003) comprende:

- una pila de datos (11070) en la que se vuelcan, sobrescribiendo datos previos, el cualificador *QERS*, el rango de aplicación y los parámetros de configuración, si los hubiere, identificados por las máquinas de estado de recepción de datos (11060); y
- una memoria no volátil (11080) en donde se almacenan valores por defecto.

Con la puesta en funcionamiento del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, la pila de datos (11070) carga los valores almacenados en dicha memoria no volátil (11080), desde donde se transfieren a la matriz de sensores bioeléctricos (20000), usando un módulo de selección, configuración y adquisición (11004). Así mismo, mediante un comando del Modo de Configuración con cualificador *CF_Q* = '1 1 1' es posible recargar el contenido de la pila de datos (11070) en la matriz de sensores bioeléctricos (20000).

Las máquinas de estado de recepción de datos (11060) conforman la trama de datos *OPT* y el vector digital *SELECT* a partir de la trama de datos *INST*. La trama de datos *OPT* de opciones de operación comprende el cualificador *QERS* del comando recibido y los parámetros de configuración *PARAMS*, si los hubiere, implicados en la ejecución de dicha trama de datos *INST*.

El vector digital *SELECT* designa un conjunto de canales de sensado implicados en la aplicación del comando recibido. Dicho vector digital *SELECT* usa el mismo formato de señal que el campo de rango de aplicación comprendido en la trama de datos *INST*. De acuerdo con esta realización, el vector digital *SELECT* puede identificar sensores bioeléctricos (20000) individuales, filas o columnas de sensores, o la totalidad de sensores bioeléctricos (20000).

La transmisión de la trama de datos *OPT* y el vector digital *SELECT* al módulo de selección, configuración y adquisición (11004), se realiza mediante conexiones serie habilitadas por unas señales lógicas de activación, *OPT_RDY* y *SEL_RDY* (no mostradas en la figura 3 por simplicidad).

4. Módulo de selección, configuración y adquisición (11004).

El módulo de selección, configuración y adquisición (11004) comprende unos medios que sirven de interfaz con los enrutadores de señal (12000) que transfieren la información generada por los sensores bioeléctricos (20000).

Dichos medios comprenden:

- un módulo de selección y programación (11090);
- una pluralidad de máquinas de estado de transmisión de datos (11100); y
- un módulo de temporización (11110) para la generación de señales de reloj escaladas en frecuencia a partir de la señal de reloj maestra *CLK*.

En un caso general, el módulo de temporización (11130) proporciona señales de reloj específicas para los enrutadores de señal (12000) (señal *CLKR* con frecuencia *FTR*), para los sensores bioeléctricos (20000) (señal *CLKC* con frecuencia *FTC*) y para las unidades de calibración (50000) (señal *CLKD* con frecuencia *FTD*).

El módulo de selección y programación (11090) verifica que el código de redundancia cíclica de la instrucción recibida es correcto; toma como entradas la trama de datos *OPT* y el vector digital *SELECT* generadas por las máquinas de estado de recepción de datos (11060) y habilitadas por las señales lógicas de activación *OPT_RDY* y *SEL_RDY*; y genera una trama de datos *CONF*, un vector digital *SEL* y una señal lógica *TXON* conducentes a definir el estado de la pluralidad de enrutadores de señal (12000), la matriz de sensores bioeléctricos (20000) y las unidades de calibración (50000).
La trama de datos *CONF* está formada por la concatenación del modo de operación *MODE* del comando recibido y las opciones de operación definidas en la trama de datos *OPT* (cualificador *QERS* y parámetros de configuración *PARAMS*, si los hubiere), excluyendo aquellas opciones relacionadas con la secuenciación del comando entre los sensores de la matriz de sensores bioeléctricos (20000). Así, por ejemplo, en el Modo de Seguimiento de Señal, la trama de datos *CONF* no contiene cualificador *TR_Q*, puesto que dicho cualificador, de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención, controla el barrido de lecturas dentro de la matriz de sensores bioeléctricos (20000). En otras palabras, la trama de datos *CONF* sólo contiene información pertinente a nivel de sensor bioeléctrico (20000) individual, independientemente, de si dicha trama de datos *CONF* se transfiere a más de un sensor bioeléctrico (20000).

Una vez construido dicha trama de datos *CONF*, el módulo de selección y programación (11090) pone en valor lógico alto la señal lógica *TXON* para activar la pluralidad de máquinas de estado de transmisión de datos (11100). Con la puesta en alto de dicha señal lógica *TXON*, la trama de datos *CONF* se transfiere mediante una conexión serie a los sensores bioeléctricos (20000) direccionados por el vector digital *SELECT*. La tasa de transmisión es *FTC*, esto es, la frecuencia de la señal de reloj *CLKC*. Dicha transmisión está habilitada por una señal lógica de activación, *CONF_RDY* (no mostrada en las figuras 1 y 3 por simplicidad).

Una vez concluida la transmisión de la trama de datos *CONF*, el vector digital *SEL* activa aquellos enrutadores de señal (12000) y sensores bioeléctricos (20000) seleccionados para ejecutar las instrucciones recibidas. En un caso general, el vector digital *SEL* puede variar a lo largo de la aplicación de un comando, a diferencia de lo que ocurre con el vector digital *SELECT* que permanece inalterado. Por ejemplo, en una posible realización de la presente invención cuando el comando recibido está vinculado al Modo de Seguimiento de Señal y el cualificador de comando *TR_Q* está en estado lógico alto, la aplicación de dicha instrucción determina el barrido por filas o columnas de la matriz de sensores bioeléctricos (20000). En este caso, el vector digital *SEL* varía cíclicamente de forma que, en todo momento, sólo hay activa una fila o columna de dicha matriz de sensores bioeléctricos (20000). Por el contrario, el vector digital *SELECT* permanece estático durante la ejecución del comando y solo direcciona la fila o columna desde donde comienza el barrido. En este caso, la trama de datos *CONF* se transfiere a la matriz de sensores bioeléctricos (20000).

En una configuración preferente, la activación de sensores bioeléctricos (20000) realizada por el vector digital *SEL* se implementa mediante decodificadores de filas y columnas dispuestos en la periferia de la matriz de dichos sensores bioeléctricos (20000).

La pluralidad de máquinas de estado de transmisión de datos (11100) recibe como entradas el vector digital *MODE* representativo del modo de operación, el vector digital *SEL* que indica los enrutadores de señal (12000) y sensores bioeléctricos (20000) activos, y la señal lógica *TXON* generada por el módulo de selección y programación (11090). De acuerdo con la presente invención existen tantas máquinas de estado de transmisión de datos (11100) como posibles modos de operación. Sólo aquella máquina de estado de transmisión de datos (11100) que es

direccionada por el vector digital *MODE* permanece activa; el resto se deshabilita con vistas a reducir el consumo de potencia del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal. El propósito de dichas máquinas de estado de transmisión de datos (11100) es el de leer, procesar y enviar a los medios de codificación (11001), los vectores digitales *DATA* almacenados en los enrutadores de señal (12000) direccionados por el vector digital *SEL*. La señal lógica *RDY* proporcionada por dichos enrutadores de señal (12000), cuando toma un valor lógico alto, indica que dichos vectores digitales *DATA* están listos para lectura. En caso contrario, un valor lógico bajo de la señal lógica *RDY* indica que el enrutador de señal (12000) está, o bien, en fase de construcción de los vectores digitales *DATA*, o bien, en fase de espera de recibir información desde el sensor bioeléctrico asociado.

El procedimiento de lectura de los vectores digitales *DATA* por parte de aquella máquina de estado para la transmisión de datos (11100) habilitada por el vector digital *MODE* se realiza por medio de un puntero *READ* que recorre cíclicamente los enrutadores de señal (12000) direccionados por el vector digital *SEL*. Si el puntero *READ* direcciona el enrutador de señal (12000) con la señal lógica *RDY* en estado lógico bajo, la máquina de estado de transmisión de datos (11100) cambia el valor de dicho puntero *READ* a la dirección del siguiente enrutador de señal (12000) dentro del conjunto de enrutadores de señal (12000) habilitados por el vector digital *SEL*. En este caso, no se realiza transferencia de datos. Por el contrario, si la señal lógica *RDY* del enrutador de señal (12000) direccionado por el puntero *READ* está en estado lógico alto, los vectores digitales *DATA* son transferidos a la máquina de estado de transmisión de datos (11100) y, cuando finaliza la lectura, dicha máquina de transmisión de datos (11100) envía un pulso *PDW* al enrutador de señal (12000) para que este cambie la señal lógica *RDY* al estado lógico bajo y cambia el valor del puntero *READ* a la dirección del siguiente enrutador de señal (12000) dentro del conjunto de enrutadores de señal (12000) habilitados por el vector digital *SEL*. De acuerdo con la presente invención, la base de tiempos para la lectura de los vectores digitales *DATA* proporcionados por los enrutadores de señal (12000) (dicha base de tiempos marcada por la señal de reloj *CLKR*) es muy inferior a la tasa de generación de dichos datos (dicha tasa marcada por la frecuencia *FTC* de la señal de reloj *CLKC*).

Una vez realizada la lectura de los vectores digitales *DATA*, la máquina de estado de transmisión de datos (11100) habilitada por el vector digital *MODE* valida la información capturada, potencialmente combina los vectores *DATA* de diferentes sensores bioeléctricos (20000), y almacena el conjunto en tramas de datos *DOUT.* Cuando dichas tramas digitales están formadas, la máquina de estado de transmisión de datos (11100) envía un pulso *LOAD* que habilita la transferencia de *DOUT* al convertidor paralelo-serie (11120) comprendido en el módulo de codificación y decodificación (11001). Junto con la trama de datos *DOUT*, la trama de datos *SOUT,* resultado de la seriación, incluye un preámbulo en la cabecera y un código de redundancia cíclica al final de dicha trama.

En una posible realización de la presente invención ilustrada en la figura 3, dicho pulso *LOAD* también se transfiere al módulo de selección y programación (11090) para que, en el caso de que el comando recibido esté vinculado al Modo de Seguimiento de Señal y el cualificador de comando *TR_Q* esté en estado lógico alto, el vector digital *SEL* direccione la siguiente posición en el barrido por filas o columnas de los sensores bioeléctricos (20000).

La figura 5 muestra la estructura de la trama de datos *SOUT* a la salida del convertidor paralelo-serie (11120), de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención. Sólo en el caso de operación en el Modo de Seguimiento de Señal se produce la combinación de vectores digitales *DATA* procedentes de diferentes de sensores bioeléctricos (20000) concretamente de aquellos sensores bioeléctricos (20000); en la fila o columna direccionada por el vector digital *SEL*. Dichos vectores digitales *DATA* se han denotado como TR_DATA_x, donde $x = 1 \cdots F$, siendo *F* el número de sensores bioeléctricos (20000) comprendidos en dicha fila o columna. En este caso, el identificador *ID_CELL* hace referencia al primer sensor bioeléctrico (20000) en la fila o columna seleccionada. En el resto de modos de operación, la información procede de un único sensor bioeléctrico (20000) de entre la matriz de sensores bioeléctricos (20000). Así, los *vectores digitales* FE_DATA_y, donde $y = 1 \cdots K$, representan los valores representativos de la compresión de datos realizada por el sensor bioeléctrico (20000) identificado por el código *ID_CELL*. También, de acuerdo con este ejemplo de realización, los vectores digitales *DATA*

correspondientes a los modos de Configuración y Calibración consisten en un código de confirmación *CONFIRM* que indica la finalización de las respectivas operaciones.

La figura 6 muestra la estructura de un enrutador de señal (12000) comprendido en el nudo de comunicaciones (10000). Dicho enrutador de señal (12000) comprende:

- un registro (12100) en el que se almacena, a instancias de la señal lógica de escritura *DRDY*, la trama de datos *DCELL* proporcionada por el sensor bioeléctrico (20000) asociado a dicho enrutador de señal (12000);
- una memoria interna (12200) en la que se organiza dicha información en vectores digitales *DATA* de longitud fija;
- un módulo de control (12300) que gestiona la operación del enrutador de señal (12000); y
- un módulo para la transferencia de información (12400) que emplea un bus paralelo para la transmisión ordenada de los vectores digitales *DATA* a las máquinas de estado de transmisión de datos (11100) comprendidas en el procesador central (11000).

El enrutador de señal (12000) permanece en estado activo en tanto esté direccionado por el vector digital *SEL* generado por el módulo de selección y programación (11090) comprendido en dicho procesador central (11000). Si no es así, el enrutador de señal (12000) se mantiene inactivo para así reducir el consumo de potencia del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal. La señal de reloj que controla el funcionamiento del módulo para la transferencia de información (12400) es *CLKR*, dicha señal proporcionada por el módulo de temporización (11110) comprendido en el referido procesador central (11000). El resto de módulos en el enrutador de señal (12000) opera con una señal de reloj *CLKC*.

A partir del momento en que la trama de datos *DCELL* proporcionada por el sensor bioeléctrico (20000) asociado al enrutador de señal (12000) está completamente almacenada en el registro (12100) y la señal lógica *DRDY* pasa a estado lógico bajo, el módulo de control (12300) identifica el modo de operación *MODE* del comando recibido y establece un protocolo de carga de la memoria interna (12200). Según

dicho protocolo, el módulo de control (12300) extrae del registro (12100) cada uno de los parámetros o variables contenidos en dicha trama de datos *DCELL*, y los almacena a través de la conexión paralelo *FILL* en la posición *POS* de dicha memoria interna (12200), dicha posición específica para cada parámetro o variable de acuerdo con el modo de operación identificado. Independientemente, del contenido específico de la trama de datos *DCELL*, la primera posición de la memoria interna (12200) está cargada con el valor del vector digital *MODE* y la identificación del sensor bioeléctrico *ID_CELL* dentro de la matriz de *N* sensores bioeléctricos (20000). Cuando el contenido de la trama de datos *DCELL* se ha volcado por completo en la memoria interna (12200), el módulo de control (12300) pone en alto la señal lógica *RDY* para, de este modo, habilitar la transferencia de vectores digitales *DATA* a través del módulo para la transferencia de información (12400) en cuanto el puntero *READ* generado por la máquina de estado de transmisión de datos (11100) direccione al enrutador de señal (12000). Tal como se mencionó con anterioridad, cuando se completa la transferencia de datos dicha máquina de estado de transmisión de datos (11100) envía un pulso *PDW* al enrutador de señal (12000) para que este cambie la señal lógica *RDY* al estado lógico bajo.

Los vectores digitales *DATA*, una vez seleccionados por la máquina de estado de transmisión de datos (11100), combinados en una trama de datos *DOUT* y concatenados por el convertidor paralelo-serie (11120) comprendido en el módulo de codificación y decodificación (11001), forman la trama de datos *SOUT* para su posterior codificación por el codificador (11130).

La conexión tanto de las señales lógicas *RDY* y *PDW* como del bus de salida *DATA* desde la pluralidad de enrutadores de señal (12000) a la máquina de estado de transmisión de información (11100) comprendida en el procesador central (11000) se realiza mediante buffers tri-estado controlados por el puntero *READ*, tal como se muestra en la figura 1. De este modo se simplifica notablemente el número de rutas necesarias para comunicar los citados elementos de circuito.

En una posible aplicación de la presente invención, el sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal se emplea como cabecera de una interfaz

hombre-máquina (BMI, “brain-machine interface”). Según este posible ejemplo de aplicación, el sistema (1) adquiriría las señales provenientes del córtex motor y las enviaría al exterior para su posterior procesado con vistas a controlar autómatas u otros mecanismos que permitieran paliar algún tipo de deficiencia motora del paciente.

En otro posible ejemplo de aplicación de la presente invención, el sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal se incorpora en un sistema en lazo cerrado para la detección y tratamiento de ataques epilépticos mediante técnicas de neuromodulación. En esta aplicación, la activación de los neuroestimuladores estaría dictada por el análisis de las señales proporcionadas por el sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal.

La presente invención no debe verse limitada a la forma de realización aquí descrita. Otras configuraciones pueden ser realizadas por los expertos en la materia a la vista de la presente descripción. En consecuencia, el ámbito de la invención queda definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal que comprende:

- una pluralidad de sensores bioeléctricos (20000),
- un transceptor inalámbrico (30000) que comprende un transmisor (32000) y un receptor (33000),
- un nudo de comunicaciones (10000) conectado entre la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) y el transceptor inalámbrico (30000),
- una pluralidad de electrodos intracraneales (60000), que capturan actividad neuronal, conectados a la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000),
- una pluralidad de unidades de calibración (50000) conectadas a la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) para ajustar unas características de transferencia de la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000), y
- un módulo de gestión de potencia y síntesis de reloj (40000) para la gestión del nudo de comunicaciones (10000),

caracterizado por que:

- el nudo de comunicaciones (10000) está configurado para transmitir datos bidireccionalmente entre la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) y el transceptor inalámbrico (30000) de forma que:
    - en el sentido de transmisión de datos desde el transceptor inalámbrico (30000) hacia los sensores bioeléctricos (20000), el nudo de comunicaciones (10000), gestiona una configuración de parámetros, una calibración y un modo de operación de los sensores bioeléctricos (20000) y,
    - en el sentido de transmisión de datos desde los sensores bioeléctricos (20000) hacia el transceptor inalámbrico (30000), colecta, seria y conforma información neuronal de una señal neuronal capturada por la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000).

2. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según la reivindicación 1, **caracterizado por** que los sensores bioeléctricos (20000) comprenden:

- unos medios de amplificación y filtración de la señal neuronal capturada desde los electrodos intracraneales (60000),
- unos medios de calibración automática de unos niveles máximos de tensión y una banda de frecuencia de la señal neuronal acondicionada por los medios de amplificación y filtración;
- unos medios de conversión de la señal neuronal acondicionada del dominio analógico al digital;
- unos medios de compresión de la información neuronal capturada; y
- unos medios de almacenamiento temporal de dicha información neuronal capturada.

3. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que el nudo de comunicaciones (10000) comprende:

- un procesador central (11000) que interpreta y aplica unas instrucciones recibidas desde el receptor (33000), procesa digitalmente las señales neuronales generadas por la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000), y codifica la información neuronal recopilada desde la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) para su posterior transmisión a través del transceptor inalámbrico (30000), y

- una pluralidad de enrutadores de señal (12000) que implementan una interfaz de datos entre la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) y el procesador central (11000), donde cada enrutador de señal (12000) está asociado y conectado eléctricamente a un único sensor bioeléctrico (20000).

4. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que el procesador central (11000) comprende:

- un módulo de codificación y decodificación (11001) para el intercambio de información con el transceptor inalámbrico (30000);

- un módulo de recepción y clasificación de datos (11002) para la interpretación de las instrucciones recibidas desde el transceptor inalámbrico (30000);
- un módulo de memoria de instrucciones y parámetros (11003) para almacenar la configuración del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal; y
- un módulo de selección, configuración y adquisición (11004) que sirve de interfaz con los enrutadores de señal (12000) que transfieren la información generada por la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000).

5. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según la reivindicación 4, **caracterizado por** que el módulo de codificación y decodificación (11001) para el intercambio de información con el transceptor inalámbrico (30000) comprende:

- en un sentido de las comunicaciones:
  - un sincronizador de datos (11010) que alinea unos flancos de una señal demodulada proporcionada por el receptor (33000) con una señal de reloj maestra generada por el módulo de gestión de potencia y síntesis de reloj (40000); y
  - un decodificador (11020) que decodifica dicha señal demodulada mediante la conversión de la señal demodulada a un código binario,
- en el otro sentido de las comunicaciones:
  - un convertidor paralelo-serie (11120) que seria una señal con unos datos de salida proporcionados por el procesador central (11000), tras recibir una señal de activación; y
  - un codificador (11130) que codifica la señal seriada con los datos de salida a un formato de señal definido en el transmisor (32000) para su posterior modulación por dicho transmisor (32000).

6. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según la reivindicación 4 o 5, **caracterizado por** que el módulo de recepción y clasificación de datos (11002) para la interpretación de las instrucciones recibidas desde el transceptor inalámbrico (30000) comprende:

- un registro de datos (11030) que almacena una trama de datos *DATA_DEC* de una instrucción recibida por el decodificador (11020);
- un módulo de validación CRC (11040) para verificar la integridad de la trama de datos *DATA_DEC*;
- un identificador de comando (11050) que analiza el contenido del registro de datos (11030) y genera un vector digital *MODE* representativo de un modo de operación especificado en la instrucción recibida; y
- una pluralidad de máquinas de estado de recepción de datos (11060) que se habilitan selectivamente de acuerdo con un valor del vector digital *MODE*.

7. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según la reivindicación 4, 5 o 6, **caracterizado por** que el módulo de memoria de instrucciones y parámetros (11003) para almacenar la configuración del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal comprende:

- una pila de datos (11070) en la que se vuelcan, sobrescribiendo datos previos, un cualificador *QERS*, un rango de aplicación y unos parámetros de configuración, si los hubiere, identificados por las máquinas de estado de recepción de datos (11060); y
- una memoria no volátil (11080) en donde se almacenan unos valores por defecto,

  donde la pila de datos (11070) carga los valores almacenados por defecto en la memoria no volátil (11080), desde donde se transfieren a la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000).

8. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según la reivindicación 4,5,6 o 7, **caracterizado por** que el módulo de selección, configuración y adquisición (11004) que sirve de interfaz con los enrutadores de señal (12000) que transfieren la información generada por la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) comprende:

- un módulo de selección y programación (11090);

- una pluralidad de máquinas de estado de transmisión de datos (11100); y
- un bloque de temporización (11110) para una generación de señales de reloj escaladas en frecuencia a partir de la señal de reloj maestra.

9. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que los enrutadores de señal (12000) comprenden:

- un registro (12100) en el que se almacena la información neuronal proporcionada por la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000),
- una memoria interna (12200) en la que se organiza la información neuronal en unos vectores de longitud fija,
- un módulo de control (12300) que gestiona cada enrutador de señal (12000), y
- un módulo para la transferencia de información (12400) que comprende un bus paralelo para transmitir ordenadamente los vectores de longitud fija a las máquinas de estado de transmisión de datos (11100).

10. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que la pluralidad de electrodos intracraneales (60000) están seleccionados entre:

- unos electrodos electrocorticográficos sub-durales,
- unos electrodos penetrantes intracorticales,
- una sonda cerebral profunda con puntos de sensado, y
- una combinación de los anteriores.

11. Sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que el número de sensores bioeléctricos (20000) coincide con el número de electrodos intracraneales (60000) y con el numero de enrutadores de señal (12000).

12. Método de adquisición y transferencia de actividad neuronal que emplea el sistema (1) definido en las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por** que el nudo de comunicaciones (10000) comprende:

- en el sentido de transmisión de datos desde el transceptor inalámbrico (30000) hacia la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000):
    - activar, dimensionar y calibrar la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000), de acuerdo con unas instrucciones recibidas desde el transceptor inalámbrico (30000), para la captura y compresión de actividad neuronal,
    - corregir las desviaciones de unos circuitos analógicos de amplificación y filtrado comprendidos en los sensores bioeléctricos (20000), y

- en el sentido de transmisión de datos desde la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) hacia el transceptor inalámbrico (30000):
    - transferir los datos capturados por la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) al transceptor inalámbrico (30000) para monitorizar externamente la actividad neuronal mediante un lector extracraneal.

13. Método de adquisición y transferencia de actividad neuronal según la reivindicación 12, **caracterizado por** que los sensores bioeléctricos (20000), en el sentido de transmisión de datos desde el transceptor inalámbrico (30000) hacia la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) comprenden dos modos de operación:

- un Modo de Configuración mediante el que se definen los parámetros de operación de los sensores bioeléctricos (20000) para capturar y comprimir la actividad neuronal, y

- un Modo de Calibración mediante el que se corrigen de forma automática las desviaciones de los medios de amplificación y filtrado comprendidos en los sensores bioeléctricos (20000).

14. Método de adquisición y transferencia de actividad neuronal según la reivindicación 12 o 13, **caracterizado por** que los sensores bioeléctricos (20000), en el sentido de transmisión de datos desde la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) hacia el transceptor inalámbrico (30000), comprenden dos modos de operación:

- un Modo de Seguimiento de Señal: se transfiere la actividad neuronal completa, capturada y digitalizada desde la pluralidad de electrodos intracraneales (60000),

- un Modo de Compresión de Datos: se transfiere actividad neuronal relativa a unos potenciales de acción neuronales detectados desde la pluralidad de electrodos intracraneales (60000).

15. Método de adquisición y transferencia de actividad neuronal según la reivindicación 14, **caracterizado por** que en el modo de compresión de datos, el nudo de comunicaciones (10000) comprende:

- detectar unos eventos mediante unos medios de procesamiento digital empotrado realizando un examen cíclico de los sensores bioeléctricos (20000),
- identificar aquellos sensores bioeléctricos (20000) en donde se ha constatado un potencial de acción neuronal,
- conformar una trama de datos por cada sensor bioeléctrico (20000) en donde se ha producido el evento, y
- seriar las tramas de datos generadas para su posterior transmisión inalámbrica a través del transceptor inalámbrico (30000).

16. Método de adquisición y transferencia de actividad neuronal según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que cada modo de operación comprende una trama de datos de entrada al procesador central, donde cada trama de datos comprende seis campos:

- un primer campo que define un preámbulo;
- un segundo campo que define el modo de operación de los sensores bioeléctricos (20000);

- un tercer campo que define un rango de aplicación entre los sensores bioeléctricos (20000);
- un cuarto campo que define un cualificador particularizado para cada modo de operación, que direcciona agrupaciones de parámetros o define variables de ejecución de los modos de operación,
- un quinto campo que define un conjunto de parámetros de configuración para los sensores bioeléctricos (20000) seleccionados por dicho rango de aplicación, y
- un sexto campo que define un código de redundancia cíclica CRC.

17. Método de adquisición y transferencia de actividad neuronal, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** que el procesador central (11000):

- interpreta instrucciones recibidas desde el receptor (33000),
- gestiona los modos de operación de la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000),
- ordena, procesa, formatea y envía al transceptor inalámbrico (30000) las señales neuronales transmitidas por la pluralidad de sensores bioeléctricos (20000) y transferidas al nudo de comunicaciones (10000) a través de los enrutadores de señal (12000), y
- opera con una señal de reloj maestra proporcionada por el módulo de gestión de potencia y síntesis de reloj (40000).

18. Uso del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal definido en las reivindicaciones 1 a 11 como cabecera de una interfaz hombre-máquina.

19. Uso del sistema (1) de adquisición y transferencia de actividad neuronal según la reivindicación 18 donde el sistema (1) comprende la adquisición de unas señales provenientes de un córtex motor.

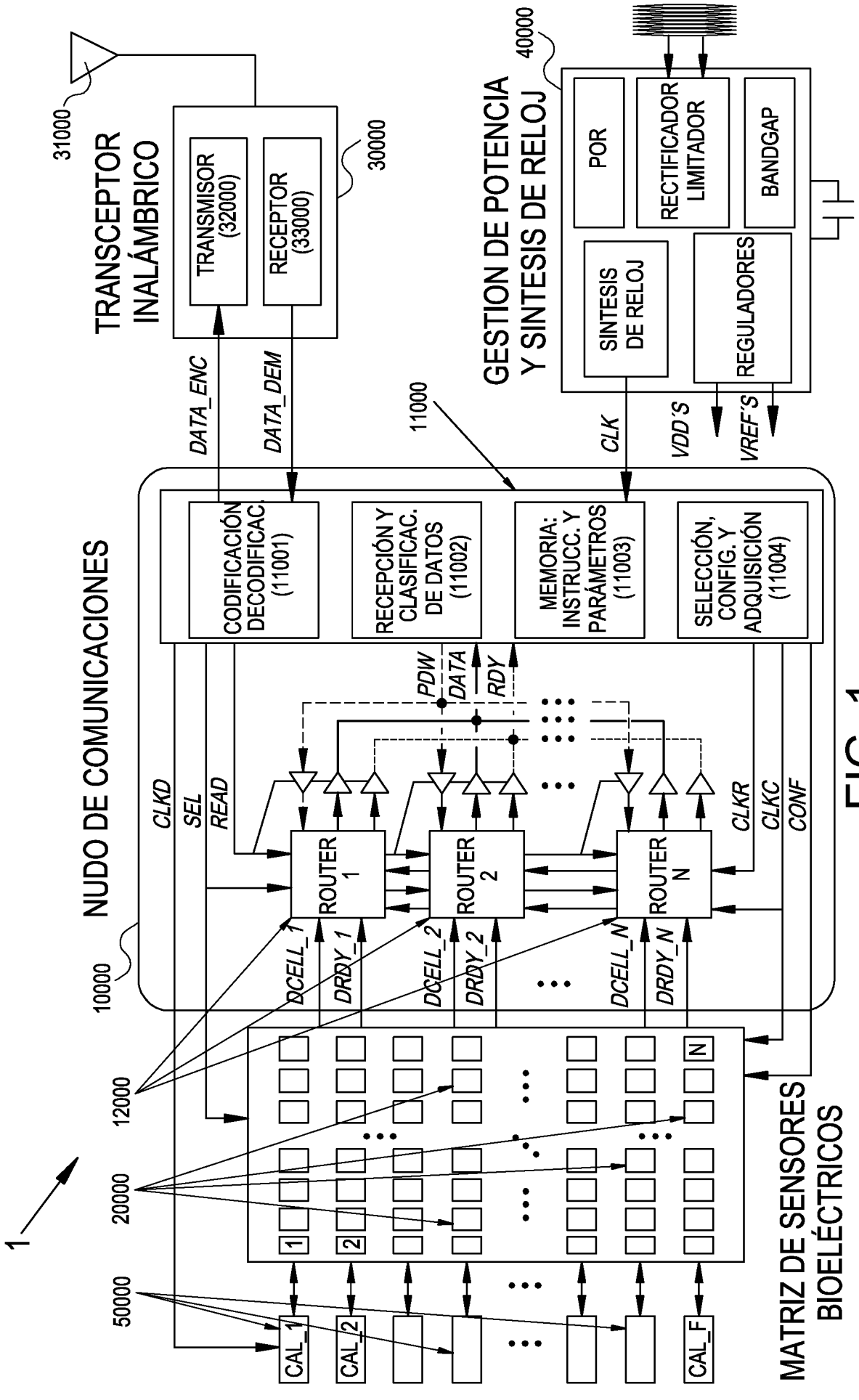
1
31000
TRANSCEPTOR INALÁMBRICO
TRANSMISOR (32000)
RECEPTOR (33000)
30000
40000
GESTION DE POTENCIA Y SINTESIS DE RELOJ
POR
RECTIFICADOR LIMITADOR
BANDGAP
SINTESIS DE RELOJ
REGULADORES
DATA_ENC
DATA_DEM
CLK
VDD´S
VREF´S
11000
NUDO DE COMUNICACIONES
CODIFICACIÓN DECODIFICAC. (11001)
RECEPCIÓN Y CLASIFICAC. DE DATOS (11002)
MEMORIA: INSTRUCC. Y PARÁMETROS (11003)
SELECCIÓN, CONFIG. Y ADQUISICIÓN (11004)
PDW
DATA
RDY
CLKD
SEL
READ
CLKR
CLKC
CONF
ROUTER 1
ROUTER 2
ROUTER N
DCELL_1
DRDY_1
DCELL_2
DRDY_2
DCELL_N
DRDY_N
10000
12000
20000
50000
1
2
N
CAL_1
CAL_2
CAL_F
MATRIZ DE SENSORES BIOELÉCTRICOS

FIG. 1

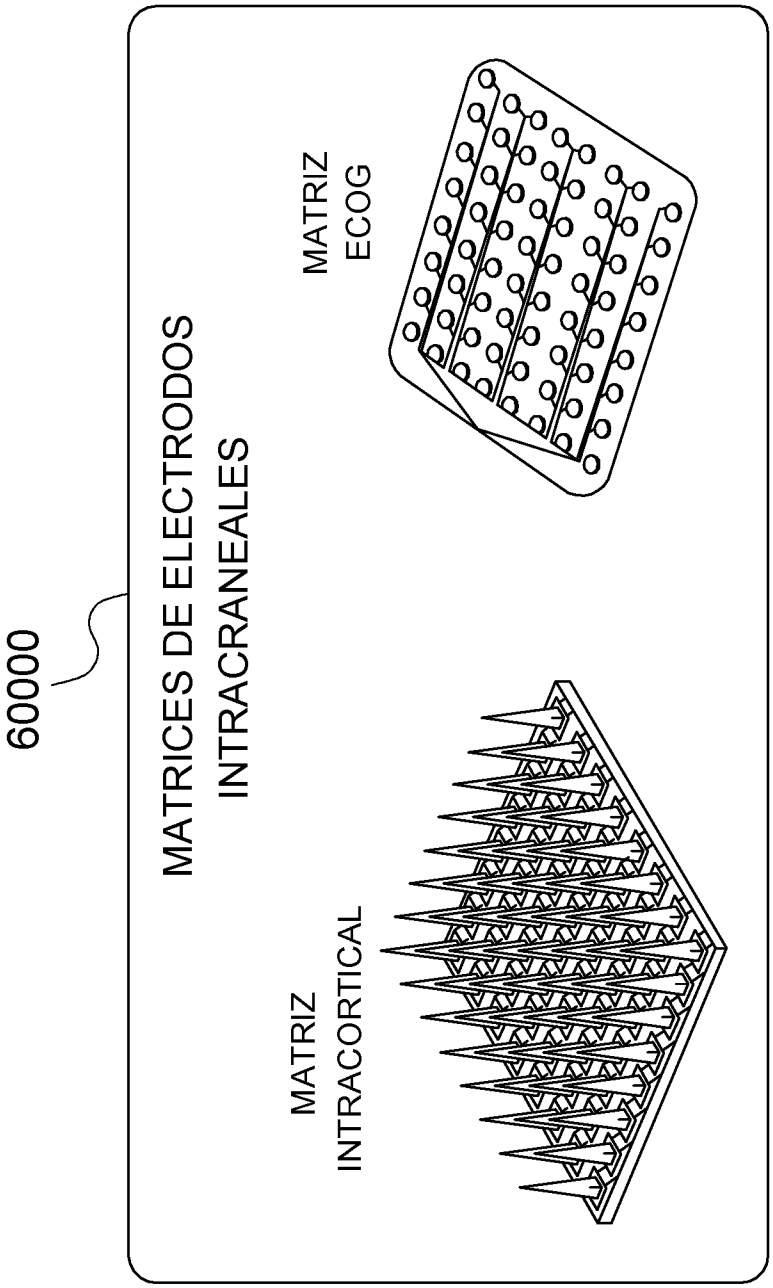
60000
MATRICES DE ELECTRODOS INTRACRANEALES
MATRIZ ECOG
MATRIZ INTRACORTICAL

FIG. 2

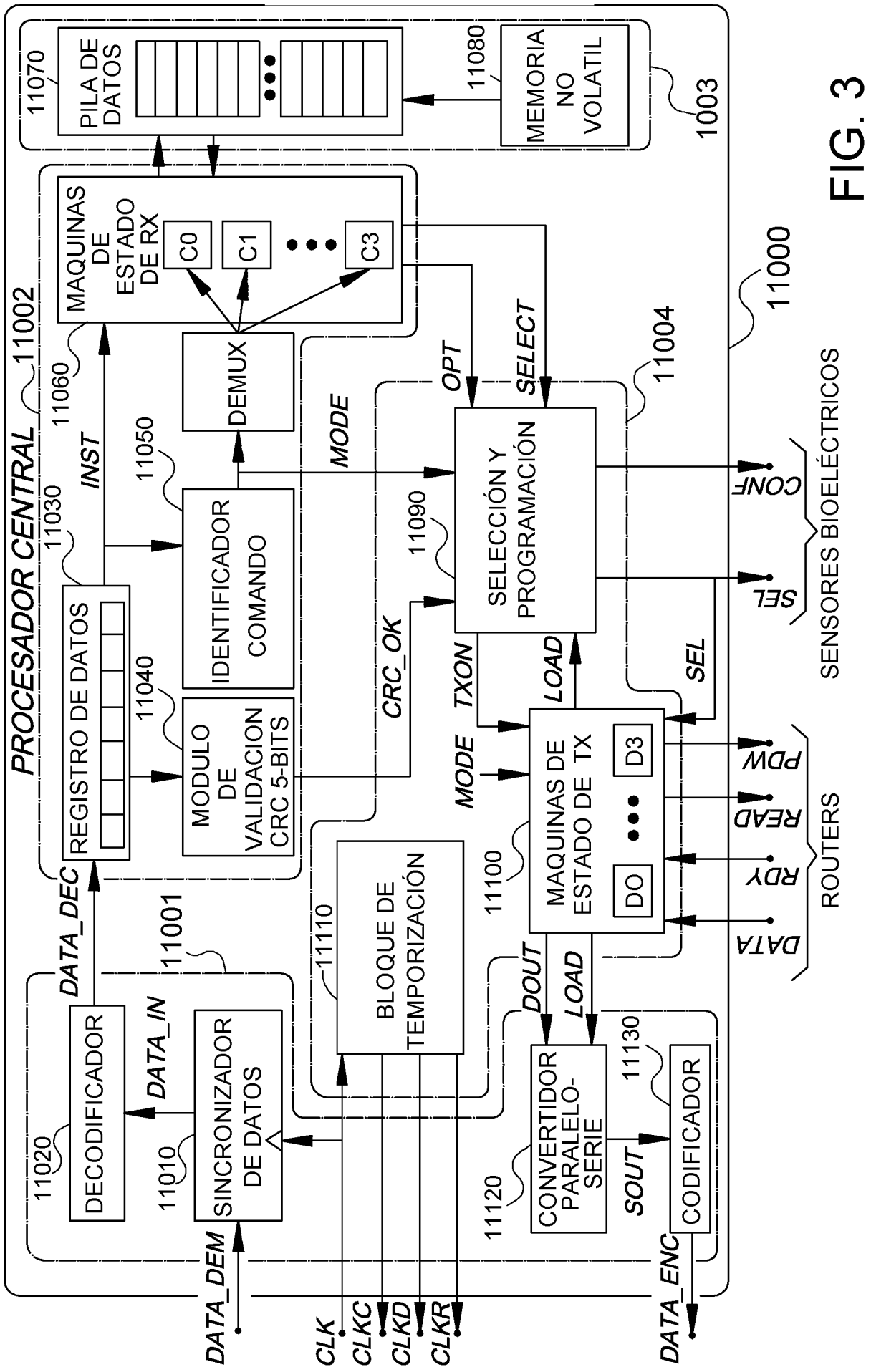
PROCESADOR CENTRAL
11002
11070
PILA DE DATOS
11080
MEMORIA NO VOLATIL
1003
11000
MAQUINAS DE ESTADO DE RX
C0
C1
C3
11060
INST
DEMUX
MODE
OPT
SELECT
11004
11050
IDENTIFICADOR COMANDO
11030
REGISTRO DE DATOS
11040
MODULO DE VALIDACION CRC 5-BITS
CRC_OK
11090
SELECCIÓN Y PROGRAMACIÓN
CONF
SEL
SENSORES BIOELÉCTRICOS
TXON
LOAD
SEL
MODE
DATA_DEC
11001
11110
BLOQUE DE TEMPORIZACIÓN
11100
MAQUINAS DE ESTADO DE TX
DO
D3
PDW
READ
RDY
DATA
ROUTERS
DOUT
LOAD
11020
DECODIFICADOR
DATA_IN
11010
SINCRONIZADOR DE DATOS
11120
CONVERTIDOR PARALELO-SERIE
SOUT
11130
CODIFICADOR
DATA_DEM
CLK
CLKC
CLKD
CLKR
DATA_ENC

FIG. 3

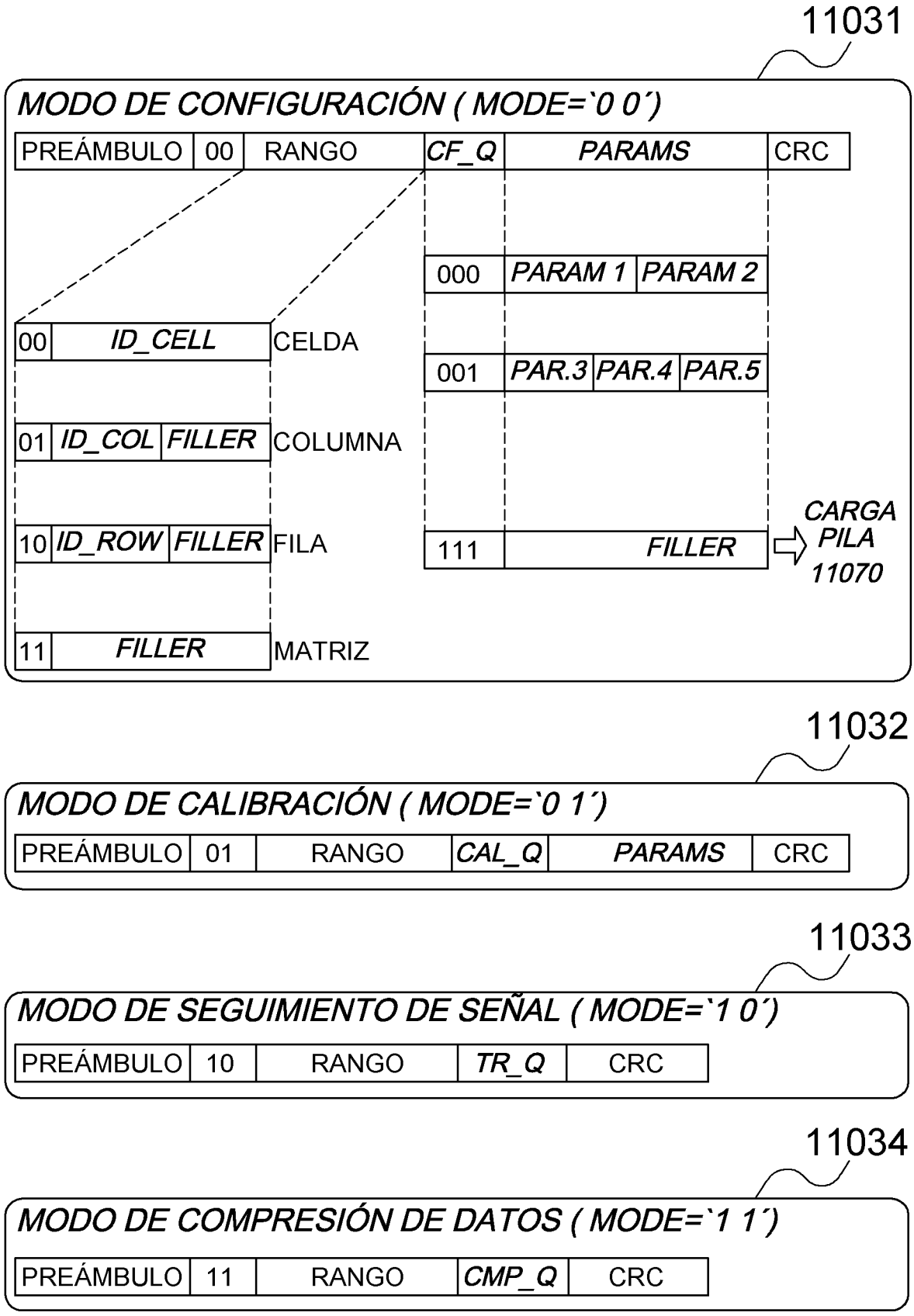
11031
MODO DE CONFIGURACIÓN (MODE=`0 0´)
PREÁMBULO
00
RANGO
CF_Q
PARAMS
CRC
000
PARAM 1
PARAM 2
00
ID_CELL
CELDA
001
PAR.3
PAR.4
PAR.5
01
ID_COL
FILLER
COLUMNA
CARGA PILA
11070
10
ID_ROW
FILLER
FILA
111
FILLER
11
FILLER
MATRIZ
11032
MODO DE CALIBRACIÓN (MODE=`0 1´)
PREÁMBULO
01
RANGO
CAL_Q
PARAMS
CRC
11033
MODO DE SEGUIMIENTO DE SEÑAL (MODE=`1 0´)
PREÁMBULO
10
RANGO
TR_Q
CRC
11034
MODO DE COMPRESIÓN DE DATOS (MODE=`1 1´)
PREÁMBULO
11
RANGO
CMP_Q
CRC

FIG. 4

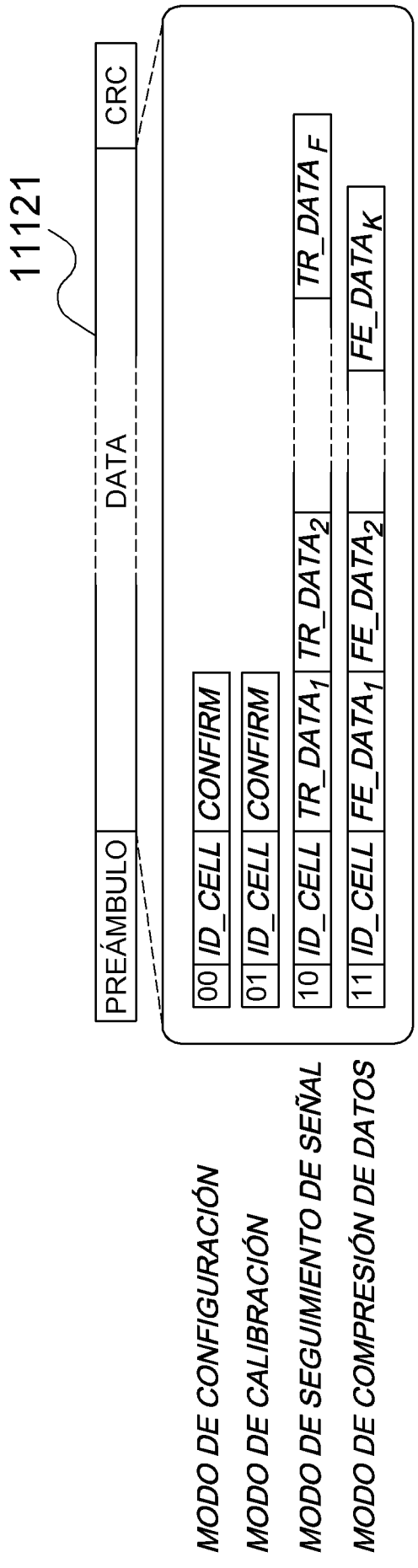
11121
PREÁMBULO
DATA
CRC
00 ID_CELL CONFIRM
01 ID_CELL CONFIRM
10 ID_CELL TR_DATA1 TR_DATA2 TR_DATAF
11 ID_CELL FE_DATA1 FE_DATA2 FE_DATAK
MODO DE CONFIGURACIÓN
MODO DE CALIBRACIÓN
MODO DE SEGUIMIENTO DE SEÑAL
MODO DE COMPRESIÓN DE DATOS

FIG. 5

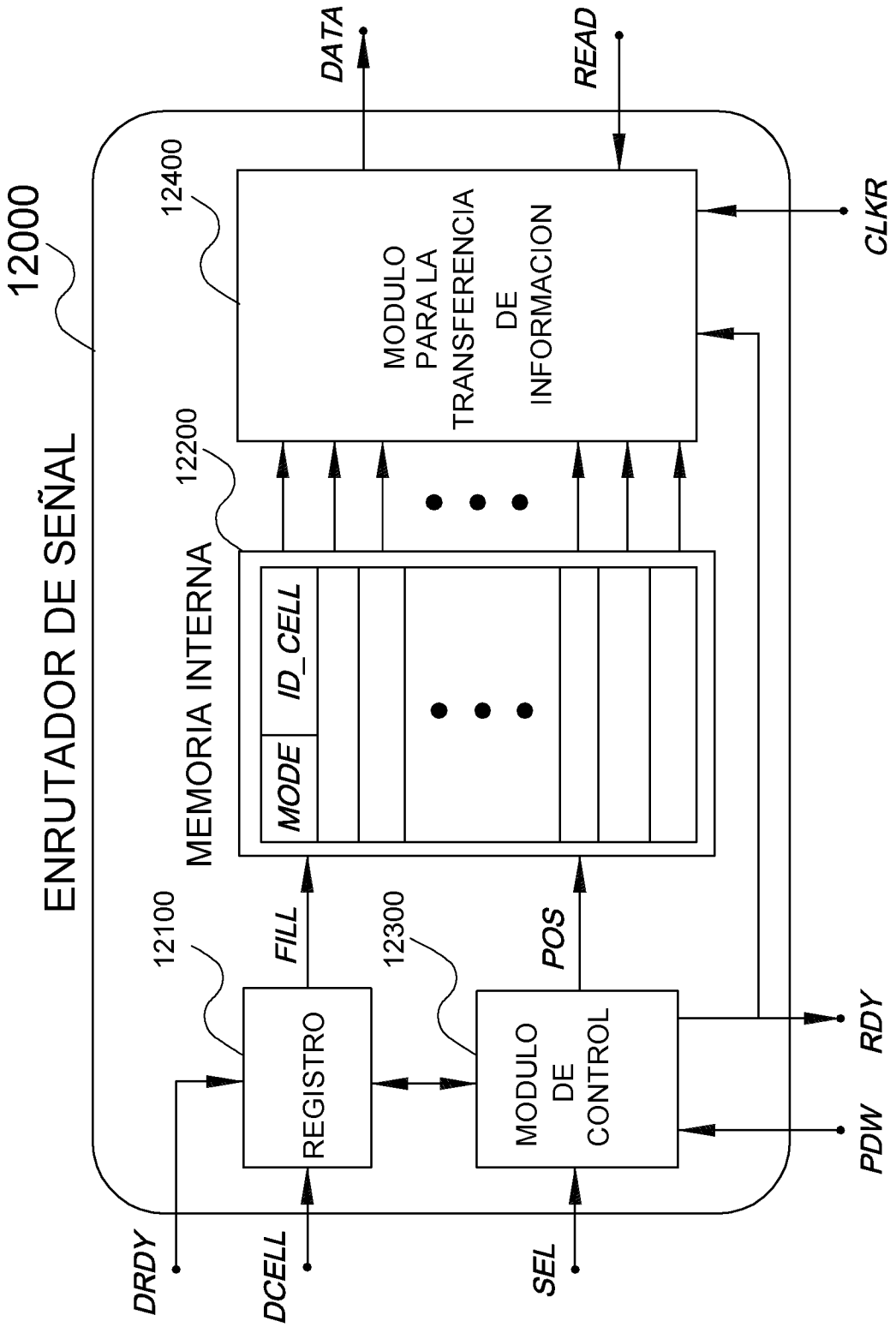
12000
ENRUTADOR DE SEÑAL
DATA
READ
CLKR
12400
MODULO PARA LA TRANSFERENCIA DE INFORMACION
12200
MEMORIA INTERNA
MODE
ID_CELL
12100
FILL
12300
POS
REGISTRO
MODULO DE CONTROL
RDY
PDW
DRDY
DCELL
SEL

FIG. 6