

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 366**

51 Int. Cl.:

G04G 7/00 (2006.01)

G04R 20/02 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2000 PCT/EP2000/02838**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.10.2000 WO0060420**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2000 E 00915192 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 1183573**

54 Título: **Procedimiento para la sincronización de relojes remotos por satélite con un reloj central**

30 Prioridad:

30.03.1999 DE 19914355

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

23.03.2017

73 Titular/es:

**SCHAFFER, WOLFGANG (100.0%)
AN DER LEHMGRUBE 7
71254 DITZINGEN, DE**

72 Inventor/es:

SCHÄFFER, WOLFGANG

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 606 366 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la sincronización de relojes remotos por satélite con un reloj central

5 Además de las señales horarias emitidas de manera terrestre, por ejemplo DCF-77, últimamente se emiten cada vez más señales horarias basadas en satélite (D. Kirchner: "Two-Way Time Transfer Via Communication Satellites", Proceedings of the IEEE, vol. 79, n.º 7, julio de 1991, páginas 983-990; US 4.494.211 A; E. L. Gurevich *et al.*: "Synchronization of Remote Time Scales Via Satellite Communication Channels", Measurement Techniques, US, Consultants Bureau, Nueva York, volumen 35, n.º 7, 1 de julio de 1992, páginas 825-828). Los procedimientos más
10 conocidos son el sistema GPS y GLONASS.

Resulta ser una desventaja considerable la necesidad de un posicionamiento por satélite muy preciso, así como del conocimiento exacto del trayecto de transmisión, en particular la ionosfera y troposfera, que es indispensable para un usuario que requiere de una gran precisión. Además, las señales de satélite se corrompen a propósito para usuarios civiles (*Selective Availability*, disponibilidad selectiva), para evitar un uso no militar con gran precisión. Se han desarrollado procedimientos que permiten una compensación parcial de estas faltas de seguridad (por ejemplo GPS diferencial). Hasta hoy no han podido solucionarse de manera satisfactoria las dificultades para utilizar la señal GPS para aplicaciones horarias de gran precisión.

15 Los procedimientos mencionados están muy extendidos debido a la disponibilidad económica de módulos de recepción adecuados. Una desventaja operativa se encuentra precisamente en la naturaleza militar de los sistemas, que impiden un uso bajo responsabilidad industrial. Las señales horarias basadas en satélite requieren de una amplia infraestructura para la monitorización y verificación. Una desventaja adicional consiste en que los datos de gran precisión procedentes de los sistemas mencionados sólo están disponibles con retardos de tiempo de horas o
20 más.

El procedimiento bidireccional (TWSTFT, *Two Way Satellite Time- and Frequency Transfer*, transferencia bidireccional por satélite de señales horarias y frecuencia) es especialmente adecuado para fines metrológicos para la transmisión horaria. Se trata de un procedimiento utilizado por los organismos nacionales de calibración (por ejemplo el PTB de Brunswick) para la comparación de escalas de tiempo existentes basadas en relojes atómicos.

La ventaja de este procedimiento radica en la independencia en principio relativa de la posición del satélite y de errores por el trayecto de transmisión. Puede derivarse directamente de la simetría del procedimiento. Como las dos partes de una conexión requieren tanto de un módulo de emisión como de recepción, la aplicación del
35 procedimiento, en particular debido a la complejidad relativamente considerable, quedó limitada a pocos organismos nacionales (D, UK, F, OE, USA, JA, IT, ES, NL).

La disponibilidad cada vez mayor de estaciones terrestres de satélite pequeñas y económicas con módulo de emisión hace, en la actualidad, que las desventajas relativas al sistema pasen a ocupar cada vez más un segundo lugar. Resulta obvio hacer que el procedimiento bidireccional, probado desde hace años, sea accesible para un uso
40 amplio como alternativa a los procedimientos unidireccionales (GPS, GLONASS).

Hasta ahora se oponía que el procedimiento bidireccional, también denominado TWSTFT (*Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer*), se limitaba a la comparación de relojes existentes, dispuestos de manera externa con respecto a los aparatos aquí descritos, y que los resultados de medición sólo se dan a conocer con un retardo de tiempo de hasta varios días tras realizar los cálculos correspondientes por el BIPM (Bureau International des Poids et Mesures, Paris).

La invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la sincronización de relojes remotos por satélite con un reloj central, sin que se produzcan las desventajas mencionadas.

El objetivo se alcanza consiguiendo los objetos de las reivindicaciones independientes. A partir de las reivindicaciones dependientes se obtienen configuraciones ventajosas.

55 El objetivo se alcanza en particular proporcionando un procedimiento para la sincronización de relojes remotos por satélite con un reloj central en una estación terrestre central, que presenta las etapas siguientes:

a) conectar el reloj central con al menos un reloj remoto dispuesto en una estación terrestre de satélite a través de una conexión satélite bidireccional;

60 b) emitir y recibir de manera bidireccional señales horarias entre el reloj central y el reloj remoto a través de la conexión satélite en tiempo real;

65 c) tanto el reloj central como el reloj remoto determinan en cada caso la diferencia horaria entre el instante de recepción de la señal emitida por la estación opuesta con respecto al reloj local;

d) intercambiar las diferencias horarias del reloj remoto y del reloj central determinadas a ambos lados a través de la conexión satélite, concretamente por el enlace radioeléctrico, por el que también se intercambian las señales horarias del reloj central y del reloj remoto, en tiempo real y

5 e) sincronizar el reloj remoto según el estado y la marcha con el reloj central en función de las señales horarias intercambiadas a través de la conexión satélite y las diferencias horarias determinadas.

10 El objetivo se alcanza además en particular porque se proporciona un dispositivo para la sincronización de relojes remotos por satélite con un reloj central, en particular para la realización de una forma de realización del procedimiento descrito anteriormente, comprendiendo el dispositivo:

- un reloj central dispuesto en una estación terrestre central con un primer módulo de emisión y recepción para señales de satélite,
- 15 - un reloj remoto dispuesto en una estación terrestre de satélite con un segundo módulo de emisión y recepción para señales de satélite, estando comunicados entre sí los módulos de emisión y recepción primero y segundo a través de una conexión satélite bidireccional,
- un módulo para la determinación de datos de medición, que comprende la diferencia horaria determinada tanto por el reloj central como por el reloj remoto en cada caso entre el instante de recepción de la señal emitida por la estación opuesta con respecto al reloj local, así como
- 20 - un bucle de control previsto en el reloj remoto para la sincronización del reloj remoto según el estado y la marcha con el reloj central en función de la primera diferencia horaria transmitida en tiempo real del reloj central al reloj remoto y la segunda diferencia horaria,
- 25 - estando configurado el dispositivo para intercambiar las diferencias horarias en tiempo real directamente por el enlace radioeléctrico, por el que también se intercambian las señales horarias del reloj remoto y del reloj central.

30 El procedimiento elimina las desventajas mencionadas anteriormente con cinco novedades esenciales:

1. En la estación remota se encuentra un reloj físico con reserva de marcha adicional. Por tanto, no es necesario como hasta ahora en la transferencia horaria bidireccional un reloj externo de gran precisión, sino que se utiliza el reloj directamente integrado en el aparato.
- 35 2. Las señales que sirven para la transmisión horaria se utilizan al mismo tiempo para el intercambio bidireccional de los datos de medición bidireccionales.
- 40 3. Debido a los datos de medición que se actualizan continuamente, el reloj remoto se sincroniza a través de un bucle de control con el reloj central aplicando las correcciones relativas al sistema, que también se intercambian entre las estaciones.
- 45 4. La información de hora y frecuencia existente en el reloj remoto está a disposición del usuario en forma de señales eléctricas accesibles desde fuera.
5. La calidad de la sincronización puede comprobarse con un retardo de tiempo mínimo debido a la actualización continua de los datos de medición.

50 Para el usuario, el procedimiento permite las siguientes ventajas:

1. Independencia de infraestructuras con carácter militar y/o multinacional.
2. No presenta ningún tipo de degradación de la calidad de datos (*Selective Availability*) introducida a propósito por motivos militares.
- 55 3. El sistema, aprovechando el procedimiento de medición introducido según el principio bidireccional, garantiza una independencia considerable de la posición del satélite. Trabaja sin conocer el tiempo de propagación a lo largo del trayecto de transmisión.
- 60 4. La calidad del reloj integrado en la estación remota, en comparación con los relojes atómicos, puede ser claramente menor y más económica, porque este reloj se ajusta al reloj central mediante un bucle de control continuo.
- 65 5. El procedimiento es adecuado para evitar de manera fiable precisamente también errores a largo plazo (deriva) del sistema, algo que no consiguen en el funcionamiento práctico incluso los relojes atómicos comerciales de máxima calidad por razones de principios.

6. El procedimiento trabaja en tiempo real sin un procesamiento posterior complejo de los datos.
7. Se pone a disposición del usuario señales horarias que pueden utilizarse directamente.
- 5 8. El procedimiento tiene calidad de calibración por relación directa con una escala de tiempo reconocida.
9. El procedimiento de medición es directamente accesible para una calibración.

10 Preferiblemente el reloj remoto, como componente integral, se encuentra en una estación terrestre de satélite. El
reloj central en una estación terrestre central está conectado o bien de manera ininterrumpida o bien de manera
intermitente con uno o varios relojes remotos a través de enlaces de comunicación satélite bidireccionales,
denominados enlaces en dos sentidos. Ambos lados del enlace de comunicación están equipados tanto con un
módulo de emisión como con un módulo de recepción para señales de satélite. Tanto el reloj central como el reloj
15 remoto determinan en cada caso la diferencia horaria entre el instante de recepción de la señal emitida por la
estación opuesta con respecto al reloj local. Estas diferencias se denominan "datos de medición". Los relojes central
y remoto intercambian estos "datos de medición" obtenidos a ambos lados junto con datos de corrección relativos al
sistema de manera intermitente. El reloj remoto, gracias a los "datos de medición", se sincroniza según el estado y la
marcha con el reloj central a través de un bucle de control. Para el intercambio de datos, además de las señales de
20 satélite portadoras de la información horaria, no tienen que utilizarse canales de datos adicionales. Las
informaciones de hora y frecuencia así producidas en la estación terrestre están disponibles físicamente para el
usuario en forma de señales adecuadas en forma de impulso y/o sinusoidal, denominadas "señales horarias",
incluyendo posibles valores de corrección digitales.

25 El reloj remoto, sincronizado tiene preferiblemente una reserva de marcha integrada, que permite superar
interrupciones en la comunicación con una precisión reducida. Para aumentar la precisión de las informaciones en
las señales horarias pueden estar a disposición del usuario datos de corrección digitales adicionales. La indicación
unívoca de hora y fecha está a disposición en una salida de datos. La totalidad del sistema no requiere de ningún
módulo especial a bordo del satélite, aunque tampoco se excluyen. La totalidad del sistema trabaja sin información
30 sobre la posición del satélite actual. Se trata de un procedimiento en tiempo real con disponibilidad constante y
actual de la información de fecha, hora y frecuencia.

La estación terrestre remota está en comunicación preferiblemente a través de un procedimiento de multiplexación
de frecuencia (FDMA) por medio del reloj central.

35 La estación terrestre remota está en comunicación con el reloj central preferiblemente a través de un procedimiento
de multiplexación de código (CDMA).

La estación terrestre remota está en comunicación con el reloj central preferiblemente a través de un procedimiento
de multiplexación de tiempo (TDMA).

40 La estación terrestre remota está en comunicación con el reloj central preferiblemente a través de uno o varios
satélites.

45 La estación terrestre remota está en comunicación preferiblemente con un sistema formado por relojes centrales
redundantes a través de un procedimiento de multiplexación.

Preferiblemente un número cualquiera de estaciones terrestres remotas están en comunicación con el reloj central a
través de un procedimiento de multiplexación.

50 Preferiblemente un número cualquiera de estaciones terrestres remotas están en comunicación con un sistema
redundante de relojes centrales a través de un procedimiento de multiplexación.

Preferiblemente a bordo del satélite se encuentra un transpondedor transparente.

55 Preferiblemente a bordo del satélite se encuentra un transpondedor regenerativo.

Preferiblemente se comunica al usuario en forma digital el estado actual del reloj remoto con respecto al reloj central.

60 Preferiblemente se envía al usuario una señal de aviso, en caso de que la desviación del reloj remoto con respecto
al reloj central supere un valor límite.

Preferiblemente en el reloj central está disponible el estado respectivo del reloj remoto en forma de datos de
telemetría.

65 La invención se describirá en más detalle con referencia a la figura 1. La figura 1 muestra en el ejemplo de una
combinación sencilla compuesta por un reloj central (1) en una estación (5) terrestre de satélite y un reloj remoto (2)

5 en otra estación (11) terrestre de satélite, obteniéndose con un conjunto de aparatos de medición adecuado compuesto por una unidad de emisión (7) y una unidad de recepción (8) en la estación central así como la unidad de emisión (12) y unidad de recepción (13) correspondiente en la estación remota, una señal (17) de control de tal modo que el reloj remoto (2) según el estado y la marcha está sincronizado con el reloj central (1). Con este fin, las dos estaciones están conectadas con un enlace radioeléctrico bidireccional (9.1) y (9.2) por un satélite (10) e intercambian en tiempo real los resultados (15, 16) de mediciones de diferencia horaria (6, 14) en ambas estaciones directamente por el enlace radioeléctrico (9.1, 9.2), por el que también se intercambian las señales horarias de las estaciones. La variable de control del bucle de control (17) se forma a partir de la diferencia de las dos mediciones de diferencia horaria en la estación terrestre remota. Influye en la frecuencia del reloj remoto (2). La hora de referencia (3) del reloj central se pone a disposición del usuario en el reloj remoto en forma de señales horarias (18).
10 La simetría de toda la estructura y del enlace radioeléctrico son determinantes para eliminar los retardos de tiempo desconocidos del trayecto de transmisión y por el satélite.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la sincronización de relojes remotos por satélite con un reloj central en una estación terrestre central, con las etapas siguientes:
- 5
- a) conectar el reloj central con al menos un reloj remoto dispuesto en una estación terrestre de satélite a través de una conexión satélite bidireccional;
 - b) emitir y recibir de manera bidireccional señales horarias entre el reloj central y el reloj remoto a través de la conexión satélite en tiempo real;
 - 10 c) tanto el reloj central como el reloj remoto determinan en cada caso la diferencia horaria entre el instante de recepción de la señal emitida por la estación opuesta con respecto al reloj local;
 - d) intercambiar las diferencias horarias determinadas a ambos lados del reloj remoto y del reloj central a través de la conexión satélite, concretamente por el enlace radioeléctrico, por el que también se intercambian las señales horarias del reloj central y del reloj remoto, en tiempo real y
 - 15 e) sincronizar el reloj remoto según el estado y la marcha con el reloj central en función de las señales horarias intercambiadas a través de la conexión satélite y las diferencias horarias determinadas.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que las diferencias horarias determinadas se intercambian de manera ininterrumpida o de manera intermitente.
- 20
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la sincronización del reloj remoto con el reloj central se produce con ayuda de un bucle de control, que a partir de la diferencia de las dos diferencias horarias forma una variable de control.
- 25
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que por medio de la variable de control se influye en la frecuencia del reloj remoto.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la hora de referencia del reloj central en el reloj remoto está a disposición en forma de señales horarias.
- 30
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se trata de un procedimiento en tiempo real con disponibilidad constante y actual de la información de fecha, hora y frecuencia.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la información de hora y frecuencia existente en el reloj remoto se pone a disposición de un usuario en forma señales de impulso y/o sinusoidales.
- 35
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en una salida de datos del reloj remoto se pone a disposición la indicación de hora y fecha unívoca.
- 40
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el reloj remoto está en comunicación con el reloj central a través de un procedimiento de multiplexación de frecuencia (FDMA).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el reloj remoto está en comunicación con el reloj central a través de un procedimiento de multiplexación de código (CDMA).
- 45
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el reloj remoto está en comunicación con el reloj central a través de un procedimiento de multiplexación de tiempo (TDMA).
- 50
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el reloj remoto está en comunicación con el reloj central a través de uno o varios satélites.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el reloj remoto está en comunicación con un sistema formado por relojes centrales redundantes a través de un procedimiento de multiplexación.
- 55
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que un número cualquiera de relojes remotos están en comunicación con el reloj central a través de un procedimiento de multiplexación.
- 60
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que un número cualquiera de relojes remotos están en comunicación con un sistema redundante de relojes centrales a través de un procedimiento de multiplexación.
- 65
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que a bordo del satélite se encuentra un transpondedor transparente.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que a bordo del satélite se encuentra un transpondedor regenerativo.
- 5 18. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se comunica a un usuario en forma digital el estado actual del reloj remoto con respecto al reloj central.
19. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se envía al usuario una señal de aviso, en caso de que la desviación del reloj remoto con respecto al reloj central supere un valor límite.
- 10 20. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el reloj central está disponible el estado respectivo de los relojes remotos en forma de datos de telemetría.
21. Dispositivo para la sincronización de relojes remotos por satélite con un reloj central, en particular para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 20, que comprende
- 15
- un reloj central dispuesto en una estación terrestre central con un primer módulo de emisión y recepción para señales de satélite,
 - un reloj remoto dispuesto en una estación terrestre de satélite con un segundo módulo de emisión y recepción para señales de satélite, estando comunicados entre sí los módulos de emisión y recepción primero y segundo a
- 20
- través de una conexión satélite bidireccional,
 - un módulo para la determinación de datos de medición, que comprende la diferencia horaria determinada tanto por el reloj central como por el reloj remoto en cada caso entre el instante de recepción de la señal emitida por la estación opuesta con respecto al reloj local, así como
- 25
- un bucle de control previsto en el reloj remoto para la sincronización del reloj remoto según el estado y la marcha con el reloj central en función de la primera diferencia horaria transmitida en tiempo real del reloj central al reloj remoto y la segunda diferencia horaria,
 - estando configurado el dispositivo para intercambiar las diferencias horarias en tiempo real directamente por el enlace radioeléctrico, por el que también se intercambian las señales horarias del reloj remoto y del reloj central.

