

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 122**

51 Int. Cl.:

A61B 5/00 (2006.01)

G01S 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2014 PCT/IB2014/002540**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2015 WO15019196**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2014 E 14827860 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 3030139**

54 Título: **Transmisión pasiva de datos**

30 Prioridad:

09.08.2013 US 201361864216 P

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

23.02.2018

73 Titular/es:

PALTI, YORAM (100.0%)

51 Ruth Street

34404 Haifa, IL

72 Inventor/es:

PALTI, YORAM

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 656 122 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).

Transmisión pasiva de datos

DESCRIPCIÓN

5 Antecedentes

La presente invención se refiere a la comunicación entre dos o más dispositivos posicionados a una distancia el uno del otro, donde el consumo de energía es un factor limitante.

10 Un ejemplo en el que esto puede ocurrir sería la transmisión de los datos recogidos por un sensor alimentado por batería que se implanta dentro del cuerpo humano con el mundo exterior durante un largo período de tiempo. En este ejemplo, especialmente cuando se está realizando un seguimiento y transmisión continuos de parámetros fisiológicos, químicos o físicos, la energía de la batería puede no ser suficiente para que la transmisión continúe durante un tiempo suficientemente largo, cuando la transmisión de datos se implementa utilizando técnicas convencionales. Como resultado, la batería puede requerir la sustitución por un procedimiento invasivo.

15 Otro ejemplo es cuando los datos o instrucciones / órdenes se deben transmitir desde un punto dentro de un cuerpo a un segundo punto en el mismo cuerpo. Por ejemplo, puede ser deseable tener un sensor que mida los datos de presión transmitidos de presión arterial de la vena pulmonar a un marcapasos cardiaco con el fin de optimizar el rendimiento del marcapasos. Una vez más, la energía de la batería puede no ser suficiente y la batería puede requerir la sustitución por un procedimiento invasivo.

20 Ejemplos del uso de ultrasonidos para detectar un dispositivo implantado se describen en Detection of Deeply Implanted Impedance-Switching Devices Using Ultrasound Doppler de J. M Mari et al, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 60, n.º. 6, Junio de 2013, en 1074–1083.

Ejemplos del uso de ultrasonidos para comunicarse con un dispositivo implantado se describen en Deeply Implanted Medical Device Based on a Novel Ultrasonic Telemetry Technology de Michela Peisino, Thèse no 5730, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, May 17, 2013.

30 Ejemplos del uso de ultrasonidos para la transferencia y comunicación de energía con dispositivos implantados se describen en Ultrasound for Wireless Energy Transfer and Communication for Implanted Medical Devices de F. Mazzilli and C. Dehollain, ESSCIRC 2010, Taller de trabajo, Sevilla, 17 de septiembre de 2010.

35 Pero la tecnología basada en la conmutación de impedancia descrita en estas referencias es inadecuada y se necesitan enfoques mejorados para la comunicación con dispositivos implantados.

Sumario de la invención

40 Un aspecto de la invención se refiere a un aparato que incluye una sección implantada y una sección externa. La sección implantada incluye (a) un transductor que tiene una superficie reflectante de ultrasonidos que se mueve en respuesta a una señal de control aplicada, en el que variaciones en la señal de control aplicada provoca variaciones correspondientes en la velocidad de la superficie, (b) un sensor que genera una señal de salida que depende de un parámetro detectado y (c) un primer circuito de control que genera la señal de control que se aplica al transductor basado en la señal de salida generada por el sensor, de manera que las variaciones en el valor de la señal de salida tiene como resultado correspondientes variaciones en la señal de control. La respuesta del transductor a una señal de control aplicada y la respuesta del primer circuito de control a la señal de salida son repetibles de forma tal que el valor de la señal de salida se puede determinar mediante la medición de las variaciones en la velocidad de la superficie usando ultrasonidos Doppler aplicados externamente. La sección externa incluye (1) un transmisor de ultrasonidos configurado para dirigir la energía de ultrasonidos a una frecuencia portadora en el transductor, (2) un receptor de ultrasonidos configurado para detectar reflexiones de ultrasonidos desde la superficie que se han desplazado en frecuencia por la superficie en movimiento, (3) un procesador Doppler configurado para determinar la velocidad de la superficie en base a las reflexiones detectadas y (4) un segundo circuito de control configurado para mapear la velocidad determinada en un valor de parámetro detectado.

55 En algunas realizaciones, el transductor es un elemento piezoeléctrico. En algunas realizaciones, la sección implantada incluye además un alojamiento biocompatible y el transductor, el sensor, y el primer circuito de control están todos alojados en el alojamiento. En algunas realizaciones, el primer circuito de control incluye un procesador y un circuito de control. En algunas realizaciones, se selecciona la señal de control de modo que produzca modulación FM del portador cuando la superficie se mueve. En algunas realizaciones, la señal de control es una forma de onda triangular. En algunas realizaciones, la señal de control tiene una frecuencia entre 50 y 1000 Hz. En algunas realizaciones, la frecuencia del portador está entre 1 y 20 MHz. En algunas realizaciones, el movimiento de la superficie es una vibración.

65 Otro aspecto de la invención se refiere a un aparato sensor que incluye un transductor que tiene una superficie reflectante de ultrasonidos que se mueve en respuesta a una señal de control aplicada, en el que variaciones en la

señal de control aplicada provoca variaciones correspondientes en la velocidad de la superficie. Este aparato incluye además un sensor que genera una señal de salida que depende de un parámetro detectado y un circuito de control que genera la señal de control que se aplica al transductor basado en la señal de salida generada por el sensor, de manera que las variaciones en el valor de la señal de salida tienen como resultado variaciones correspondientes en la señal de control. La respuesta del transductor a una señal de control aplicada y la respuesta del circuito de control a la señal de salida son repetibles de forma tal que el valor de la señal de salida se puede determinar mediante la medición de las variaciones en la velocidad de la superficie usando ultrasonidos Doppler aplicados externamente.

En algunas realizaciones, el transductor es un elemento piezoeléctrico. En algunas realizaciones, el aparato sensor incluye además un alojamiento biocompatible, en el que el transductor, el sensor y el circuito de control están todos alojados en el alojamiento. En algunas realizaciones, el aparato sensor incluye además una batería que proporciona energía al sensor y el circuito de control y la batería está alojada en el alojamiento. En algunas realizaciones, el circuito de control incluye un procesador y un circuito de control. En algunas realizaciones, la señal de control tiene una frecuencia entre 50 y 1000 Hz. En algunas realizaciones, el movimiento de la superficie es una vibración.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método para comunicarse con un sensor implantado. Este método incluye las etapas de (1) obtener una señal de salida de un sensor, en el que la señal de salida depende de un parámetro detectado; (2) generar, en base a la señal de salida obtenida a partir del sensor, una señal de control para accionar un transductor, de tal manera que las variaciones en el valor de la señal de salida tienen como resultado variaciones correspondientes en la señal de control, en el que la señal de control está configurada para causar que una superficie reflectante de ultrasonidos del transductor se mueva, y en el que variaciones en la señal de control aplicada provoca variaciones correspondientes en la velocidad de la superficie; (3) aplicar la señal de control al transductor, en el que la respuesta del transductor a la señal de control aplicada y la generación de la señal de control basada en la señal de salida obtenida del sensor son repetibles de forma tal que el valor de la señal de salida se puede determinar mediante la medición de las variaciones en la velocidad de la superficie usando ultrasonidos Doppler aplicados externamente; (4) dirigir la energía de ultrasonidos a una frecuencia portadora en el transductor; (5) detectar reflexiones de ultrasonidos de la superficie que se han desplazado en frecuencia por la superficie en movimiento; (6) utilizar el procesamiento Doppler para determinar la velocidad de la superficie en base a las reflexiones detectadas; y (7) mapear la velocidad determinada en un valor de parámetro detectado.

En algunas realizaciones, se selecciona la señal de control de modo que produzca modulación FM del portador cuando la superficie se mueve. En algunas realizaciones, la señal de control es una forma de onda triangular. En algunas realizaciones, la señal de control tiene una frecuencia entre 50 y 1000 Hz. En algunas realizaciones, la frecuencia del portador está entre 1 y 20 MHz. En algunas realizaciones, el movimiento de la superficie es una vibración.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema para la comunicación con un dispositivo implantado.

La figura 2 es un diagrama de bloques de la comunicación con una pluralidad de dispositivos implantados.

Descripción de las realizaciones preferentes

Haciendo referencia a la figura 1, la realización preferente utiliza un dispositivo implantado que cambia la velocidad de un transductor implantado, tal como un elemento piezoeléctrico. Los cambios de velocidad se detectan mediante ultrasonidos Doppler. Esta realización incluye dos secciones principales: una sección implantada 200 y una sección externa 100.

En lugar de depender de la energía de la batería suministrada internamente para transmitir una señal desde la sección implantada a la sección externa, las realizaciones preferentes se basan en una señal portadora que se origina fuera del cuerpo. La sección implantada 200 cambia la velocidad de una superficie reflectante de ultrasonidos de un transductor (por ejemplo, un elemento reflectante piezoeléctrico 202, en lo sucesivo "PRE"). Cuando la sección externa 100 dirige un haz de ultrasonidos sobre el PRE 202 en la sección implantada 200, los cambios en la velocidad de la superficie del PRE 202 provocan un desplazamiento de la frecuencia y dicho desplazamiento de frecuencia se detecta externamente. Este enfoque es superior a la técnica anterior mencionada anteriormente, que simplemente cambia la impedancia del transductor implantado.

Este enfoque también ahorra energía porque la modulación de una señal aplicada externamente se puede lograr utilizando menos energía que se necesitaría para que la sección implantada transmita la señal por sí misma. Esta reducción en el consumo de energía se extiende la vida de la batería en la sección implantada con respecto a las modalidades de transmisión de datos convencionales.

El Sistema de transmisión pasiva de datos incluye uno o más sensores implantados diseñados para medir o monitorizar parámetros fisiológicos, químicos o físicos, etc. desde la ubicación en la que la detección puede llevarse a cabo a cualquiera de (a) una ubicación fuera del cuerpo del paciente o (b) a otros dispositivos que están implantados en una ubicación diferente en el cuerpo.

La figura 1 representa una realización preferente que incluye dos secciones principales: una sección implantada 200 y una sección externa 100. Se basa en un transductor (por ejemplo, PRE 202) para modular los haces de ultrasonidos 120 generados por la sección externa y dirigidos hacia la sección implantada. En realizaciones alternativas, otros transductores, además de los elementos de reflexión piezoeléctricos, se pueden usar para producir las vibraciones (por ejemplo, un altavoz electromagnético en miniatura).

La sección externa 100 también se denomina en el presente documento el Sistema de energizante / de transmisión (TS) e incluye, preferentemente, un transmisor de ultrasonidos Doppler 104 y un receptor de ultrasonidos Doppler 105; un procesador 114 y 112 que controla el sistema y descifra las señales codificadas; una fuente de alimentación 113; y un alojamiento 108. El procesador incluye, preferentemente, dos etapas de procesamiento: la primera etapa es procesamiento del desplazamiento Doppler 114, en el que se determina la velocidad de la superficie del PRE. La segunda es la etapa de procesamiento de descifrado 112, en la que las velocidades determinadas en la primera etapa se mapean a un valor del parámetro detectado. Aunque representadas como dos bloques discretos en la figura 1, estas dos etapas de tratamiento pueden implementarse, opcionalmente, mediante un solo procesador (no mostrado). Opcionalmente, se puede usar una pantalla 122 para mostrar el resultado del mapeo. Como alternativa, el resultado del mapeo puede transmitirse a un dispositivo externo.

La sección implantada 200 también se denomina en el presente documento el sistema de detección (SS) e incluye, preferentemente, un sensor o sensores 201 con amplificadores asociados, etc.; un procesador 215 configurado para controlar y activar los sensores 201 y para interpretar las señales de retorno procedentes de los sensores; un circuito de control 217 que traduce la salida del procesador 215 en una señal eléctrica usando un esquema de modulación (incluyendo, pero sin limitaciones, FM, AM u otro esquema de modulación; un PRE 202, tal como un pequeño disco que se activa (es decir, hace que se mueva, por ejemplo, que vibre) mediante las señales eléctricas moduladas. Todos estos componentes son alimentados por una fuente de alimentación adecuada (por ejemplo, la batería 207) y están alojados, preferentemente, en un recinto biocompatible 208.

El sensor 201 del SS 200 detecta el pertinente parámetro biológico, químico o físico. Cualquiera de una amplia variedad de sensores convencionales se puede utilizar para este propósito, dependiendo de la función anatómica que se está monitorizando. Preferentemente, el sensor 201 transduce el parámetro que se está detectando en una señal eléctrica. Cuando sea necesario, las señales eléctricas resultantes se amplifican, se filtran, se conforman, etc., y se proporciona la señal resultante a un procesador 215 a través de una interfaz adecuada.

El procesador 215 tiene la capacidad de dirigir el PRE 202 mediante el envío de señales apropiadas (por ejemplo, pulsos) a un circuito de control 217, de manera que cuando el circuito de control de 217 dirige el PRE 202 en respuesta a las señales desde el procesador 215, el PRE 202 responde mecánicamente a las señales de control moviendo de una manera repetible (por ejemplo, mediante vibración). Colectivamente, el procesador 215 y el circuito de control 217 constituyen un circuito de control.

El procesador 215 codifica datos de salida deseados en las señales que controlan el PRE 202 (en el que los datos de salida representan la información que se obtuvo del sensor). El PRE 202 responde mecánicamente a esas señales moviéndose de una manera repetible y la actividad mecánica del PRE 202 es detectada a continuación por la sección externa 100. El sistema se basa en esta capacidad de repetición para entregar información de la sección implantada al mundo exterior. Una manera preferente para detectar la actividad mecánica del PRE es mediante el uso de ultrasonidos Doppler.

Los ultrasonidos Doppler son beneficiosos porque detectan velocidades. Así pues, para transmitir información desde el SS 200 al TS 100, el SS 200 controla la velocidad del PRE 202 contenido dentro del SS 200. Para ello, el procesador 215 codifica los datos que desea enviar fuera del cuerpo sobre una señal que hace que el PRE 202 se mueva (por ejemplo, vibre) de una manera repetible. Por ejemplo, la forma, la duración, la línea de tiempo, la frecuencia, etc. de una vibración pueden usarse para transmitir la información que se obtuvo mediante el sensor. La vibración del PRE 202 transmitirá a continuación toda la información requerida. (Obsérvese que la información detectada por el sistema Doppler está contenida, preferentemente, en la velocidad reflectora de vibración o el perfil de velocidad con el tiempo).

En un ejemplo, la información puede estar codificada en las frecuencias de una forma de onda triangular, en cuyo caso la velocidad es una onda cuadrada de frecuencias correspondientes. Suponiendo que la frecuencia de la señal que se aplica al PRE 202 se mantiene constante, el aumento de la amplitud de una forma de onda triangular que impulsa el PRE aumentará la amplitud de las vibraciones mecánicas. Esto aumentará la velocidad del PRE 202 a medida que pasa por el punto medio de la vibración. A continuación, este aumento de velocidad puede ser recogido por el TS 100.

En otro ejemplo, la información puede ser transmitida mediante la generación de una serie de pulsos y la codificación de la información en los pulsos. Por ejemplo, un pulso amplio puede representar un 1 y un pulso estrecho puede representar un 0. Como alternativa, un pulso puede representar un 1 y la ausencia de un pulso puede representar un 0. Una amplia variedad de esquemas de modulación alternativos puede preverse fácilmente.

El movimiento de la superficie reflectante de ultrasonidos del PRE 202 (por ejemplo, las vibraciones) puede detectarse mediante el TS 100 usando los ultrasonidos Doppler de una manera convencional. Por ejemplo, en la realización representada en la figura 1, el TS 100 se coloca sobre la superficie del cuerpo de tal manera que puede proporcionar fácilmente la alimentación necesaria. El TS 100 en esta realización es un sistema de ultrasonidos Doppler, preferentemente sin formación de imágenes (por ejemplo, un sistema Doppler pulsado de 2 MHz). En realizaciones alternativas, se pueden utilizar otras frecuencias, por ejemplo, entre 1 y 20 MHz.

Un transmisor de ultrasonidos 104 emite una onda / haz 120 y dicho haz está dirigido al SS 200 seleccionado. La energía de ultrasonidos 220 se refleja de vuelta del PRE 202 en las SS 200. Como se ha explicado anteriormente, la velocidad de la superficie en movimiento del PRE 202 dependerá de las señales que se aplican al PRE 202 dentro del SS 200. Como resultado, la energía de ultrasonidos 220 que se refleja de vuelta desde el PRE 202 se desplazará en la frecuencia (es decir, desplazada por efecto Doppler) por el movimiento del PRE 202. (Obsérvese que como el PRE 202 se mueve en respuesta a los datos codificados, dicho movimiento puede detectarse y los datos pueden extraerse de los movimientos detectados). Los desplazamientos Doppler son recogidos por el receptor de ultrasonidos 105 y los desplazamientos Doppler son aislados y procesados en bloque 114 para determinar la velocidad de la superficie del PRE.

A continuación se implementa el procesamiento del descifrado 112, en el que las velocidades determinadas son mapeadas a una forma de onda de la señal de control que se sabe que produce las velocidades que se miden. A continuación, la forma de onda de control puede mapearse sobre el valor de parámetro detectado basado en el conocimiento de que las formas de onda de control son generados por el circuito de control 217 en respuesta a un nivel de salida dado desde el sensor 201. En otras palabras, debido a que el TS 100 conoce la función de transferencia del sensor 201, el procesador 215 y el circuito de control 217, y se puede calcular el valor de parámetro detectado a partir de las velocidades medidas en el bloque de procesamiento 112 de descifrado. El procesamiento 112 del descifrado se implementa, preferentemente, en un circuito de control, tal como un procesador, por ejemplo, usando una tabla de consulta para mapear las velocidades determinadas en valores de los parámetros detectados.

Opcionalmente, después pueden visualizarse o transmitirse los datos resultantes.

Las velocidades de vibración codificadas se traducen de este modo con el fin de entregar la información derivada del sensor (es decir, el valor de parámetro detectado) al mundo exterior. La información obtenida de este modo se puede mostrar, transmitir al médico, a una unidad médica, a otro dispositivo implantado que lo utiliza para ajustar su función, etc. de cualquier manera convencional.

Como ejemplo, el sistema representado en la figura 1 puede usarse para transmitir datos desde un sensor de la presión arterial implantado en una arteria a un receptor situado en la superficie del cuerpo. En este caso, el sensor 201 podría ser un transductor de presión que transduce la presión arterial en una tensión eléctrica que depende de la presión. El sensor puede estar configurado para detectar la presión sistólica y / o diastólica (por ejemplo, se actualiza cada 3-10 segundos). Como alternativa, todo el contorno de la onda del pulso puede detectarse, por ejemplo, con valores de presión obtenidos a una velocidad de 20 - 100 Hz. En este ejemplo, la salida del sensor 201 es una señal analógica. A continuación se digitaliza la señal analógica y se alimenta al procesador 215.

El procesador 215 transforma la tensión digitalizada en una forma de onda de tensión codificada de tal manera que su frecuencia u otras características de la forma de onda varían con el tiempo en correspondencia con los valores de presión que fueron detectados por el sensor 201. Esta forma de onda se aplica al circuito de control 217, que genera una señal de control que dirige el PRE 202 y hace que el PRE vibre en consecuencia. La señal de control tiene, preferentemente, un contenido de frecuencia que está dentro del intervalo de la respuesta de frecuencia del PRE 202.

La presión detectada se codifica, preferentemente, usando un código que se imparte en la velocidad de movimiento del PRE 202, en lugar de su amplitud, etc. Por ejemplo, si la señal de control tiene una forma de onda triangular, la velocidad que se detecta usando Doppler será una onda cuadrada de la misma periodicidad. En tal caso, la codificación puede estar en la duración de los tiempos del ciclo de la onda triangular individual. Se utiliza un mapeo repetible (por ejemplo, 100 microsegundos de anchura de pulso por milivoltio de señal del sensor). Diferentes voltajes del sensor, por lo tanto, se pueden registrar como ondas cuadradas de duración diferente. Esta es una forma de modulación de frecuencia.

Como alternativa, las pendientes de las ondas triangulares pueden ser cambios, lo que aumentará la velocidad del PRE y, por lo tanto, se registrarán como ondas cuadradas de diferente amplitud, es decir, un código de modulación de amplitud. La información también puede codificarse en la duración o la forma de una descarga de ondas o vibración.

La velocidad registrada del Doppler se obtiene mediante un TS 100 que está colocado, preferentemente, en la superficie del cuerpo utilizando un gel de impedancia de ultrasonidos equivalente adecuado entre el TS 100 y el

cuerpo. Un sistema de ultrasonidos Doppler estándar, preferentemente de pulso Doppler, incluye el transmisor 104. El haz de ultrasonidos, por ejemplo 2 MHz, está dirigido al PRE 202 y el PRE refleja el haz.

5 La vibración o movimiento de la superficie reflectante de ultrasonidos del PRE 202 provocará un desplazamiento Doppler en la forma de onda de 2 MHz que se refleja de vuelta al receptor 105 (que también se incluye en el sistema de ultrasonidos Doppler estándar). Utilizando la tecnología de Doppler convencional por medio de un mezclador analógico o herramientas aritméticas digitales, el desplazamiento de la frecuencia de la onda original se extrae de las formas de onda combinadas. Estas formas de onda contienen la información codificada.

10 El SS 200 puede funcionar independientemente como se ha explicado anteriormente bajo el control del controlador 203. Como alternativa, puede ser activado y controlado por señales desde el TS 100 donde el controlador 106 determina el protocolo de actividad. La transmisión, de las órdenes etc. desde el controlador 106 en el TS 100 al controlador 203 en el SS 200 puede implementarse utilizando cualquier modalidad de comunicación convencional empleando un transmisor de control 131 en el TS 100 y un receptor correspondiente 232 en el SS 200. Por ejemplo,
15 el ultrasonido, el campo magnético o la RF (por ejemplo, Bluetooth) pueden ser transmitidos por el transmisor de control 131 en el TS 100 y recibido por el receptor 232 en el SS 200 para comunicarse.

20 En algunas realizaciones, el PRE 202 puede integrarse en el receptor 232. El SS 200 también puede activarse por medio de un control remoto. Cuando la información relevante se puede obtener en un tiempo relativamente corto y se requiere sólo periódicamente, por ejemplo cada 5 minutos, el reflector puede activarse periódicamente en momentos predeterminados y el transmisor puede sincronizarse con esta periodicidad.

25 En aplicaciones en las que la notificación sensor requiere solo un ciclo de trabajo relativamente pequeño, la transmisión del TS al PRE 202 puede utilizarse para generar corrientes eléctricas que cargan la batería SS 207 (y / o un condensador, no mostrado). La liberación de energía en este modo se describe en la referencia *Mazzilli* identificada anteriormente. Como alternativa, otros elementos piezoeléctricos que no actúan como reflectores se pueden utilizar para un propósito similar (es decir, la energía de recolección).

30 El PRE 202 tiene, preferentemente, una impedancia muy alta y es activado por tensiones bajas con el fin de consumir una corriente extremadamente baja tal que no se agotará la batería del SS. Además, como la impedancia del piezoeléctrico es una función inversa de la frecuencia, pueden ser preferentes las formas de onda de baja frecuencia para la vibración del PRE 202. El PRE 202 se puede estar recubierto, opcionalmente, por un material altamente reflectante (que tiene una velocidad de sonido muy diferente de la de los tejidos). Preferentemente, no debe intervenir aire (incluido el tejido pulmonar que contiene aire) entre el PRE 202 y los tejidos que lo separan del
35 TS 100, ya que el aire amortiguará la señal de vibración y atenuará fuertemente el haz de ultrasonidos.

40 Obsérvese que en las realizaciones descritas en el presente documento, el PRE 202 no genera una onda que se propaga. En su lugar, modula una señal entrante. Ventajosamente, se requiere una energía muy baja debido a que el consumo de energía del SS 200 implantado se relacionará sólo con la propia detección y con la activación del PRE 202 (es decir, haciendo que el PRE se mueva de manera que el movimiento desplazará la frecuencia con respecto a el haz de ultrasonidos entrante) y realmente no transmitirá los datos al mundo exterior.

45 Obsérvese que el SS 200 se implanta, preferentemente, en una orientación tal que el PRE 202 se enfrenta al haz de ultrasonidos generado por el TS 100.

50 Obsérvese que un gran número de implantes SS 200 puede distribuirse en un único cuerpo, tal como se representa en la figura 2 (por ejemplo, de F1 a F4). El TS 100 dirige la energía de ultrasonidos 120 a una frecuencia portadora sobre los elementos piezoeléctricos contenidos en cada SS 200, de modo que los cambios de la velocidad de una superficie del elemento piezoeléctrico desplazan la frecuencia con respecto al portador. A continuación, el TS 100 detecta las reflexiones de ultrasonidos 220 desplazadas por frecuencia desde el SS 200. Obsérvese que una pluralidad de dispositivos SS 200 incluso se pueden leer de forma simultánea por un solo TS 100 a condición de que en cada uno, la información detectada sea codificada con diferentes frecuencias.

55 Obsérvese que estructuras, tales como huesos o pulmones llenos de aire, pueden interferir con la imagen de ultrasonidos debido a la dispersión. Sin embargo, las mediciones Doppler son posibles a pesar de la dispersión y la atenuación, como se explica en Y. Palti et al. *Pulmonary Doppler Signals: a Potentially New Diagnostic Tool* Eur. J. Echocardiography 12; 25–31 (2011) y Y. Palti et al. *Footprints of cardiac mechanical activity as expressed in lung Doppler signals*, Echocardiography, in pres. (2014).

60 Obsérvese que aunque la realización preferente descrita anteriormente utiliza haces de ultrasonidos, otras ondas, tales como RF, pueden sustituir a los ultrasonidos en realizaciones menos preferentes. Sin embargo, estas otras ondas son menos preferentes que los ultrasonidos porque la atenuación para RF en 60 - 90 dB (a 2,45 GHz) y la atenuación para los campos magnéticos son de 50 dB (a 1 MHz), en comparación con los ultrasonidos, que tienen una atenuación relativamente baja. Más específicamente, la atenuación de los ultrasonidos en un cuerpo vivo a
65 través de una distancia típica de 10-20 cm, debe ser sólo 8 - 16 dB (a 1 MHz). Además, el procesamiento Doppler es común para los ultrasonidos.

Si bien la presente invención se ha divulgado con referencia a ciertas realizaciones, numerosas modificaciones, alteraciones y cambios en las realizaciones descritas son posibles, siempre y cuando que no se aparten del alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas. En consecuencia, se pretende que la presente invención no se limite a las realizaciones descritas, sino que su alcance total está definido por el lenguaje de las reivindicaciones siguientes.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un aparato sensor que comprende:

5 un transductor (202) que tiene una superficie reflectante de ultrasonidos que se mueve en respuesta a una señal de control aplicada, en el que las variaciones en la señal de control aplicada causan variaciones correspondientes en la velocidad de la superficie;
 un sensor (201) que genera una señal de salida que depende de un parámetro detectado; y
 un primer circuito de control que genera la señal de control que se aplica al transductor (202) en base a la señal
 10 de salida generada por el sensor (201), de manera que las variaciones en el valor de la señal de salida tienen como resultado variaciones correspondientes en la señal de control;
 en el que la respuesta del transductor (220) a la señal de control aplicada y la respuesta del primer circuito de control a la señal de salida son repetibles de forma tal que el valor de la señal de salida se puede determinar mediante la medición de las variaciones en la velocidad de la superficie usando ultrasonidos Doppler aplicados
 15 externamente.

2. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende:

20 una alojamiento biocompatible (208), en el que el transductor (202), el sensor (201) y el primer circuito de control están todos alojados en la alojamiento (208).

3. El aparato de la reivindicación 2, que además comprende:

25 una batería (207) que proporciona energía al sensor (201) y el primer circuito de control, en el que la batería (207) está alojada en la alojamiento (208).

4. El aparato de la reivindicación 1, en el que el primer circuito de control comprende un procesador (215) y un circuito de control (217).

30 5. El aparato de la reivindicación 1, en el que la señal de control tiene una frecuencia de entre 50 y 1000 Hz.

6. El aparato de la reivindicación 1, en el que el movimiento de la superficie comprende una vibración.

35 7. El aparato de la reivindicación 1, en el que el transductor (202) comprende un elemento piezoeléctrico.

8. Un aparato, que comprende:

40 una sección implantada (200) que comprende el aparato sensor de la reivindicación 1; y
 una sección externa (100) que incluye 1) un transmisor de ultrasonidos (104) configurado para dirigir la energía de ultrasonidos a una frecuencia portadora en el transductor (202), 2) un receptor de ultrasonidos (105) configurado para detectar reflexiones de ultrasonidos desde la superficie que se han desplazado en frecuencia por el movimiento de la superficie, 3) un procesador Doppler (114) configurado para determinar la velocidad de la superficie en base a las reflexiones detectadas y 4) un segundo circuito de control configurado para mapear la velocidad determinada en un valor de parámetro detectado.
 45

9. Un método de comunicación con un sensor implantado, comprendiendo el método las etapas de:

50 obtener una señal de salida de un sensor (201), en el que la señal de salida depende de un parámetro detectado; generar, en base a la señal de salida obtenida a partir del sensor (201), una señal de control para dirigir un transductor (202), de manera que las variaciones en el valor de la señal de salida tienen como resultado variaciones correspondientes en la señal de control, en el que la señal de control está configurada para hacer que una superficie reflectante de ultrasonidos del transductor (202) se mueva y las variaciones en la señal de control aplicada producen variaciones correspondientes en la velocidad de la superficie;
 55 aplicar la señal de control al transductor (202), en el que la respuesta del transductor (202) a la señal de control aplicada y la generación de la señal de control basada en la señal de salida obtenida a partir del sensor (201) son repetibles, de tal manera que el valor de la señal de salida se puede determinar mediante la medición de las variaciones en la velocidad de la superficie usando ultrasonidos Doppler aplicados externamente;
 dirigir la energía de ultrasonidos a una frecuencia portadora sobre el transductor (202); detectar las reflexiones de ultrasonidos desde la superficie que se han desplazado en frecuencia por el movimiento de la superficie;
 60 usar el procesamiento Doppler para determinar la velocidad de la superficie en base a las reflexiones detectadas;
 y
 mapear la velocidad determinada en un valor del parámetro detectado.

65 10. El aparato de la reivindicación 8 o el procedimiento de la reivindicación 9, en el que se selecciona la señal de control para producir la modulación FM del portador cuando la superficie se mueve.

ES 2 656 122 T3

11. El aparato de la reivindicación 8 o el procedimiento de la reivindicación 9, en el que la señal de control comprende una forma de onda triangular.

5 12. El aparato de la reivindicación 8 o el procedimiento de la reivindicación 9, en el que la señal de control tiene una frecuencia de entre 50 y 1000 Hz.

13. El aparato de la reivindicación 8 o el procedimiento de la reivindicación 9, en el que la frecuencia portadora está entre 1 y 20 Hz.

10 14. El aparato de la reivindicación 8 o el procedimiento de la reivindicación 9, en el que el movimiento de la superficie comprende una vibración.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

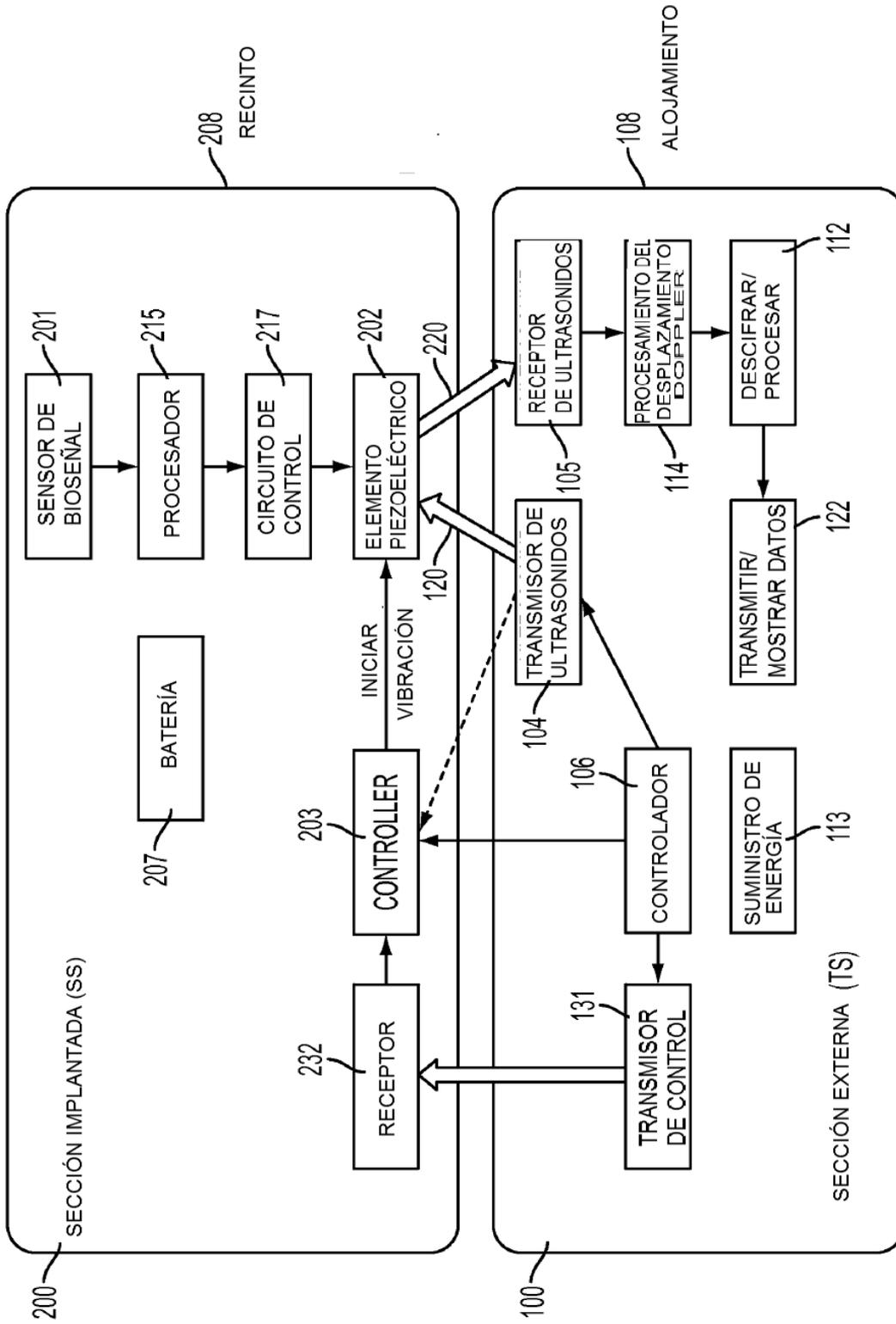


FIG. 1

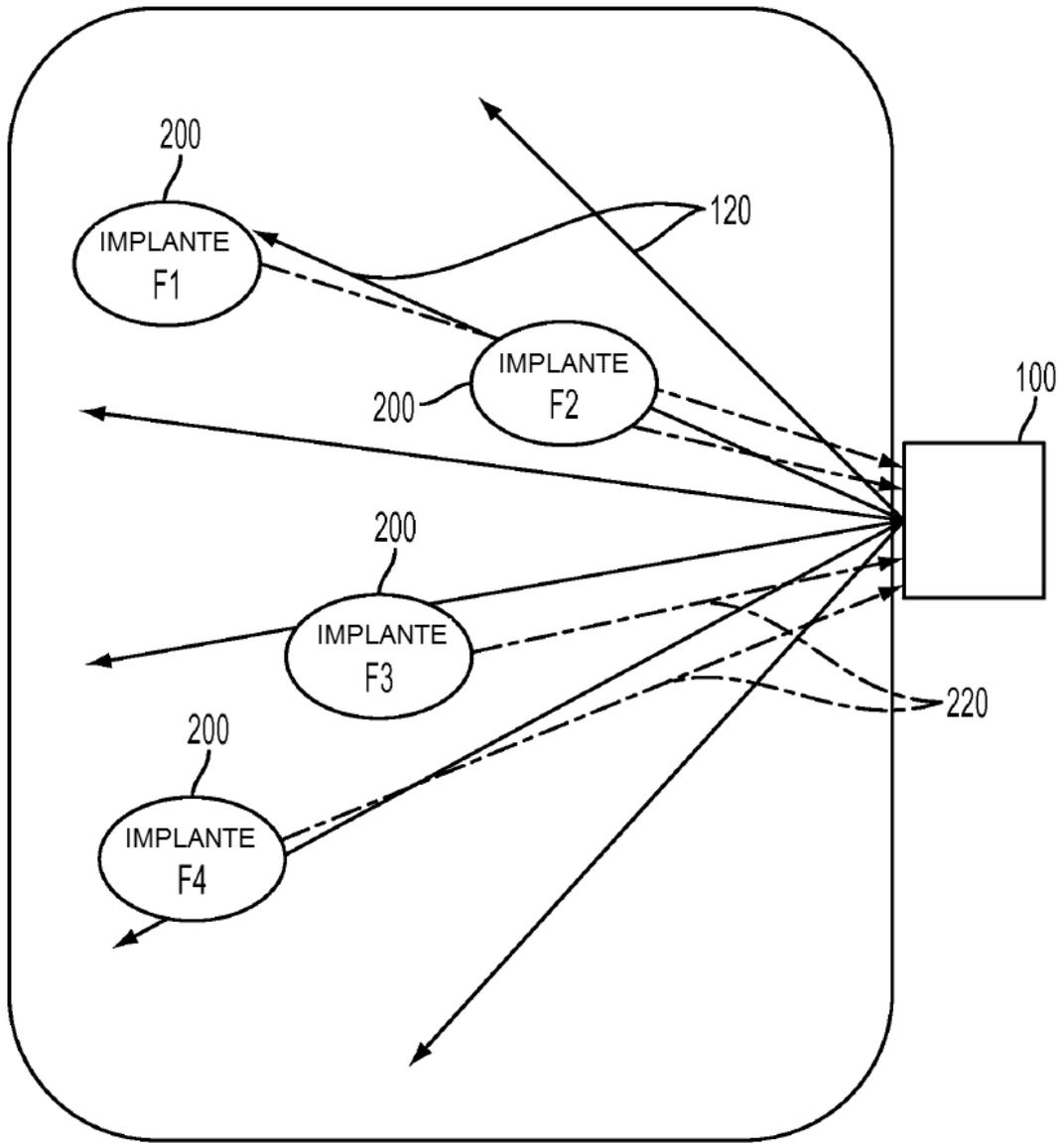


FIG. 2