

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 943 234**

51 Int. Cl.:

H03J 3/04 (2006.01)

H03L 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2016 PCT/EP2016/067541**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.01.2018 WO18014970**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2016 E 16745086 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2023 EP 3488525**

54 Título: **Corrección de deriva en una red inalámbrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.06.2023

73 Titular/es:
**FUNDACIO PER A LA UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA (UOC) (100.0%)
Avenida del Tibidabo, 39-43
08035 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:
**VILAJOSANA GUILLÉN, XAVIER;
MARTÍNEZ HUERTA, BORJA;
ADELANTADO FREIXER, FERRAN y
TUSET PEIRÓ, PERE**

74 Agente/Representante:
CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 943 234 T3

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

DESCRIPCIÓN

Corrección de deriva en una red inalámbrica

5

La presente divulgación se refiere a procedimientos y a dispositivos para corrección de deriva de reloj en redes inalámbricas.

10

ANTECEDENTES

La aparición de las tecnologías de redes de área amplia de baja potencia (LPWAN: Low power wide area network) está acelerando el despliegue de redes operadas que prestan servicios de comunicación Máquina a Máquina (M2M: machine to machine) sin interrupciones utilizando un modelo de servicio similar al de las redes celulares. Estas tecnologías son una respuesta clave para grandes despliegues de sensores, como contadores inteligentes y otras aplicaciones de ciudades inteligentes, en los que una operación a bajo consumo es crítica, si bien los requisitos de comunicación son poco precisos e insensibles al tiempo.

15

Estas aplicaciones comparten dos características principales: un operación restrictiva en ciclos de trabajo y periodos muy largos entre notificaciones a una unidad central para aumentar la duración de la batería y regular el uso del espectro.

20

Las últimas tecnologías LPWAN tales como LoRaWAN, Sigfox, Ingenu, Weightless o NB-IOT hacen uso de modulaciones muy robustas, explotando comunicaciones de banda estrecha o técnicas de espectro ensanchado tales como Espectro Ensanchado por pulsos de tipo Chirp (CSS: Chirp Spread Spectrum). Esto garantiza enlaces de largo alcance con el soporte de potentes decodificadores en recepción, evitando los enfoques multi salto. Algunas de estas tecnologías utilizan un simple acceso al medio Aloha, sujeto a contención y con un rendimiento limitado bajo congestión en torno al 18%.

25

Las tecnologías basadas en Aloha se basan en retransmisiones para hacer frente a la contención. Debido a su baja velocidad de transmisión de datos y a su cobertura de largo alcance, el coste de las retransmisiones tras una colisión tiene un impacto importante en el rendimiento de la red y en el consumo de energía. Dada la muy baja velocidad de transmisión de datos y la estricta normativa sobre ciclos de trabajo, estas tecnologías se ven limitadas en el número de paquetes que pueden transmitir por hora.

30

Por el contrario, los enfoques sincronizados, basados en TDMA, suelen requerir un pulso GPS por segundo para mantener la sincronización y mantener sus relojes alineados. Los transductores GPS son caros en términos de coste y de energía y limitan la vida útil de esas tecnologías sincronizadas.

35

Con el fin de mejorar el rendimiento de las tecnologías basadas en Aloha y reducir el consumo de energía de las tecnologías LPWAN sincronizadas basadas en GPS, se necesitan unas técnicas de sincronización adaptativa. En un enfoque de sincronización adaptativa, los relojes individuales de los nodos son sincronizados y realineados periódicamente para compensar la deriva natural del reloj de cristal, la dependencia de la temperatura y la variabilidad inherente. Estos efectos combinados acumulan un error importante en largos periodos de reposo, que debe ser compensado para reducir los tiempos de guarda en las franjas horarias de comunicación. Normalmente, la precisión de la sincronización en un nodo se basa en realinear su reloj interno con una fuente de tiempo vecina a través de la comunicación por radio o en utilizar otra fuente de tiempo local, tal como un GPS, para obtener una referencia de tiempo universal.

40

45

Los enfoques TDMA más comunes utilizan una señal periódica para alinear el reloj de los nodos teniendo en cuenta que la deriva del periodo entre paquetes es menor que el tiempo de guarda de la capa MAC. En las tecnologías LPWAN, sin embargo, las restricciones de ciclo de trabajo y consumo energético limitan ese periodo a un número varios órdenes de magnitud mayor que el de los enfoques actuales, lo que repercute directamente en el tiempo de guarda de la capa MAC.

50

El documento W002093748 describe un receptor que usa un algoritmo adaptativo para sintonizar un oscilador de cristal de bajo coste de acuerdo con un perfil de compensación de temperatura para producir una frecuencia de referencia maestra de precisión a pesar de la temperatura, la tolerancia inicial y los efectos del envejecimiento.

55

El documento US2010216407 describe un sistema y un procedimiento para una calibración dinámica de temperatura de una referencia de frecuencia en una estación base inalámbrica.

60

Sería deseable proporcionar un mecanismo y una arquitectura de sincronización de reloj que resolviera, al menos parcialmente, los problemas mencionados anteriormente.

65

RESUMEN

Se propone un procedimiento de sincronización de un reloj de dispositivo (405) en una red inalámbrica para mejorar la precisión de la frecuencia de reloj y reducir la deriva a largo plazo de acuerdo con la reivindicación independiente de procedimiento número 1 adjunta.

5

Este procedimiento combina un mecanismo de disciplina para alinear el reloj con una referencia con una compensación de deriva basada en una caracterización térmica del dispositivo. El procedimiento se basa en una realineación de reloj con una referencia de fuente de tiempo combinada con una predicción adaptativa de la tasa de deriva y una compensación automática usando dos tablas de corrección. El reloj puede ser un reloj de cristal, un oscilador digital o cualquier otra fuente de reloj. La deriva se estima a partir de unas curvas generadas a través de la interpolación de pares de deriva y temperatura reales contenidos en unas tablas que describen la relación entre deriva y temperatura característica del dispositivo.

10

15

En un primer aspecto, se divulga un procedimiento de mejorar la precisión de un reloj de dispositivo. El procedimiento comprende identificar una temperatura del dispositivo, identificar una deriva del reloj asociada a la temperatura identificada y aplicar una corrección al reloj del dispositivo en base a la deriva identificada. Para la temperatura identificada del dispositivo, la deriva se identifica comparando la confianza del valor de deriva en una curva de pre calibración generada a partir de valores de deriva fijos en una tabla de pre calibración con la confianza del valor de deriva en una curva de aprendizaje generada a partir de valores de deriva variables en una tabla de aprendizaje y seleccionando el valor de deriva de la curva que tiene la confianza de deriva más alta. La temperatura identificada puede ser la temperatura promedio entre dos sincronizaciones. La segunda tabla, es decir, la tabla de aprendizaje, es mantenida de modo que sus valores son actualizados a lo largo del tiempo con el fin de aumentar la confianza de los valores de deriva que pueda almacenar. Los valores de la tabla de pre calibración permanecen invariables y son pre configurados durante la fase de producción sin tener en cuenta las peculiaridades del reloj específico. De este modo, como la tabla de aprendizaje es actualizada con valores adquiridos en base a la experiencia de deriva real del reloj específico, puede proporcionar valores de deriva de mayor confianza a lo largo del tiempo, logrando de este modo una menor dependencia de la tabla de pre calibración.

20

25

30

Aplicando una corrección de la curva obtenida a partir de la tabla de pre calibración o de la curva obtenida a partir de la tabla de aprendizaje, en base a la confianza máxima, se puede alcanzar una deriva de una parte por millón (1ppm).

35

De acuerdo con la invención, se utiliza un algoritmo de entrenamiento para actualizar la curva de aprendizaje. El algoritmo de entrenamiento puede ser un algoritmo de ajuste polinómico, por ejemplo, un algoritmo de ajuste polinómico de segundo orden, tal como un ajuste de mínimos cuadrados de segundo orden.

40

45

Según la invención, el procedimiento comprende además la recepción de una señal de sincronización procedente de una fuente remota. Esto puede comprender la recepción de un evento procedente de un dispositivo remoto, o la recepción de un paquete de sincronización procedente de un nodo remoto, la alineación del reloj en base a datos en el paquete de sincronización y la actualización de los valores de deriva variables de la tabla de aprendizaje utilizando dichos datos en el paquete de sincronización. Los términos "evento de sincronización", "señal de sincronización" y "paquete de sincronización" se utilizan indistintamente y se pueden referir a cualquier tipo de evento o recepción de datos que pueda permitir la sincronización del reloj del dispositivo. El procedimiento se puede aprovechar de eventos de sincronización basados en paquetes dispersos para mejorar la información de calibración y refinar progresivamente la característica de deriva y temperatura de acuerdo con el comportamiento real medido. Durante la operación de un nodo, se puede utilizar una curva ajustada de deriva y temperatura para corregir la deriva dada la temperatura promedio para ese periodo de inter sincronización. Utilizando la curva inferida, un dispositivo puede rastrear su deriva y compensarla cuando sea necesario, ya sea periódicamente, cuando se requiere que el nodo esté siempre perfectamente sincronizado, o eventualmente, justo antes de un evento deseado. Tras la recepción de un evento de sincronización procedente de una fuente de referencia de tiempo, se puede utilizar el valor de deriva medido para actualizar la curva de ajuste, así como para realinear el reloj del nodo receptor con la referencia ya sea cuando se recibe el evento de sincronización o más tarde.

50

55

60

En algunos ejemplos, la aplicación de una corrección puede comprender la identificación de un número de tics a corregir y la aplicación del número de tics identificado al reloj. La aplicación del número de tics identificado puede comprender sumar o restar el número de tics identificado al contador del reloj para tener en cuenta una deriva positiva o negativa, respectivamente.

65

En algunos ejemplos, el procedimiento puede comprender además el ajuste de un tiempo de guarda en base a la confianza del valor de deriva en la curva de aprendizaje. Conocer el valor de deriva con una mayor confianza puede permitir un ajuste más preciso del tiempo de guarda.

En otro aspecto, se divulga un dispositivo para sincronizar un reloj en una red inalámbrica de acuerdo con la reivindicación independiente de aparato número 9 adjunta.

En algunos ejemplos, el dispositivo puede comprender además medios para almacenar la tabla de pre calibración y medios para almacenar la tabla de aprendizaje. Los medios de almacenamiento pueden ser una o varias memorias.

5

De acuerdo con la invención, el dispositivo comprende además medios para recibir un paquete de sincronización procedente de un nodo remoto, medios para alinear el reloj en base a datos en el paquete de sincronización, y medios para actualizar la tabla de aprendizaje utilizando dichos datos en el paquete de sincronización.

10

En otro aspecto, se divulga un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 11 adjunta.

15

El producto de programa informático puede estar incorporado en un medio de almacenamiento (por ejemplo, un CD-ROM, un DVD, una unidad USB, en una memoria informática o en una memoria de sólo lectura) o ser transportado en una señal portadora (por ejemplo, en una señal portadora eléctrica u óptica).

20

El programa informático puede estar en forma de código fuente, código objeto, un código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como por ejemplo en una forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada para su uso en la implementación de los procesos. La portadora puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de transportar el programa informático.

25

Por ejemplo, la portadora puede ser un medio de almacenamiento, tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM semiconductora, o un medio de grabación magnética, por ejemplo un disco duro. Además, la portadora puede ser una portadora transmisible, tal como una señal eléctrica u óptica, que puede ser transmitida por cable eléctrico u óptico o por radio u otros medios.

30

Cuando el programa informático está incorporado en una señal que puede ser transmitida directamente por un cable u otro dispositivo o medio, la portadora puede estar constituida por dicho cable u otro dispositivo o medio.

35

Alternativamente, la portadora puede ser un circuito integrado en el que el programa informático se encuentra embebido, estando el circuito integrado adaptado para realizar, o para su uso en la realización de, los procedimientos pertinentes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

40

A continuación se describirán ejemplos no limitativos de la presente divulgación, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 ilustra de forma esquemática un diagrama de flujo de un procedimiento de sincronización de un reloj según un ejemplo;

45

La Figura 2 ilustra de forma esquemática un procedimiento de identificación de una deriva según un ejemplo;

La Figura 3a y la Figura 3b son diagramas de deriva y temperatura que ilustran una confianza a partir de tablas de pre calibración y de aprendizaje según un ejemplo;

50

La Figura 4 ilustra de forma esquemática un dispositivo según un ejemplo. El dispositivo 400 puede comprender un reloj 405.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE EJEMPLOS

55

La figura 1 ilustra de forma esquemática un diagrama de flujo de un procedimiento de sincronización de un reloj según un ejemplo. En el bloque 105 el proceso puede ser inicializado. A continuación, en el bloque 110, una tabla de pre calibración que puede estar pre instalada en una primera memoria, puede ser copiada en una segunda memoria. La segunda memoria puede ser una memoria actualizable, por ejemplo una RAM. A partir de entonces, la copia de la tabla de pre calibración se puede denominar tabla de aprendizaje. En el bloque 115, en base al contenido de la tabla de aprendizaje, se pueden actualizar unos parámetros de una función de interpolación, por ejemplo, un polinomio. La función de interpolación puede indicar la confianza de los valores de la tabla de aprendizaje. La función de interpolación se puede basar en funciones de intervalos de confianza estadística. Se entiende que durante la primera pasada, y mientras el contenido de la tabla de aprendizaje sea igual al contenido de la tabla de pre calibración, la confianza de la tabla de aprendizaje será igual a la confianza de la tabla de pre calibración. En el bloque 120, se puede identificar una temperatura, que puede corresponder a la temperatura promedio del dispositivo entre dos sincronizaciones. A continuación, en el bloque 125, se identifica un valor de deriva asociado a la temperatura

65

identificada. El proceso de identificación del valor de deriva se explicará en detalle con referencia a la Figura 2. Ahora, en el bloque 125, cuando se ha identificado el valor de deriva, se aplica una corrección en base a la deriva identificada. A continuación, en el bloque de decisión 130, se comprueba si se ha recibido un paquete de sincronización procedente de un nodo remoto. Si no se ha recibido ningún valor de sincronización, entonces el proceso continúa al bloque 120 para identificar una próxima temperatura promedio o un cambio de temperatura. Si se ha recibido un evento o paquete de sincronización, entonces el proceso continúa al bloque 135. En el bloque 135, el reloj es alineado, es decir, corregido, en base a datos (por ejemplo, número de tics) que se encuentran incluidos en el paquete de sincronización recibido. A continuación, en el bloque 140, la tabla de aprendizaje es actualizada en base a los datos recibidos. Es decir, el valor de deriva recibido procedente del nodo remoto es asociado con la temperatura identificada y es almacenado en la tabla de aprendizaje. Cabe señalar que la corrección del reloj y la actualización de la tabla son dos acciones separadas que se pueden realizar al mismo tiempo o en momentos diferentes. También se observa que la temperatura identificada puede ser la temperatura promedio entre dos eventos de sincronización. El proceso continúa entonces en el bloque 115, en el que la función de interpolación, y por tanto la confianza asociada, es actualizada en base a los nuevos valores de deriva de la tabla de aprendizaje actualizada. Cada vez que se almacena un nuevo par de valores de temperatura y deriva, se puede actualizar la función de interpolación y su confianza asociada con valores que corresponden al reloj en particular. Es decir, la tabla de aprendizaje puede ser menos dependiente de valores adquiridos inicialmente de la tabla de pre calibración que pueden no ser específicos del reloj en particular o pueden haber cambiado a lo largo del tiempo a causa del envejecimiento del dispositivo. A medida que se almacenan más y más pares de valores en la tabla de aprendizaje, el nivel de confianza de la tabla de aprendizaje puede mejorar a medida que los pares de valores almacenados corresponden a las características del reloj específico.

La Figura 2 ilustra de forma esquemática un procedimiento de identificación de una deriva según un ejemplo. La identificación de una deriva puede corresponder sustancialmente al bloque 125 de la Figura 1. Cuando se identifica una temperatura, en el bloque 205 se compara la confianza de la tabla de pre calibración para la temperatura identificada con la confianza de la tabla de aprendizaje para la temperatura identificada. En el bloque de decisión 210, si la confianza de la tabla de pre calibración es mayor que la confianza de la tabla de aprendizaje, para la temperatura identificada, entonces el proceso continúa al bloque 215 y se selecciona un valor de deriva de la curva de pre calibración que se deriva a partir de la tabla de pre calibración. Si la confianza de la curva de aprendizaje es mayor que la confianza de la tabla de pre calibración, para la temperatura identificada, entonces el proceso continúa al bloque 220 y se selecciona un valor de deriva de la curva de aprendizaje que se deriva a partir de la tabla de aprendizaje. En el bloque 225, el valor de deriva seleccionado, ya sea el valor de la curva de pre calibración o el valor de la curva de aprendizaje, se puede considerar la deriva identificada para la temperatura identificada. Esta deriva identificada se utiliza para aplicar la corrección al reloj en el bloque 130 de la Figura 1.

Aprovechando la curva de ajuste derivada, un dispositivo es capaz de predecir su deriva localmente, y hacer uso del error predicho para reducir los tiempos de guarda y/o aumentar el intervalo entre eventos de sincronización.

La Figura 3a y la Figura 3b son diagramas de deriva y temperatura que ilustran una confianza de las tablas de pre calibración y de aprendizaje según un ejemplo. La Figura 3a ilustra de forma esquemática una confianza estadística después de 12 h de aprendizaje, mientras que la Figura 3b ilustra de forma esquemática una confianza estadística después de 24 h de aprendizaje. En ambos diagramas, el eje horizontal (x) indica la temperatura (T) de 10 a 20 grados Celsius, mientras que el eje vertical (y) indica la deriva (ΔF). La zona gris oscura indica la confianza de la tabla de pre calibración, mientras que la zona gris clara indica la confianza de la tabla de aprendizaje.

En el ejemplo de las Figuras 3a y 3b, el comportamiento del cristal del reloj puede ser determinado por la siguiente ecuación:

$$\Delta F = K(T - T_0)^2 + M_0 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Suponiendo $K = 0,036 \pm 0,006$ del proceso de calibración, se puede derivar la característica de pre calibración (P) de la Figura 3a y la Figura 3b para el intervalo de temperatura de 10 a 20 grados Celsius. Por ejemplo, a $T = 15^\circ\text{C}$, el intervalo de deriva esperado puede ser: $\Delta F (T = 15^\circ) \in [-4,20, -3,00]$ ppm. El valor específico para $T = 15^\circ$ se puede obtener como la intersección (es decir, el promedio) entre la línea discontinua vertical y las dos líneas grises oscuras, que pueden representar los límites superior e inferior de confianza.

Después de 12 horas de adquisición de datos (véase la Tabla 1), puede dar lugar a un intervalo de confianza estadística similar a la zona gris claro que se muestra en la Figura 3A. Los valores específicos a $T = 15^\circ$ pueden ser $\Delta F (T = 15^\circ) \in [-4,94, -2,56]$ ppm.

Como la confianza estadística del valor de deriva de la tabla de aprendizaje es mayor que la confianza del

ES 2 943 234 T3

valor de deriva de la tabla de pre calibración, el valor de deriva puede ser seleccionado de la tabla de pre calibración para predecir la nueva deriva.

5 Después de 24 horas de adquisición de datos (véase la tabla 2), se puede derivar un nuevo intervalo de confianza estadística para $T = 15^\circ$ como $\Delta F (T = 15^\circ) \in [-3,95, -3,00]$ ppm.

10 Ahora, el límite inferior del nuevo intervalo estadístico puede ser mayor (más cercano al valor real) que el límite inferior de pre calibración. Por lo tanto, el valor de deriva puede ser seleccionado de la tabla de aprendizaje para predecir la nueva deriva.

Hora	Temperatura[°C]	Deriva[ppm]
00:00	4,2	-15,2770
00:30	3,9	-15,8760
01:00	3,5	-16,1798
01:30	3,5	-16,9520
02:00	3,3	-16,3328
02:30	2,7	-17,5828
03:00	2,1	-18,2250
03:30	1,7	-19,3766
04:00	1,4	-19,5440
04:30	1,5	-20,3918
05:00	1,9	-19,2100
05:30	1,9	-19,2100
06:00	1,5	-19,2100
06:30	1,4	-20,3918
07:00	2,4	-19,7122
07:30	3,7	-17,1086
08:00	4,9	-15,4256
08:30	6,1	-13,6890
09:00	7,4	-11,9246
09:30	8,8	-10,4040
10:00	10,3	-8,4272
10:30	11,4	-7,0560
11:00	12,4	-6,2726
11:30	13,3	-5,1840

TABLA 1

Hora	Temperatura[°C]	Deriva[ppm]
12:00	13,8	-4,5968
12:30	14,0	-4,4356
13:00	14,1	-4,1990
13:30	13,8	-4,3560
14:00	13,2	-4,6786
14:30	12,5	-5,2708
15:00	11,8	-5,8982
15:30	11,2	-6,5610
16:00	10,8	-7,0560
16:30	10,6	-7,3616
17:00	10,4	-7,5690
17:30	10,2	-7,7792
18:00	10,0	-7,8854
18:30	9,7	-8,3174
19:00	9,5	-8,5378
19:30	9,3	-8,7610
20:00	9,2	-8,8736
20:30	9,0	-8,9870
21:00	8,8	-9,3316
21:30	8,6	-9,5648
22:00	8,2	-9,8010
22:30	7,8	-10,4040
23:00	7,6	-10,7744
23:30	7,5	-10,8994

TABLA 2

5

10

15

20

25

La Figura 4 ilustra de forma esquemática un dispositivo según un ejemplo. El dispositivo 400 comprende un reloj 405. El dispositivo puede comprender además un sensor de temperatura, por ejemplo un termómetro 410, para medir la temperatura del dispositivo. El dispositivo puede comprender además un módulo de valores de deriva 415. El módulo de valores de deriva puede comprender una primera memoria 420 para almacenar una tabla de pre calibración y una segunda memoria 425 para almacenar una tabla de aprendizaje. La tabla de pre calibración comprende valores de temperatura asociados con valores de deriva fijos, a partir de los que se deriva o calcula una respectiva curva de pre calibración con valores de confianza de pre calibración. Alternativa o adicionalmente, como la tabla de pre calibración es fija, la primera memoria puede almacenar coeficientes de la curva de pre calibración. La tabla de aprendizaje tiene unos valores de temperatura asociados a valores de deriva. El dispositivo puede comprender además un módulo de corrección de deriva 430. El módulo de corrección de deriva 430 puede comprender un procesador para calcular curvas de interpolación a partir de los valores de deriva de las dos tablas y generar confianzas asociadas de las correspondientes curvas de interpolación. A continuación, el módulo de corrección de deriva 430 puede recibir valores de temperatura procedentes del termómetro 410, comparar valores de confianza de las dos curvas para los valores de temperatura recibidos para las dos tablas, la tabla de pre calibración y la de aprendizaje, y seleccionar valores de deriva de la curva de interpolación con la confianza más alta. A continuación, el módulo de corrección de deriva puede aplicar el valor de deriva seleccionado, es decir, el correspondiente número de tics, a la frecuencia del reloj. El dispositivo puede incluir además un módulo de comunicaciones 440 para recibir datos de sincronización procedentes de fuentes o nodos remotos.

30

Por lo tanto, el alcance de la presente divulgación no debe ser limitado por ejemplos particulares, sino que se debe determinar únicamente a partir de una lectura imparcial de las siguientes reivindicaciones. Si en una reivindicación hay signos de referencia entre paréntesis relacionados con los dibujos, es únicamente para intentar aumentar la inteligibilidad de la reivindicación, y no se interpretará que limitan el alcance de la reivindicación.

35

Además, aunque los ejemplos que se han descrito con referencia a los dibujos comprenden aparatos/sistemas informáticos y procesos realizados en aparatos/sistemas informáticos, la invención también se extiende a programas informáticos, en particular a programas informáticos en una portadora, adaptados para poner en práctica el sistema.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de sincronización de un reloj de dispositivo (405) en una red inalámbrica, que comprende:
- 5 identificar una temperatura (120) de un dispositivo (400) que comprende el reloj de dispositivo (405);
 identificar una deriva de reloj (125) del reloj de dispositivo (405) asociada a la temperatura identificada;
 aplicar una corrección (130) al reloj de dispositivo (405) en base a la deriva de reloj identificada,
 en el que, para la temperatura identificada, la deriva de reloj es identificada comparando un intervalo de
 10 confianza estadística de un valor de deriva de reloj en una curva de pre calibración generada a partir de
 pares fijos de valores de deriva de reloj y temperaturas en una tabla de pre calibración con un intervalo de
 confianza estadística de un valor de deriva de reloj en una curva de aprendizaje generada a partir de pares
 variables de valores de deriva de reloj y temperaturas en una tabla de aprendizaje y seleccionando el valor
 de deriva de una de entre la curva de pre calibración y la de aprendizaje que tenga el intervalo de confianza
 estadística más estrecho,
- 15 recibir una señal de sincronización procedente de una fuente remota (135);
 actualizar (145) los pares variables de valores de deriva de reloj y temperaturas de la tabla de aprendizaje
 utilizando datos en la señal de sincronización;
 alineal el reloj de dispositivo (140) en base a los datos en la señal de sincronización; y
 utilizar un algoritmo de entrenamiento para actualizar la curva de aprendizaje (115).
- 20 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el algoritmo de entrenamiento es un algoritmo de
 interpolación.
- 25 3. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que el algoritmo de entrenamiento es un algoritmo
 polinómico.
4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que el algoritmo polinómico es un algoritmo polinómico
 de mínimos cuadrados de segundo orden.
- 30 5. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que aplicar una corrección
 comprende
 identificar un número de tics a corregir, y
 aplicar el número de tics identificado al reloj (405).
- 35 6. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que aplicar el número de tics identificado comprende
 sumar o restar el número de tics identificado al contador del reloj para tener en cuenta una deriva positiva
 o negativa, respectivamente.
- 40 7. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además ajustar un
 tiempo de guarda en base al intervalo de confianza estadística del valor de deriva de reloj en la curva de
 aprendizaje.
8. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además ajustar la
 frecuencia de sincronización en base al intervalo de confianza estadística del valor de deriva de reloj en la
 curva de aprendizaje.
- 45 9. Un dispositivo (400) configurado para sincronizar un reloj (405) en una red inalámbrica, que comprende:
 medios (410) para identificar una temperatura de un dispositivo (400) que comprende el reloj de
 dispositivo (405);
 medios (430) para identificar una deriva de reloj del reloj de dispositivo (405) asociada a la temperatura
 identificada y para aplicar una corrección al reloj de dispositivo (405) en base a la deriva de reloj identificada,
 en el que, para la temperatura identificada, unos medios para identificar una deriva de reloj están
 configurados para comparar un intervalo de confianza estadística de un valor de deriva de reloj en una
 curva de pre calibración generada a partir de pares fijos de valores de deriva de reloj y temperaturas en una
 tabla de pre calibración con un intervalo de confianza estadística de un valor de deriva de reloj en una curva
 de aprendizaje generada a partir de pares variables de valores de deriva de reloj y temperaturas en una
 tabla de aprendizaje y seleccionar el valor de deriva de una de entre la curva de pre calibración y la de
 aprendizaje que tenga el intervalo de confianza estadística más estrecho,
- 50 medios (440) para recibir una señal de sincronización procedente de una fuente remota;
 medios para actualizar los pares variables de valores de deriva de reloj y temperaturas de la tabla de
 aprendizaje utilizando datos en la señal de sincronización;
 medios para alineal el reloj de dispositivo en base a los datos en la señal de sincronización; y
 medios para actualizar la curva de aprendizaje utilizando un algoritmo de entrenamiento.
- 60 10. El dispositivo según la reivindicación 9, que comprende además medios (420) para almacenar la tabla
 de pre calibración y medios (425) para almacenar la tabla de aprendizaje.
- 65

11. Un producto de programa informático que comprende instrucciones de programa que, cuando el programa es ejecutado por un dispositivo informático, hacen que el dispositivo informático realice un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 de sincronización de un reloj en una red inalámbrica.

5

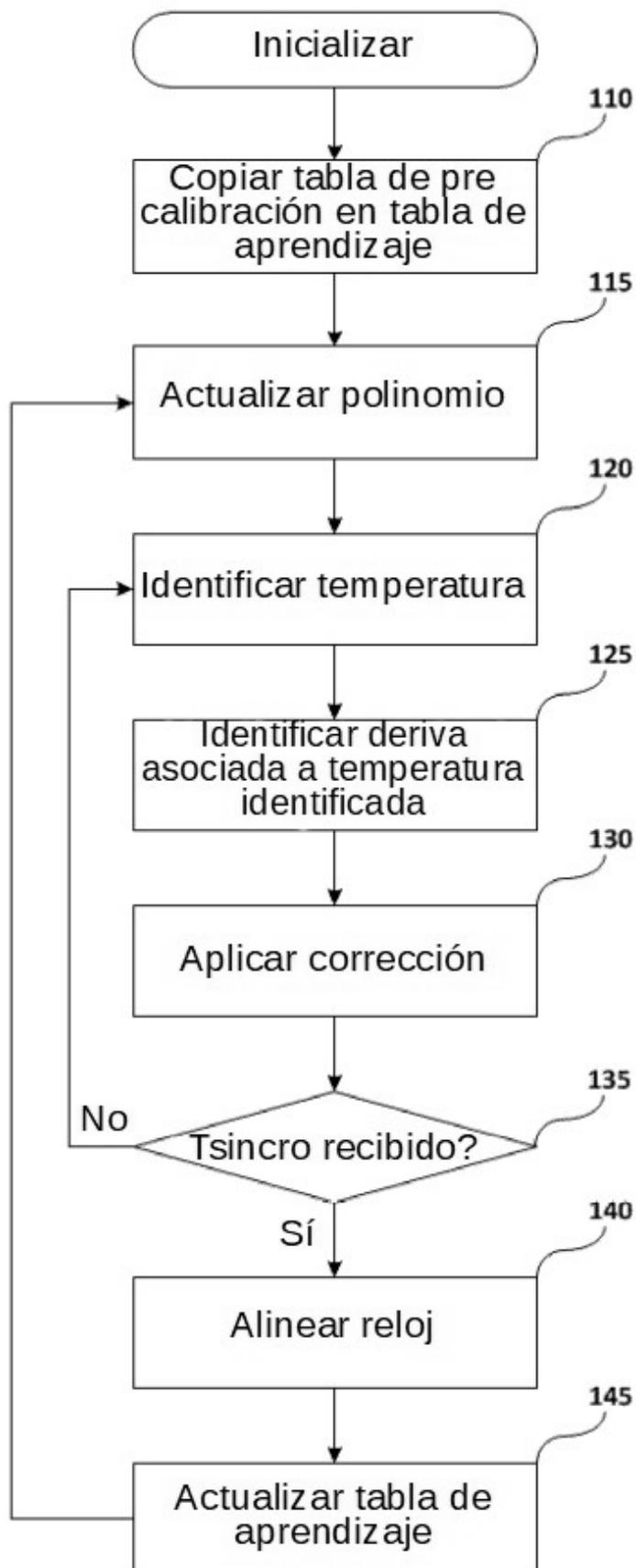


Fig. 1

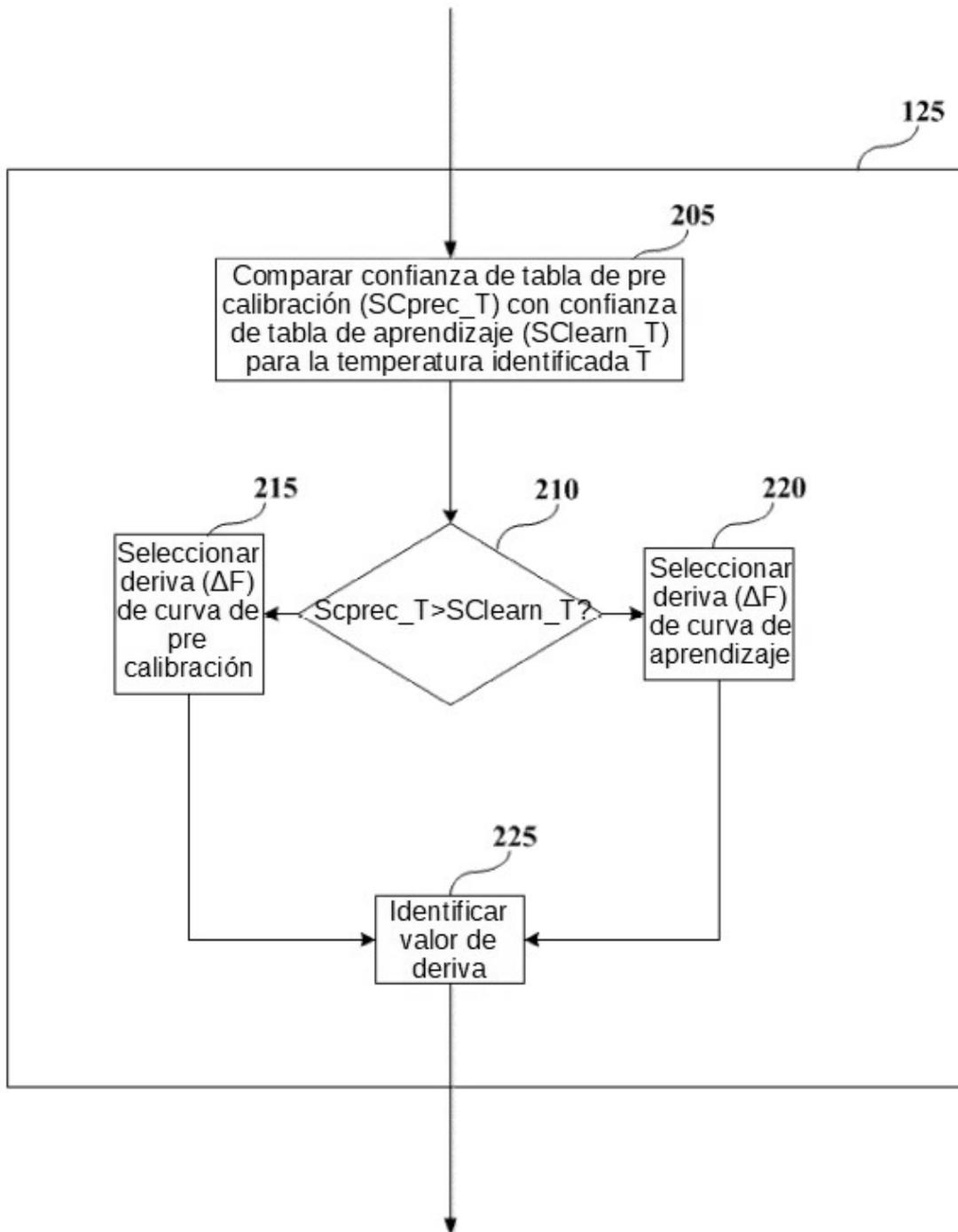


Fig. 2

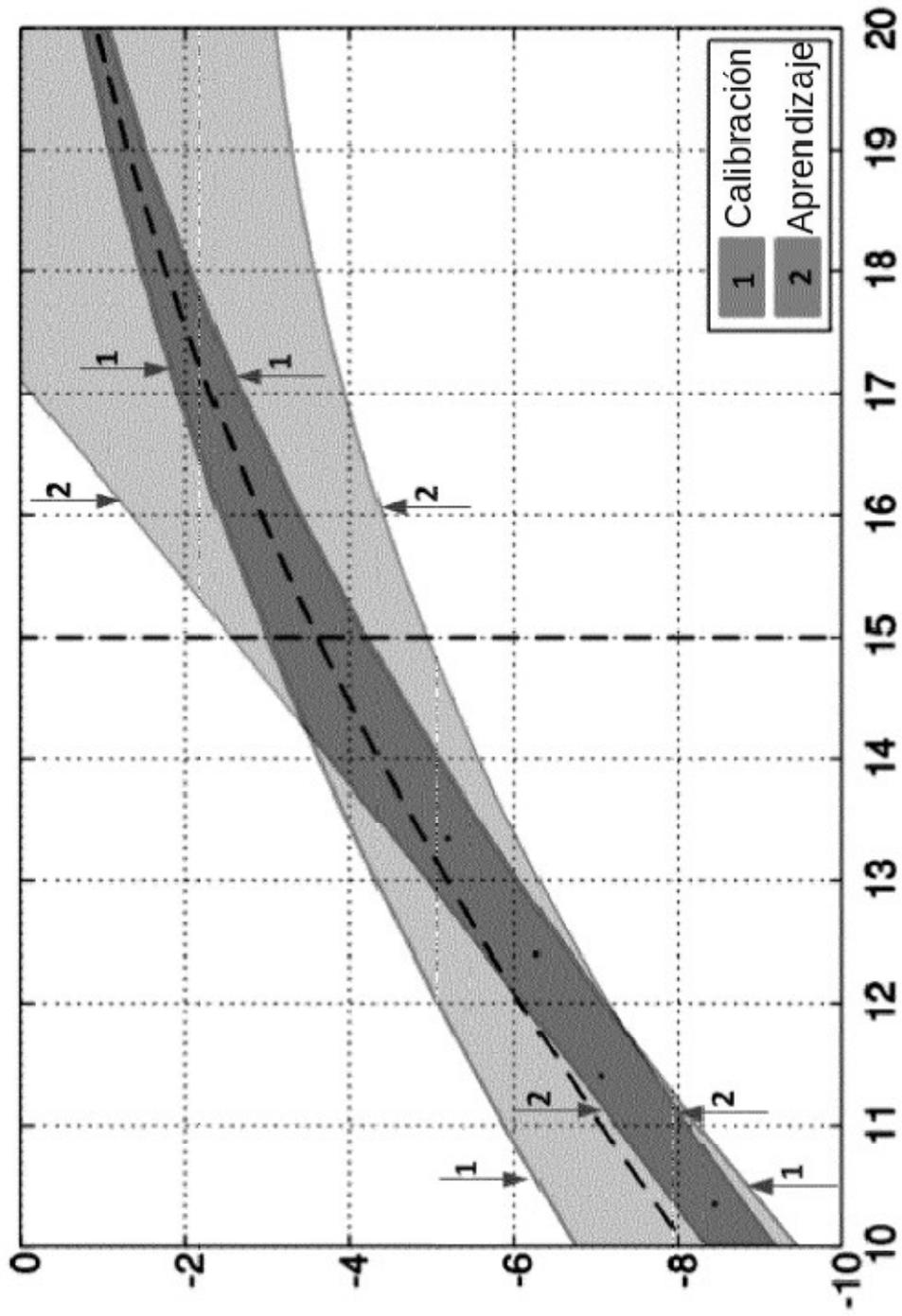


Fig. 3a

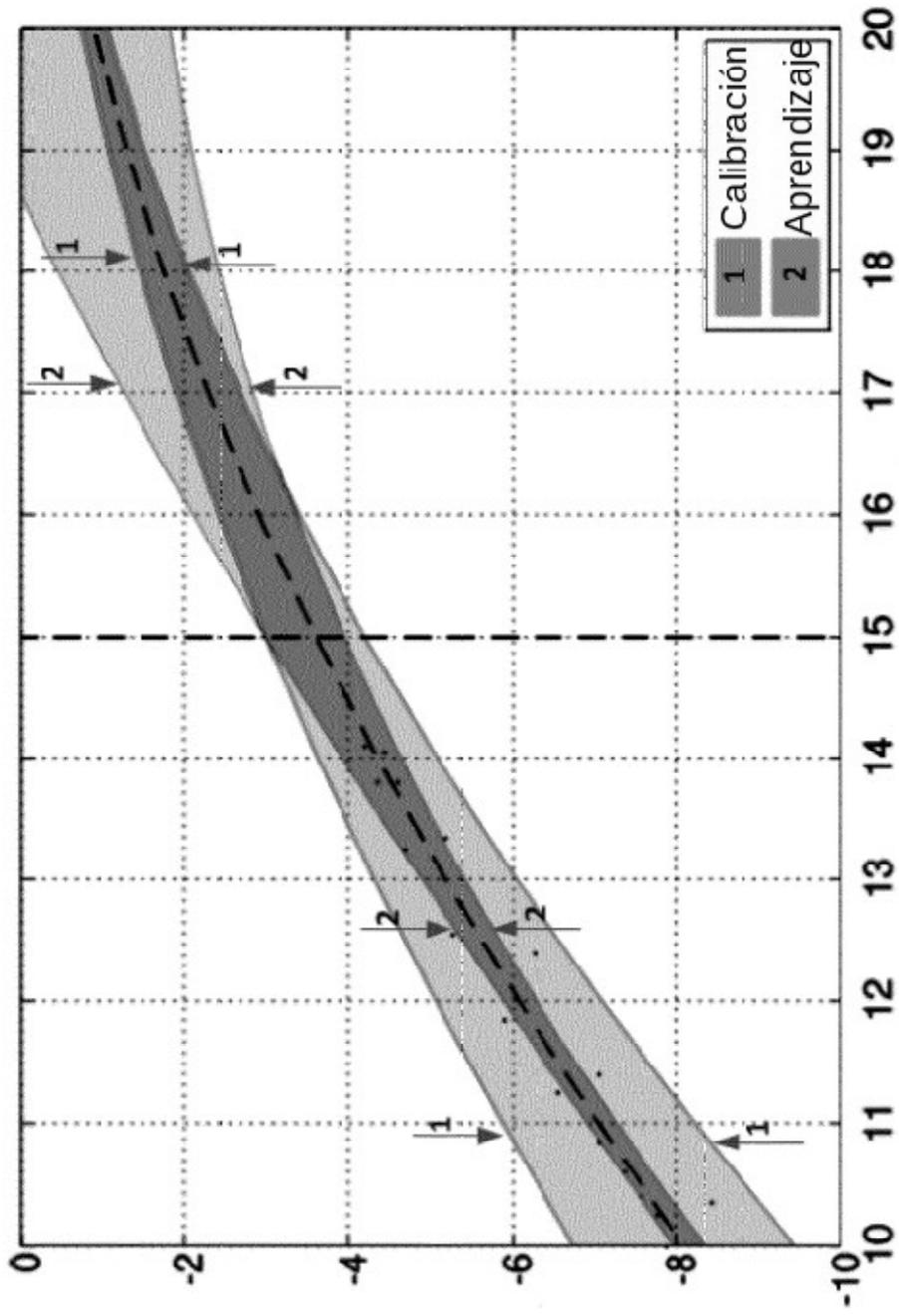


Fig. 3b

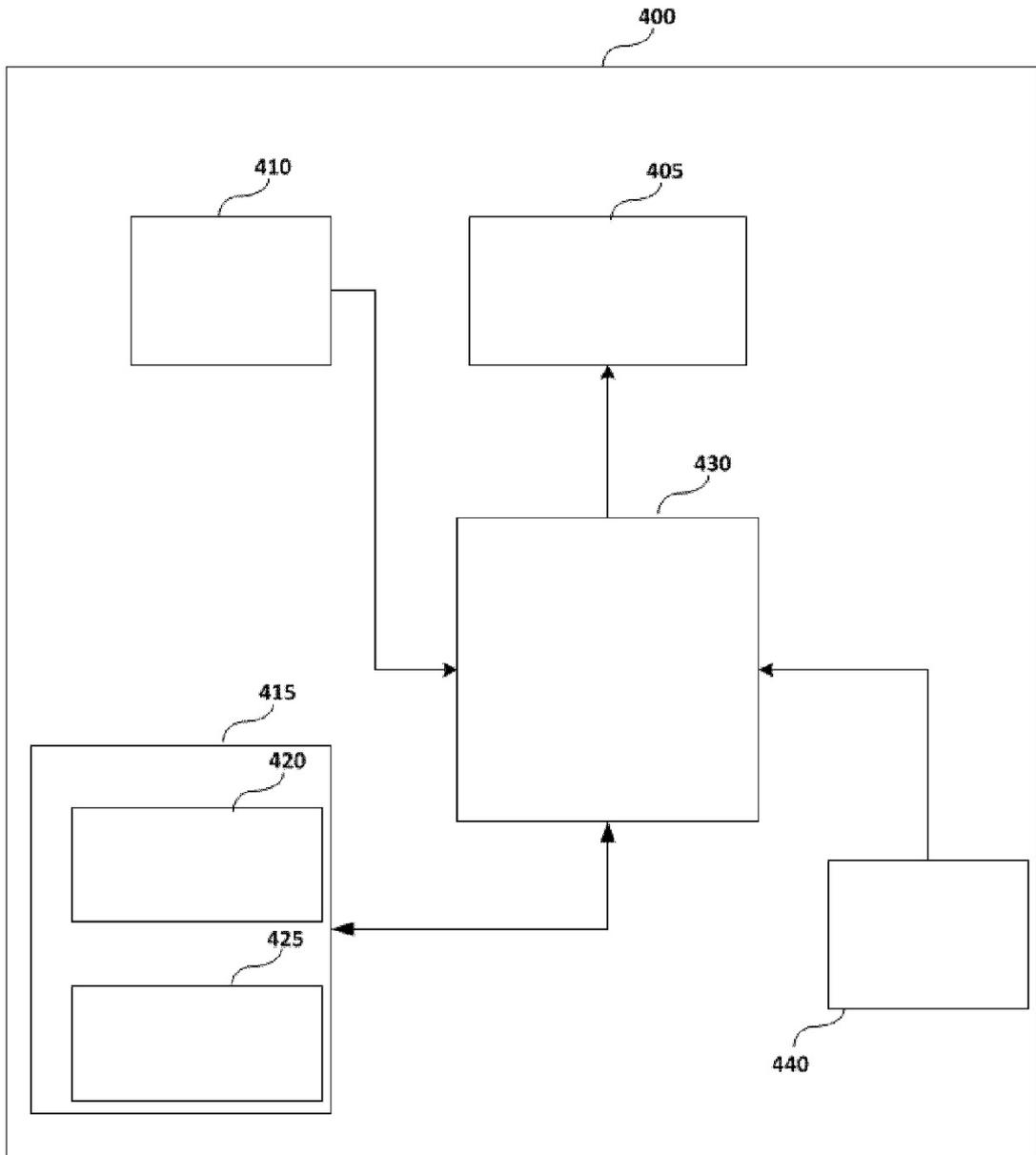


Fig. 4