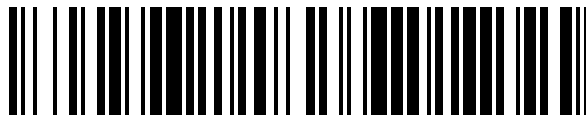


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 266 409**

21 Número de solicitud: 202130403

51 Int. Cl.:

G04G 5/00 (2013.01)

G04R 20/02 (2013.01)

G06F 1/14 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

26.02.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

29.04.2021

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (30.0%)**

C/ Serrano, 117

28006 Madrid (Madrid) ES y

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (70.0%)

72 Inventor/es:

PÉREZ DEL PULGAR MANCEBO, Carlos;

FERNÁNDEZ GARCÍA, Emilio y

CASTRO TIRADO, Alberto

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **DISPOSITIVO DE GENERACIÓN DE UNA MARCA DE HORA EN IMÁGENES EN TIEMPO
REAL**

ES 1 266 409 U

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO DE GENERACIÓN DE UNA MARCA DE HORA EN IMÁGENES EN TIEMPO REAL

5

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es un dispositivo que permite emitir una marca de hora con alta precisión en imágenes capturadas por medios fotográficos o de grabación (fotografías, 10 fotogramas, vídeos). El dispositivo es aplicable en cualquier ámbito en el que se generen o procesen en un dispositivo programado (i.e. un ordenador) imágenes capturadas por medios externos a dicho dispositivo programado, por ejemplo, en el ámbito de la microscopía.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

En ocasiones es relevante o necesario emitir (y asignar) una marca de hora con alta precisión en imágenes capturadas por medios fotográficos o de grabación (fotografías, fotogramas, vídeos).

20

De este modo, en el campo de la astronomía y astrofísica es muy importante poder obtener una marca con precisión de la hora en la que comienza la exposición de una cámara instalada en un telescopio. Esto permite resolver dos problemas importantes.

25

El primero está relacionado con la generación de curvas de luz en eventos astronómicos rápidos, como podrían ser explosiones de rayos gamma GRBs (*Gamma Ray Bursts*). Cuando varios telescopios realizan observaciones de estos eventos y realizan medidas relacionadas con la fotometría del evento, a una escala temporal baja, la precisión del instante (horas, minutos, segundos y milisegundos) en la que se tomó esa imagen cobra una mayor importancia a la hora de poder ajustar esa curva de luz.

30

Por otro lado, en la actualidad, cada vez está cobrando más importancia la observación de satélites artificiales o incluso de basura espacial. Debido a que estos artefactos se desplazan a alta velocidad, la localización de estos depende en gran medida del instante en el que se tomó la imagen, ya que su posición en el espacio y el instante en el que se tomó esta posición son los 35 que permiten calcular la órbita que siguen estos objetos.

En el caso de observatorios ópticos, normalmente es el ordenador central el encargado de introducir esta marca de hora en la imagen tomada a través el propio reloj interno. Para mejorar la precisión de este reloj, algunos observatorios conectan el equipo a un servidor de hora (*Network Time Protocol* o *NTP*).

5

Estos servidores pueden ser de referencia primaria o secundaria. Los servidores de referencia primaria se referencian normalmente a relojes atómicos o a dispositivos GPS (*Global Positioning System*, sistema de posicionamiento global), estos últimos disponiendo de la señal PPS (*Pulses Per Second*, pulsos por segundo), una señal digital que se activa cada segundo, con un error del orden de nanosegundos, en sincronización con la señal que, procedente de los satélites GNSS (*Global Navigation Satellite System*, sistema global de navegación por satélite), es recibida por los dispositivos GPS. Independientemente del dispositivo empleado, el problema de la marca de la hora depende en gran medida del sistema operativo empleado, la programación que se realice y el hardware, siendo obligatorio hacer un calibrado cada vez que hay una modificación en el software y/o hardware.

10

15

En telescopios profesionales de tamaño mediano (entre cincuenta centímetros y un metro de diámetro de espejo primario), se suelen emplear sistemas operativos que no son de tiempo real, lo que compromete la generación de la marca de hora. Como ejemplo, en las pruebas realizadas con la red BOOTES empleando el Sistema Operativo Linux y el software específico para telescopios RTS2, se obtuvo un retraso medio en la marca de hora de 100ms con una desviación típica inferior a 50ms.

20

En otros experimentos, empleando el sistema operativo de Microsoft Windows y el software MaximDL, se llegó a obtener un retraso medio de 300ms con más de 50ms de desviación típica. Ambos sistemas estaban conectados a un servidor NTP en la red local del telescopio y éste conectado a un dispositivo GPS que proporcionaba la hora.

25

Actualmente se conocen dos dispositivos dirigidos a resolver este problema técnico. El primero de ellos es la cámara QHY174M/C del fabricante chino QHYCCD. Esta cámara permite, opcionalmente, incluir un dispositivo GPS dentro de la misma. A través de este dispositivo, la cámara sería capaz de proporcionar la imagen con una marca de tiempo cuya precisión estaría alrededor de varios microsegundos. El principal inconveniente de este sistema es que el marcaje de hora estaría limitado a un modelo y fabricante concreto. Actualmente existen muy pocas cámaras que incluyan este sistema.

30

35

Por otro lado, el sistema Timebox de la compañía francesa AiryLab, es capaz de proporcionar marcas de hora en imágenes tomadas por cámaras en telescopios. El sistema propuesto dispone de dos modos de funcionamiento. El primero, denominado “*Synchronisation Mode*” (modo de sincronización) permite conectar el dispositivo Timebox a un ordenador con el Sistema Operativo Windows, y este sería capaz de controlar la hora del mismo, garantizando una precisión de $\pm 3\text{ms}$ en el reloj del ordenador. Es decir, que este sistema lo que realmente hace es sincronizar el reloj del ordenador con la hora que proporciona el dispositivo que incluye un GPS. Sin embargo, esto no es capaz de garantizar que la marca de hora de la imagen sea precisa, ya que los retardos que se producen desde que el ordenador envía la orden a la cámara no se tienen en cuenta. Según algunos experimentos llevados a cabo con los telescopios de la red BOOTES, para algunas cámaras, este retardo varía dependiendo del tipo de cámara CCD (*Charge Coupled Device*, dispositivo de carga acoplada) e incluso del tiempo de exposición.

El segundo modo de funcionamiento, denominado “*Trigger mode*” (modo de disparo), permite conectar el dispositivo al disparador de una cámara (*trigger*). De esta manera, se puede programar para que la cámara tome imágenes a una frecuencia entre 0.1 y 60Hz con una precisión alrededor de 50 microsegundos.

Por otra parte, existen implementaciones específicas parecidas en telescopios singulares o de grandes dimensiones. Tal es el caso del *High Altitude Water Cerenkov (HAWC) Gamma-Ray Observatory*, que posee un sistema de control y horario GPS (*Global Time Code* o *GTC*) basado en una FPGA conectada a un dispositivo GPS para proporcionar una marca de hora. En este caso, cada vez que se registra un evento, se emplea la marca de hora proporcionada para establecer la hora exacta en la que ocurrió. En este caso, la arquitectura y el dispositivo empleado, así como su implementación permiten su uso en un único observatorio.

Se conocen además una serie de documentos de patente relacionados con este campo.

El documento JP2004126967A hace referencia a un sistema de generación de marca de tiempo que utiliza un receptor de señal GPS, un dispositivo que procesa la señal GPS en conexión con un PC que genera la marca temporal. Este sistema no utiliza la señal PPS, y tampoco está específicamente diseñado para la inclusión de la marca en una imagen.

El documento US2007300065A1 divulga un dispositivo generador de marca de tiempo conectado a un ordenador, capaz de adquirir la hora a partir de una onda electromagnética, que puede provenir de un satélite, y con un oscilador local con el que calibra la marca de tiempo

mediante comparación del valor enviado en la onda y el tiempo local. El dispositivo se puede incorporar a una cámara digital, y la marca temporal resultante puede insertarse en la misma. Esto lo puede realizar el propio dispositivo o un ordenador conectado al él. No se menciona la utilización de señal PPS.

5

El documento EP3629499A1 describe un dispositivo generador de marca de tiempo maestra para vehículo autónomo, que la obtiene desde una señal de GNSS que puede incluir una señal PPS y una señal local desde un cristal oscilador. Adicionalmente el dispositivo puede incluir fuentes alternativas de corrección de la marca de tiempo, como Bluetooth, Ethernet, o WiFi (y que pueden ser combinadas utilizando diferentes ponderaciones y redes neuronales).

10

Por último, el documento de literatura no patente de título Astrofísica Robótica en España hace referencia a un programa de ordenador que controla un telescopio, y que realiza una lectura periódica de la información en la tarjeta sincronizadora GPS para actualizar el tiempo UTC (*Universal Time Coordinated*, tiempo universal coordinado) del sistema. El mismo programa acciona la toma de imágenes de la cámara CCD del telescopio.

15

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El dispositivo de generación de una marca de hora en imágenes en tiempo real, objeto de la presente invención, es un dispositivo embebido que resuelve los problemas técnicos referidos anteriormente, pues permite proporcionar una marca de hora independiente del ordenador principal del propio telescopio, o procesador externo que se utilice en la adquisición de imágenes en general, evitando así esa dependencia del sistema operativo utilizado.

25

El dispositivo trabaja en tiempo real y comprende:

- un módulo de recepción de una señal de inicio de exposición, destinado a conectarse a un dispositivo de adquisición de imagen externo, como una cámara fotográfica asociada a un telescopio,
- un módulo de adquisición de fecha y hora, destinado a conectarse a un dispositivo GPS,
- un módulo de adquisición de PPS, destinado a conectarse al dispositivo GPS,
- un procesador, conectado al módulo de recepción de la señal de inicio de exposición, al módulo de adquisición de fecha y hora, y al módulo de adquisición de PPS, y que está configurado para obtener una marca de hora a partir de la información recopilada por los módulos, y

35

- un módulo de envío de la marca de hora, destinado a conectarse a un procesador externo, como un ordenador.

Por tanto, el dispositivo de adquisición de imagen proporciona al módulo de recepción una señal que se activa cuando comienza la exposición (*fire out, trigger-out*). Además, en el procesador se almacena en tiempo real la hora proporcionada por un dispositivo GPS, a través del módulo de adquisición de fecha y hora. Al recibir la señal de inicio de exposición, el procesador almacena la hora exacta a la que se activó la señal de exposición, que puede ser transmitida al procesador externo a través del módulo de envío de la marca de hora.

El procesador externo puede entonces ejecutar instrucciones de programa informático para, cuando así se requiere, recibir esta marca de hora e incluirla en la cabecera de la imagen capturada por el dispositivo de adquisición de imagen. Para esto, una vez que la imagen se ha captado, accede al dispositivo de la invención para obtener la marca de la hora.

La generación de la marca de hora en el procesador se realiza a partir del módulo de recepción, que detecta la señal de inicio de exposición, las señales de fecha y hora y de PPS obtenidas en los módulos de adquisición respectivos, y de un tiempo medido entre la recepción del último PPS y la señal de inicio de exposición, a través de un reloj interno de tiempo real.

El dispositivo de la presente invención consigue una mayor precisión en la marca de tiempo, que dependerá principalmente de la precisión del reloj interno de tiempo real y del período de muestreo programado.

El módulo de recepción destinado a conectarse a un dispositivo de captura de imágenes permite la comunicación con medios de captación de imágenes que incluyen una salida que indica el inicio de la exposición (*fire-out, trigger-out*) o, en su defecto, permite utilizar alguna señal digital interna (señal de activación de los medios de adquisición de imagen, señal de activación del obturador, etc.) que proporciona una información equivalente.

Frente a los dispositivos descritos en el estado de la técnica, el dispositivo de la invención está embebido y determina la marca de hora en tiempo real, pues recibe una señal de la cámara o dispositivo de adquisición de imagen en el instante en el que comienza la exposición, y en ese justo instante se toma la marca de hora y se transmite al procesador externo a través del módulo de envío. Por el contrario, otros dispositivos del estado de la técnica emplean el reloj del procesador externo para proporcionar la marca de hora a la imagen.

El dispositivo propuesto ofrece las siguientes ventajas:

- evita la dependencia con el software y hardware del procesador externo, que realiza el marcado de tiempo de las imágenes,
- recibe el instante exacto de exposición directamente desde la cámara, y
- 5 - es capaz de mejorar la precisión de los documentos del estado de la técnica hasta tres veces, alcanzando $\pm 1\text{ms}$ de error.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

15 Figura 1.- Muestra una representación esquemática del dispositivo de generación de una marca de hora en imágenes en tiempo real conectado a otros dispositivos externos.

Figura 2.- Muestra una representación esquemática de los componentes del dispositivo de la invención.

20 Figura 3.- Muestra una tabla con los resultados experimentales obtenidos para tres sistemas operativos.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

25 Se describe a continuación, con ayuda de las figuras 1 a 3, una realización preferente del dispositivo (1) de generación de una marca de hora en imágenes en tiempo real.

30 En la figura 1 se muestra una vista general del dispositivo (1) así como conexiones con elementos externos, y en la figura 2 se muestra una vista en detalle del dispositivo (1), que comprende:

- un módulo de recepción (2) de una señal de inicio de exposición, destinado a conectarse a un dispositivo de adquisición de imagen (7) externo, como una cámara fotográfica asociada a un telescopio,
- un módulo de adquisición de fecha y hora (3), destinado a conectarse a un dispositivo
- 35 GPS (8),
- un módulo de adquisición de PPS (4), destinado a conectarse al dispositivo GPS (8),

- un procesador (5), conectado al módulo de recepción (2), al módulo de adquisición de fecha y hora (3), y al módulo de adquisición de PPS (4), y que está configurado para obtener una marca de hora a partir de la información recopilada por los módulos (2, 3, 4), y
- un módulo de envío (6) de la marca de hora, destinado a conectarse a un procesador externo (9), como un ordenador.

La generación de la marca de hora en el procesador (5) se realiza a partir del módulo de recepción (2), que detecta la señal de inicio de exposición, las señales de fecha y hora y de PPS obtenidas en los módulos de adquisición respectivos (3, 4), y de un tiempo medido entre la recepción del último PPS y la señal de inicio de exposición.

En una realización preferente de la invención, se ha empleado como procesador (5) una placa de Arduino. A esta placa se le ha incluido una placa de expansión (*shield*), dotada de un GPS (8) que se comunica con la placa Arduino a través de los módulos de adquisición de fecha y hora (6) con interfaz de comunicación serie y adquisición PPS (4) mediante señal TTL (*Transistor-Transistor Logic*, lógica transistor-transistor), que se activa al inicio de cada segundo.

Una entrada digital del Arduino se ha conectado a la salida *Fire Out* (de disparo) de una cámara cámara EMCCD (*Electron Multiplying Charge Coupled Device*, dispositivo de carga acoplada multiplicador de electrones), que es el dispositivo de adquisición de imagen (7) externo, y un conector USB de la placa Arduino, que sería el módulo de envío de marca de hora (6) se ha conectado al ordenador (9) central de un telescopio.

Actualmente este dispositivo (1) se ha probado en los telescopios BOOTES-2 (La Mayora, Málaga), BOOTES-3 (Nueva Zelanda), BOOTES-4 (China) y BOOTES-5 (México) pertenecientes al Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC. Dentro de las pruebas de calibración para basura espacial, realizando observaciones a satélites artificiales, se obtuvo un error en la marca de hora de ± 1 ms.

En el procesador (5) se combina la información recogida en el módulo de adquisición de fecha y hora (3) y en el módulo de adquisición PPS (4) para obtener la marca de hora de la imagen analizada. En particular, el dispositivo GPS (8) proporciona dos parámetros:

- Fecha y hora actual. La fecha y hora actual en formato UTC, enviada cada segundo por el dispositivo GPS (8) al dispositivo (1) a través del módulo de adquisición de fecha y hora (3).

- Señal PPS. El dispositivo GPS (8) dispone de una señal digital que se activa cada segundo, en sincronización con la señal recibida por este de los satélites GNSS. Esto proporciona un error del orden de nanosegundos en esta señal, que es recogida en el módulo de adquisición PPS (4).

5

El error cometido por el dispositivo (1) va a depender de tres elementos:

- i. El error cometido por el dispositivo GPS (8) al enviar la señal PPS Δt_{gps} .
- ii. El error cometido por el dispositivo de adquisición de imagen (7) cuando activa la señal de comienzo de exposición Δt_{ccd} .
- 10 iii. El error cometido por el dispositivo (1) debido a la imprecisión del reloj interno del procesador (5) Δt_m .

Esto queda reflejado en la siguiente ecuación, en la que t_{marca_hora} sería la hora proporcionada por el dispositivo (1) propuesto, y t_{real} sería la hora real sin ningún tipo de error:

15

$$t_{marca_hora} = t_{real} + \Delta t_{gps} + \Delta t_{ccd} + \Delta t_m$$

En cuanto al error cometido por el GPS (8) (t_{gps}), como ejemplo, se ha desarrollado un prototipo empleando el dispositivo GPS (8) GPS3906-TLP. Según su ficha técnica, la precisión de esta
20 señal estaría por debajo de los 10ns. Con respecto al retardo en la señal del dispositivo de adquisición de imagen (7), esta depende del modelo empleado. En las pruebas realizadas con los telescopios de la red BOOTES, se han empleado EMCCD. Estas cámaras EMCCD proporcionan un retardo entre la generación de la señal de disparo de 19ns.

25 En el caso del error del reloj interno de tiempo real del procesador (5) del dispositivo (1), se ha tomado como ejemplo el oscilador del prototipo empleado, Arduino Mega, en el cual se indica que, por cada 1.000.000 de ciclos, el error de precisión sería menor o igual a 100 ciclos.

30 Por lo tanto, para un reloj (15) interno de 8MHz, el error máximo cometido $\Delta t_m = 0,1ms$ por segundo. Como el contador se reinicia cada segundo por la recepción de la señal PPS, se podría considerar que este sería el error máximo por el empleo del dispositivo (1).

35 Por último, se han obtenido resultados experimentales empleando diferentes telescopios pertenecientes a la red BOOTES. En estos telescopios se han configurado tres sistemas de control diferentes: RTS2, Windows 10 y Windows 10 + Sistema de marcado de hora.

Los resultados de estas medidas experimentales se han obtenido mediante la observación de satélites perteneciente a sistema de posicionamiento GNSS. La ventaja de emplear estos satélites es que su órbita es perfectamente conocida una gran precisión.

5 Para observarlos, se obtienen las coordenadas estelares mediante dos tipos de ficheros: los ficheros TLE (*Two Line Element*, elemento de dos líneas) o archivos de efemérides OEM (*Object Ephemeris Message, mensaje de efemérides del objeto*). El primer fichero consiste en dos líneas que facilitan la información necesaria para estimar la órbita teórica de un satélite GPS y puede ser encontrada en páginas web sobre la observación de satélites. El segundo fichero está
10 especificado según el estándar recogido en el *Orbit Data Messages (Blue Book)*, de *Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS)*.

Una vez que se han obtenido las coordenadas de la trayectoria teórica durante un intervalo de la noche, éstas son cargadas en el sistema que esté usando el telescopio. El telescopio apunta a
15 las coordenadas que se indican a la hora prevista y toma imágenes de 1 segundo de exposición.

Estas imágenes son posteriormente analizadas y se obtiene el parámetro *time bias*, que es el retardo temporal que hay que añadir o restar al momento en que se tomó la imagen durante el
20 procesado para que coincida con la hora en la que el objeto estaba en una posición exacta.

20 A partir de estos experimentos se han obtenido los resultados mostrados en la tabla de la figura 3. En esta tabla se incluyen los peores resultados de las observaciones realizadas con los tres sistemas disponibles en la red BOOTES. De esta manera se demuestra que los mejores resultados fueron obtenidos por el sistema basado en el sistema operativo Windows 10 y el
25 dispositivo (1) de marcado de hora propuesto en este documento.

REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo (1) de generación de una marca de hora en imágenes en tiempo real, que comprende:

- 5 - un módulo de recepción (2) de una señal de inicio de exposición, destinado a conectarse a un dispositivo de adquisición de imagen (7) externo,
- un módulo de adquisición de fecha y hora (3), destinado a conectarse a un dispositivo GPS (8),
- 10 - un módulo de adquisición de PPS (4) (pulso por segundo), destinado a conectarse al dispositivo GPS (8),
- un procesador (5), conectado al módulo de recepción (2), al módulo de adquisición de fecha y hora (3), y al módulo de adquisición de PPS (4), y que está configurado para obtener una marca de hora de una imagen, y
- 15 - un módulo de envío (6) de la marca de hora, destinado a conectarse a un procesador externo (9).

2.- El dispositivo (1) de la reivindicación 1, en el que el procesador (5) es una placa de Arduino.

20 3.- El dispositivo (1) de la reivindicación 2, en el que el módulo de adquisición de fecha y hora (3) comprende una interfaz de comunicación serie.

4.- El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el módulo de adquisición PPS (4) es una interfaz TTL (lógica transistor-transistor).

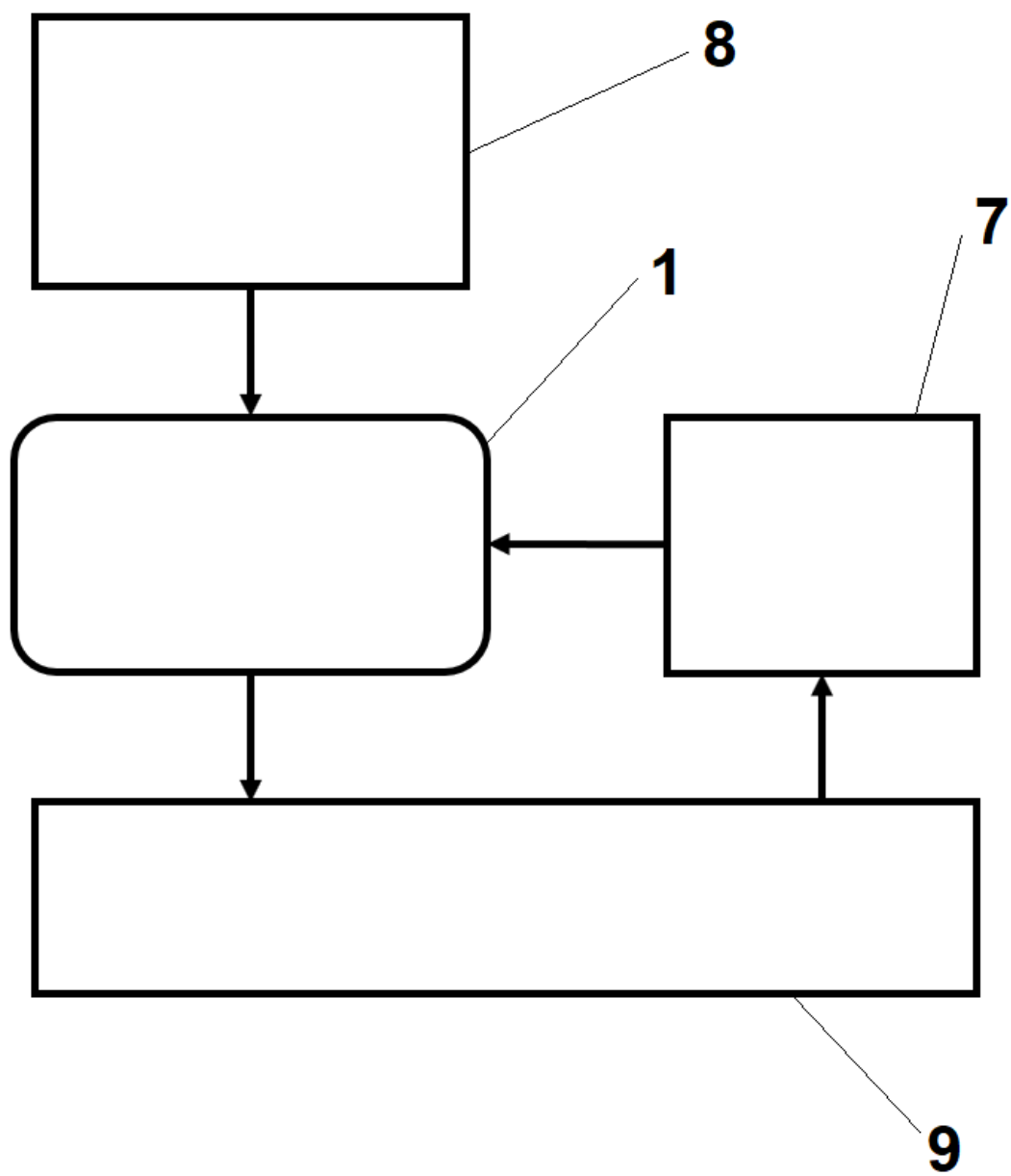


FIG. 1

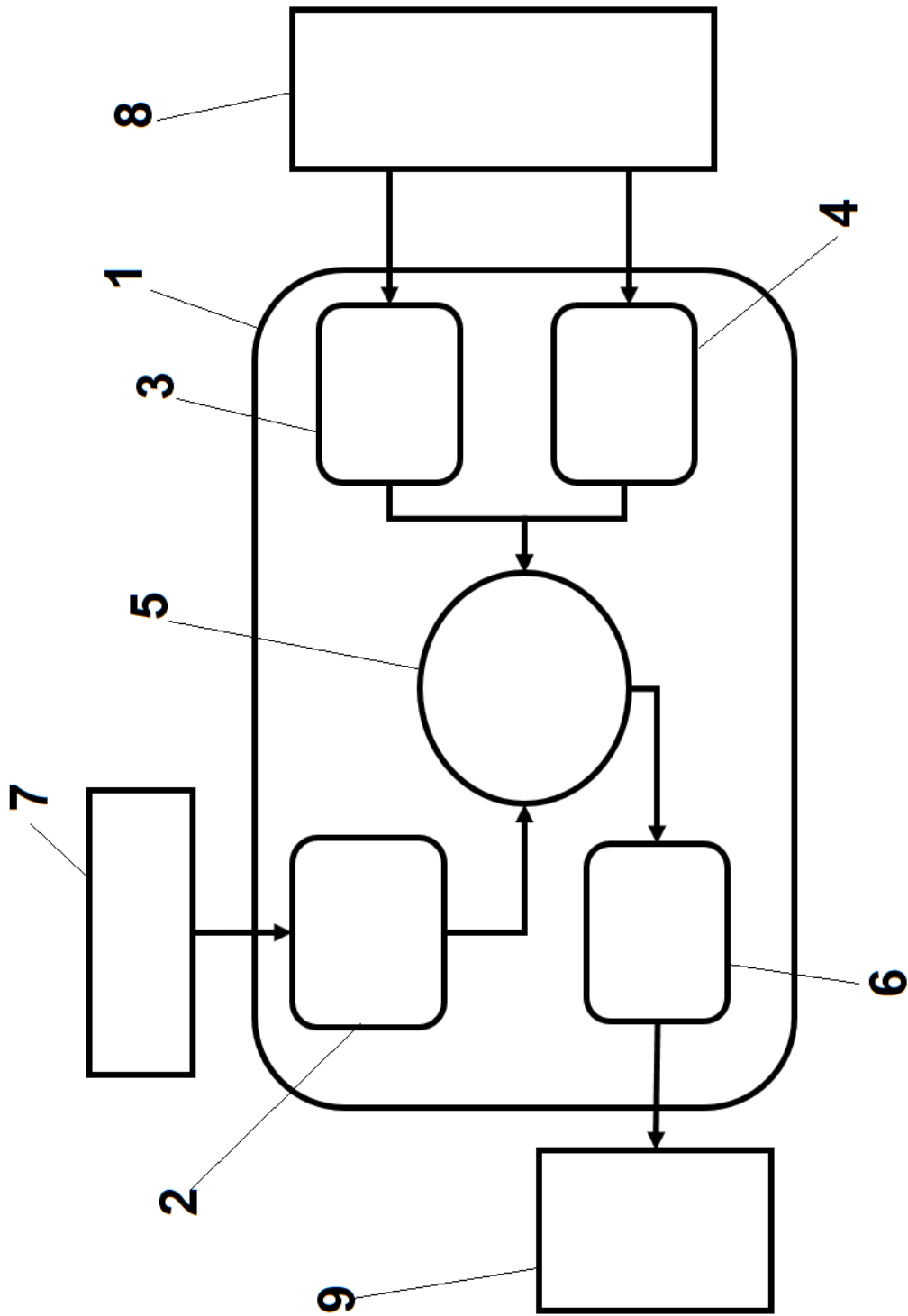


FIG. 2

SISTEMA	TIME BIAS (ms)
Windows 10	404
RTS2	45
Windows 10+marcado	0

FIG. 3