

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 109**

51 Int. Cl.:

G06F 13/42 (2006.01)

H04L 12/40 (2006.01)

H04L 12/54 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2016 E 16188040 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3261298**

54 Título: **Método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial**

30 Prioridad:

23.06.2016 CN 201610466726

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

03.02.2021

73 Titular/es:

**KYLAND TECHNOLOGY CO., LTD. (100.0%)
F15 Building 2, No. 30 Shixing Road, Shijingshan
District
Beijing 100041, CN**

72 Inventor/es:

**ZHANG, JIANFENG y
YAN, ZHIWEI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 804 109 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

Método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial

Campo

5 La presente invención se refiere al campo del procesamiento de información y, particularmente, a un método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial.

Antecedentes

10 A medida que se desarrollan las tecnologías de Internet, varios buses se han utilizado ampliamente en el campo de la automatización industrial, para monitorizar mediante un extremo de control un campo industrial en tiempo real, y se requieren diferentes velocidades de transmisión de datos en diferentes campos de aplicación, donde particularmente el rendimiento de servosistemas, robots y otros sistemas que requieren alta precisión puede depender directamente de la transmisión puntual de datos de campo y datos de control, y sigue existiendo un cuello de botella para el rendimiento en tiempo real de los buses existentes.

15 En la técnica anterior, los datos se transmiten a través de Ethernet de una manera que es muy deficientemente tiempo real; y los datos se transmiten a través de Ethernet en el modo de Acceso Múltiple con Detección de Portadora con Detección de Colisión (CSMA/CD, *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*), por lo que si la red está muy cargada (más del 40%), la red determinista puede no ajustarse al requisito de tiempo real propio del control industrial. En la patente de invención CN101778025B se han descrito un aparato y un método para transmitir a través de Ethernet a una velocidad de transmisión del orden de kilo-mega, en donde el aparato incluye al menos un único par de interfaces de línea diferencial y un dispositivo de transferencia Ethernet de dos hilos que incluye un transmisor local y un receptor local acoplados con el único par de interfaces de línea diferencial, en donde el dispositivo de transferencia Ethernet de dos hilos comunica datos en el modo de detección de colisión CSMA/CD, lo que da como resultado una transmisión en tiempo real deficiente en el sistema.

20 La característica de funcionamiento y el modo de funcionamiento del bus CAN se han presentado en el artículo "CAN BUS TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION" ("Tecnología de buses CAN y sus aplicaciones") publicado en "MANUFACTURING AUTOMATION", donde el mecanismo de activación de eventos del bus CAN puede hacer que los eventos en la red colisionen fácilmente entre sí, de modo que la transmisión a través de un canal puede estar sujeta a un error y un atasco, e incluso si la colisión se puede resolver mediante arbitraje, la transmisión de datos a baja prioridad puede no ser en tiempo real; y si funcionan las estaciones maestra y esclava, los nodos respectivos se comunicarán libremente entre sí al ocupar un canal de mayor ancho de banda, lo que reducirá la velocidad de transmisión de los datos a través del canal y, en consecuencia, se degradará el rendimiento de la transmisión. Si los datos se transmiten utilizando la ID de un paquete de datos, la longitud de un mensaje del mismo será tan larga que puede dar lugar a un retraso de transmisión y, aunque los datos se pueden transmitir a distancias de hasta 10 km, la velocidad de transmisión de la misma será significativamente menor que la velocidad de transmisión a través de Ethernet. Puede producirse una transmisión de datos en tiempo real muy deficiente en los escenarios respectivos anteriores.

25 La transmisión de un mensaje EtherCAT en una trama de datos EtherCAT se ha descrito en el artículo "A STUDY ON INDUSTRIAL ETHERNET PROTOCOL BASED ON ETHERCAT" ("Un estudio sobre el protocolo de Ethernet industrial basado en ETHERCAT) publicado en "Chinese Selected Master's Dissertation Electronic Journal", en donde la trama de datos incluye una trama Ethernet heredada de versiones anteriores, una cabecera de mensaje y otros bytes, y existe una dirección MAC de la misma para direccionar, pero la longitud del mensaje puede ser tan larga que puede impedir que los datos se transmitan rápidamente, dando como resultado así una transmisión en tiempo real pobre de los mismos.

30 El documento US 5960001A describe un protocolo de contención que permite la transmisión de datos isócronos. Un dispositivo que desea transmitir datos isócronos puede reservar ranuras temporales periódicas para la transmisión. Bien el dispositivo o bien un controlador de red transmiten la información de reserva a otros dispositivos en la red. Cuando se desean transmisiones no isócronas, los dispositivos compiten por el acceso utilizando los protocolos CSMA/CD pero teniendo en cuenta las ranuras temporales ya reservadas.

35 En resumen, la transmisión del bus en la técnica anterior se produce muy deficientemente en tiempo real, y un canal puede estar ocupado para la transmisión, bloqueando así el canal.

50 Sumario

Las realizaciones de la invención proporcionan un método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial para abordar los problemas en la técnica anterior del bus que transmite en tiempo real de manera muy deficiente y ocupa un canal para la transmisión, bloqueando así el canal.

55 La presente invención se lleva a cabo tal como se define en las reivindicaciones anexas y proporciona en la reivindicación 1 un método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial,

en donde el método puede aplicarse a una red de transferencia de datos de dos hilos en la que está conectado un controlador de bus con uno o varios terminales de bus a través de la red de acuerdo con sus direcciones IP, y en el cual el controlador de bus sincroniza su reloj con los terminales de bus, en donde el método incluye:

5 determinar, mediante el controlador de bus, el número de terminales de bus conectados con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos;

asignar, mediante el controlador de bus, uno o varios segmentos de tiempo para una o varias terminales de bus de acuerdo con el número de terminales de bus; y

transmitir, mediante el controlador de bus, los segmentos de tiempo a los terminales de bus para que los terminales de bus funcionen en los segmentos de tiempo asignados;

10 en donde los segmentos de tiempo asignados de los diferentes terminales de bus no se superponen entre sí;

en donde el método incluye adicionalmente:

15 tras la recepción de un paquete de datos para transmitir a un terminal de bus, si se determina que el paquete de datos no es un paquete de datos de configuración, determinar, mediante el controlador del bus, una dirección del dispositivo de bus correspondiente a una dirección IP de destino y una dirección MAC de destino de acuerdo con una relación de vínculo entre la dirección IP de destino, la dirección MAC de destino y la dirección del dispositivo de bus; y

componer, mediante el controlador de bus, un nuevo mensaje de la dirección del dispositivo de bus, e información de datos en el paquete de datos, y transmitir el nuevo mensaje al terminal de bus correspondiente a la dirección de dispositivo de bus determinada;

20 en donde componer, mediante el controlador del bus, el nuevo mensaje de la dirección del dispositivo de bus y la información de datos en el paquete de datos incluye:

eliminar, mediante el controlador de bus, una cabecera de mensaje, una cabecera IP y una cabecera TCP en el paquete de datos, y reservar la información de datos en el paquete de datos; y

25 generar el nuevo mensaje agregando la dirección del dispositivo de bus determinada antes de la información de datos en el paquete de datos como cabecera.

Más aún, determinar, tal como se describe en las reivindicaciones dependientes, mediante el controlador de bus, el número de terminales de bus conectados con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos, incluye:

30 recibir, mediante el controlador de bus, una o varias peticiones de adquisición de segmentos de tiempo transmitidas por los terminales de bus; y

determinar, mediante el controlador de bus, el número de terminales de bus de acuerdo con el número de peticiones de adquisición de segmentos de tiempo.

Más aún, antes de determinar, mediante el controlador de bus, el número de terminales de bus conectados con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos, el método incluye adicionalmente:

35 determinar, mediante el controlador de bus, que existe un cambio en el número de terminales de bus.

Más aún, la asignación, mediante el controlador del bus, de segmentos de tiempo para los terminales de bus de acuerdo con el número de terminales de bus, incluye:

40 determinar, mediante el controlador de bus, para cualquier terminal de bus, una prioridad de transmisión correspondiente a un identificador de tipo del terminal de bus de acuerdo con una relación de correspondencia entre el identificador de tipo y la prioridad de transmisión; y

determinar, mediante el controlador del bus, los segmentos de tiempo asignados de los terminales de bus de acuerdo con las prioridades de transmisión de los terminales de bus y el número de terminales de bus.

Más aún, el método incluye adicionalmente:

45 tras la recepción del paquete de datos a transmitir al terminal de bus, determinar que el paquete de datos es un paquete de datos de configuración y, a continuación, determinar, mediante el controlador del bus, el terminal de bus correspondiente de acuerdo con el paquete de datos de configuración; y

transmitir, mediante el controlador de bus, el paquete de datos de configuración al terminal de bus para que el terminal de bus realice las operaciones de configuración correspondientes de acuerdo con el paquete de datos de configuración.

Más aún, generar, mediante el controlador de bus, la relación de vínculo entre la dirección IP de destino, la dirección MAC de destino y la dirección del dispositivo de bus, incluye:

asignar, mediante el controlador de bus, una dirección IP y una dirección de dispositivo de bus para el terminal de bus al recibir una petición de adquisición de dirección IP transmitida por el terminal de bus; y

- 5 generar, mediante el controlador de bus, una relación de correspondencia tridimensional entre una dirección MAC del terminal de bus y la dirección IP asignada y la dirección del dispositivo de bus del terminal de bus;

en donde la petición de adquisición de dirección IP incluye la dirección MAC del terminal de bus.

Más aún, un protocolo de sincronización de reloj de precisión es el protocolo de reloj IEEE1588.

Más aún, el método incluye adicionalmente:

- 10 asignar, mediante el controlador de bus, un segmento de tiempo para el controlador de bus de acuerdo con el número de terminales de bus.

Un efecto ventajoso de la invención radica en que se determina el número de dispositivos sobre el bus, y a los dispositivos respectivos sobre el bus se les asignan sus segmentos de tiempo, de modo que los dispositivos de bus respectivos pueden operar en sus segmentos de tiempo respectivos, y los segmentos de tiempo de los diferentes dispositivos de bus no se superpondrán entre sí; es decir, en las realizaciones de la invención, habrá como máximo un dispositivo que opere con datos sobre el bus en los segmentos de tiempo respectivos, evitando así que los datos transmitidos por el bus colisionen entre sí y, por lo tanto, se bloqueen, con el fin de garantizar la transmisión de datos en tiempo real.

- 15

Breve descripción de los dibujos

- 20 Con el fin de hacer más evidentes las soluciones técnicas de acuerdo con las realizaciones de la invención, los dibujos a los que se refiere una descripción de las realizaciones se introducirán a continuación de manera breve, y resultará aparente que los dibujos que se describirán a continuación son meramente ilustrativos de algunas de las realizaciones de la invención, y los expertos en la técnica pueden derivar de estos dibujos otros dibujos sin ningún esfuerzo inventivo. En los dibujos:

- 25 La Figura 1(a) es un primer diagrama esquemático de la arquitectura de una red de transferencia de datos de dos hilos de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 1(b) es un segundo diagrama esquemático de la arquitectura de una red de transferencia de datos de dos hilos de acuerdo con una realización de la invención;

- 30 La Figura 2 es un diagrama de flujo de un método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 3 es un diagrama esquemático de dispositivos en una red de transferencia de datos de dos hilos de acuerdo con una realización de la invención;

La Figura 4 es un diagrama esquemático de un mensaje de datos de acuerdo con una realización de la invención.

- 35 La Figura 5 es un diagrama esquemático de un nuevo mensaje de datos de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 6 es un diagrama de flujo de otro método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial de acuerdo con una realización de la invención; y

La Figura 7 es un diagrama esquemático de la estructura de un aparato para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial de acuerdo con una realización de la invención;

- 40 **Descripción detallada**

La invención proporciona un método para implementar un bus de banda ancha de campo de Internet industrial, en donde el método puede aplicarse a una red de transferencia de datos de dos hilos. En realizaciones de la invención, se determina el número de dispositivos sobre el bus, y a los dispositivos sobre el bus respectivos se les asignan sus segmentos de tiempo, de modo que los dispositivos de bus respectivos pueden operar en sus propios segmentos de tiempo, y los segmentos de tiempo de los diferentes dispositivos de bus no se superpondrán entre sí; es decir, en las realizaciones de la invención, habrá como máximo un dispositivo realizando procesamiento de datos sobre el bus en un solo segmento de tiempo, evitando así que los datos transmitidos a través del bus colisionen entre sí y, por lo tanto, que se bloqueen, con el fin de garantizar la transmisión de datos en tiempo real.

- 45

- 50 Para hacer más evidentes los propósitos, las soluciones técnicas y las ventajas de las realizaciones de la invención, se describirán a continuación con claridad y completitud las soluciones técnicas de acuerdo con las realizaciones de

la invención haciendo referencia a los dibujos en las realizaciones de la invención, y resultará aparente que las realizaciones descritas a continuación son solo una parte de las realizaciones de la invención, pero no todas.

5 Tal como se ilustra en la Figura 1(a), que constituye un primer diagrama esquemático de la arquitectura una red de transferencia de datos de dos hilos según una realización de la invención, la red de transferencia de datos de dos hilos incluye un controlador 101 de bus y al menos un terminal 102 de bus, en donde el controlador 101 de bus y uno o varios terminales 102 de bus están conectados a través de la red de transferencia de datos de dos hilos.

10 Tal como se ilustra en la Figura 1(b), que constituye un segundo diagrama esquemático de la arquitectura de una red de transferencia de datos de dos hilos de acuerdo con una realización de la invención, la red de transferencia de datos de dos hilos incluye además un componente 103 de configuración y monitorización de bus, conectado con el controlador 101 de bus, configurado para transmitir información de configuración o una instrucción de monitorización para al menos un dispositivo a través de la red de transferencia de datos de dos hilos al controlador 101 de bus de modo que el controlador 101 de bus transmite la información de configuración al dispositivo correspondiente; y para recibir información del estado de funcionamiento transmitida por el controlador 101 de bus, generada por al menos un dispositivo a través de la red de transferencia de datos de dos hilos. La red de transferencia de datos de dos hilos incluye adicionalmente un dispositivo 104 de monitorización de aplicaciones, conectado con el controlador 101 de bus, configurado para adquirir datos del controlador 101 de bus y uno o varios terminales 102 de bus, y para controlar el controlador 101 de bus y uno o varios terminales 102 de bus en tiempo real.

La Figura 2 ilustra un método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial de acuerdo con una realización de la invención, en donde el método incluye:

20 Paso 201, el controlador de bus determina el número de terminales de bus conectados con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos;

Paso 202, el controlador de bus asigna segmentos de tiempo para los terminales de bus de acuerdo con el número de terminales de bus; y

25 Paso 203, el controlador de bus transmite los segmentos de tiempo a los terminales de bus para que los terminales de bus operen en los segmentos de tiempo asignados;

Los segmentos de tiempo asignados de los diferentes terminales de bus no se superponen entre sí.

30 En el paso 201, el controlador de bus determina el número de dispositivos a través de la red de transferencia de datos de dos hilos, en donde los dispositivos incluyen el terminal de bus y el controlador de bus, y a continuación se puede calcular el número de dispositivos a través de la red de transferencia de datos de dos hilos como el número de terminales de bus determinado más un controlador de bus.

En una realización de la invención, tras la recepción de las peticiones de adquisición de segmentos de tiempo transmitidas por los terminales de bus, el controlador de bus determina el número de terminales de bus de acuerdo con el número de peticiones de adquisición de segmentos de tiempo.

35 En la realización de la invención recién explicada, tal como se ilustra en la Figura 1, por ejemplo, si existen cuatro terminales de bus y un controlador de bus en la red de transferencia de datos de dos hilos, entonces los cuatro terminales de bus pueden transmitir peticiones de adquisición de segmentos de tiempo al controlador de bus, por lo que el controlador de bus puede determinar que existen cuatro terminales de bus en la red de transferencia de datos de dos hilos de acuerdo con el número de peticiones de adquisición de segmento de tiempo transmitidas por los terminales de bus, y el controlador de bus puede determinar además que existen cinco dispositivos en la red de transferencia de datos de dos hilos.

40 Opcionalmente, en una realización de la invención, cuando se despliega la red de transferencia de datos de dos hilos, el controlador de bus ha asignado los segmentos de tiempo para los terminales de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos y, si hay un nuevo terminal de bus conectado con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos, entonces el controlador de bus volverá a determinar la cantidad de dispositivos a través de la red de transferencia de datos de dos hilos.

45 En el paso 202, el controlador de bus asigna los segmentos de tiempo para los terminales de bus respectivos a través de la red de transferencia de datos de dos hilos de acuerdo con el número de terminales de bus al determinar el número de terminales de bus.

50 Tal como se ilustra en la Figura 1, existen cuatro terminales de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos, por lo que el controlador de bus asigna segmentos de tiempo para los cuatro terminales de bus de tal manera que los segmentos de tiempo asignados de los cuatro terminales de bus no se superpongan entre sí.

Por ejemplo, en una realización de la invención, el controlador de bus asigna un tiempo de pulso de, por ejemplo, 0.1s a cuatro terminales de bus que incluyen un terminal A de bus, un terminal B de bus, un terminal C de bus y un terminal D de bus y, opcionalmente, en una realización de la invención el controlador de bus puede asignar

igualmente segmentos de tiempo a los cuatro terminales de bus; es decir, a cada terminal de bus se le asigna un segmento de tiempo de 0.025s, tal como se muestra en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1: Una tabla de segmentos de tiempo asignados por el controlador de bus para terminales de bus

Terminales de bus	Segmentos/s de tiempo
Terminal A de bus	[0,0.025]
Terminal B de bus	(0.025,0.05]
Terminal C de bus	(0.05,0.075]
Terminal D de bus	(0.075,0.1]

5 En la realización anterior, [] representa ser mayor o igual que el valor más pequeño en un conjunto, y menor o igual que el valor más grande en el conjunto, y (] representa ser mayor que el valor más pequeño en el conjunto, y menor o igual que el valor más grande en el conjunto.

10 En la realización anterior, el terminal de bus puede operar en el segmento de tiempo de [0,0.025], y cuando el terminal A de bus está operando en el segmento de tiempo de [0,0.025], es decir, el terminal A de bus está procesando datos, entonces no hay ningún otro terminal de bus que funcione a través de la red de transferencia de datos de dos hilos para evitar de ese modo que se ocupe un canal con el fin de mejorar la eficiencia de la transmisión. Por supuesto, en la realización anterior, el controlador de bus asigna aleatoriamente los segmentos de tiempo para las cuatro terminales de bus y, en la realización anterior, los segmentos de tiempo de los cuatro terminales de bus pueden variar, aunque aquí se omitirá una descripción repetida de los mismos.

15 Opcionalmente, en una realización de la invención, el controlador de bus determina para cualquier terminal de bus una prioridad de transmisión correspondiente a un identificador de tipo del terminal de bus según una relación de correspondencia entre el identificador de tipo y la prioridad de transmisión; y el controlador de bus determina los segmentos de tiempo asignados de los terminales de bus de acuerdo con las prioridades de transmisión de los terminales de bus y el número de terminales de bus.

20 En la realización anteriormente descrita de la invención, dado que los terminales de bus respectivos procesan un mensaje de datos de manera diferente durante el funcionamiento, los terminales respectivos se pueden asignar con diferentes prioridades. En una realización de la invención, los identificadores de tipo de los terminales de bus pueden ser secuencias o códigos de palabras que caracterizan los tipos de terminales de bus; por ejemplo, en una realización de la invención, el identificador de tipo del terminal A de bus es 1-1, que representa que su tipo es un sensor 1 de presión, etc., como se muestra en la Tabla 2:

25 Tabla 2: Tabla de identificadores de tipo de terminales de bus

Terminales de bus	Identificadores de tipo	Observaciones
Terminal A de bus	1-1	Sensor 1 de presión
Terminal B de bus	1-2	Sensor 2 de presión
Terminal C de bus	2-1	Sensor 1 de temperatura
Terminal D de bu	2-2	Sensor 1 de temperatura

En una realización de la invención, las prioridades de los terminales de bus se determinan de acuerdo con los identificadores de tipo de los terminales de bus, de manera que, en la realización de la invención, las prioridades de los terminales de bus se pueden determinar de acuerdo con una tabla de relaciones de correspondencia entre un identificador de tipo y una prioridad de una terminal de bus según la Tabla 3:

30 Tabla 3: Tabla de relación de correspondencia entre un identificador de tipo y una prioridad de un terminal de bus

Identificadores de tipo de terminal de bus	Prioridades
1-1	1
1-2	2
2-1	3
2-2	4

En una realización de la invención, cuanto mayor es el número de prioridad mencionado anteriormente, menor es la prioridad; es decir, la prioridad 1 es mayor que la prioridad 4. En una realización de la invención, los segmentos de tiempo se asignan a los terminales de bus de acuerdo con el número de terminales de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos y de las prioridades de los terminales de bus.

5 En una realización de la invención, por ejemplo, el controlador de bus asigna los segmentos de tiempo de acuerdo con las prioridades de los terminales de bus respectivos en un proceso tal que el controlador de bus determina en primer lugar a partir de un tiempo de pulso de, por ejemplo, 0.1s, los segmentos de tiempo respectivos que se asignarán a los cuatro terminales de bus, de acuerdo con las prioridades de los terminales de bus, de modo que el segmento de tiempo del terminal A de bus sea 0.04s, el segmento de tiempo del terminal B de bus sea 0.03s, el
10 segmento de tiempo del bus el terminal C es 0.02s, y el segmento de tiempo del terminal D de bus es 0.05s.

Por supuesto, el controlador de bus puede determinar los segmentos de tiempo asignados de los terminales de bus de acuerdo con el número de terminales de bus, y las prioridades de los terminales de bus tal como se han descrito en las realizaciones anteriores simplemente a modo de ejemplo, pero los segmentos de tiempo asignados a los terminales de bus pueden determinarse de otra manera de acuerdo con el número de terminales de bus y las
15 prioridades de los terminales de bus sin apartarse del alcance reivindicado de las realizaciones de la invención, aunque aquí se omitirá una descripción repetida de ello.

Opcionalmente, en una realización de la invención, al determinar el número de terminales de bus en la red de transferencia de datos de dos hilos, el controlador de bus puede asignar los segmentos de tiempo para los terminales de bus de acuerdo con el número de terminales de bus en la red de transferencia de datos de dos hilos
20 para evitar así que las transmisiones de datos colisionen entre sí o se bloqueen.

Por ejemplo, en una realización de la invención, cuando el controlador de bus determina que existen cuatro terminales de bus, el número total de dispositivos es de cinco, por lo que el controlador de bus divide a partes iguales un tiempo de pulso de, por ejemplo, 0.1s, en cinco segmentos de tiempo y los asigna aleatoriamente para los cuatro terminales de bus y el controlador de bus, de modo que el controlador de bus y los terminales de bus puedan
25 operar en sus propios segmentos de tiempo asignados. Como se ilustra en la Figura 3, TS1 representa el segmento de tiempo asignado al controlador de bus, TS2 representa el segmento de tiempo asignado al terminal A de bus, TS3 representa el segmento de tiempo asignado al terminal B de bus, TS4 representa el segmento de tiempo asignado al terminal C de bus, y TS5 representa el segmento de tiempo asignado al terminal D de bus, en donde TS1, TS2, TS3, TS4 y TS5 no se superponen entre sí.

30 En una realización de la invención, el controlador de bus puede determinar adicionalmente de manera periódica el número de dispositivos en la red de transferencia de datos de dos hilos de modo que si un nuevo dispositivo se une a la red de transmisión de datos de dos hilos, entonces el controlador de bus reasignará segmentos de tiempo. En una realización de la invención, el controlador de bus determina si se ha producido un aumento en el número de terminales de bus, al llegar una periodicidad y, si no es así, el controlador de bus esperará una próxima periodicidad
35 para seguir determinando el número de terminales de bus.

Cuando el controlador de bus determina que se ha producido un cambio en el número de terminales de bus, el controlador de bus reasigna segmentos de tiempo para los terminales de bus de acuerdo con el número de terminales de bus y transmite los segmentos de tiempo asignados a los terminales de bus.

40 En una realización de la invención, tras la recepción de un paquete de datos que se deben transmitir a un terminal de bus, el controlador de bus determina además si el paquete de datos es un paquete de datos de configuración. En una realización de la invención, el paquete de datos de configuración está configurado para depuración, configuración o mantenimiento entre el controlador de bus y el terminal de bus. Cuando el controlador de bus determina que el paquete de datos recibido que se transmitirá al terminal de bus no es un paquete de datos de configuración, el controlador de bus determina una dirección IP de destino y una dirección MAC de destino en el
45 paquete de datos y determina una dirección de dispositivo de bus correspondiente a la dirección IP de destino y a la dirección MAC de destino del paquete de datos de acuerdo con una relación de vínculo entre una dirección IP de destino, una dirección MAC de destino y una dirección de dispositivo de bus.

En una realización de la invención, el controlador de bus genera la relación de vínculo entre una dirección IP de destino, una dirección MAC de destino y una dirección de dispositivo de bus de la manera que se explica a continuación:
50

El controlador de bus asigna una dirección IP y una dirección de dispositivo de bus para el terminal de bus al recibir una petición de adquisición de dirección IP transmitida por el terminal de bus; y

El controlador de bus genera una relación de correspondencia tridimensional entre una dirección MAC del terminal de bus y la dirección IP asignada al terminal de bus y la dirección del dispositivo de bus del terminal de bus;

55 La petición de adquisición de dirección IP incluye la dirección MAC del terminal de bus,

En la realización anteriormente descrita de la invención, el controlador de bus asigna la dirección IP y la dirección del dispositivo de bus para el terminal de bus al recibir la petición de adquisición de dirección IP transmitida por el terminal de bus; por ejemplo, cuando el terminal A de bus transmite una petición de adquisición de dirección IP al controlador de bus, en donde la petición de adquisición de la dirección IP incluye la dirección MAC 00-01-6C-06-A6-29 del terminal A de bus, el controlador de bus asigna la dirección IP 111.112.0.1 al terminal A de bus, y asigna la dirección de dispositivo de bus 0x34 al terminal A de bus. Además, el controlador de bus almacena los tres elementos en una tabla de relación de correspondencia entre los tres elementos, y después de que el controlador de bus conoce las direcciones IP y las direcciones MAC de todos los terminales de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos, el controlador de bus almacena la tabla de relación de correspondencia entre los tres elementos tal como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4: Tabla de correspondencia tridimensional entre una dirección de dispositivo de bus, una dirección MAC y una dirección IP

Direcciones de dispositivo de bus	Direcciones MAC	Direcciones IP
0x34	00-01-6C-06-A6-29	111.112.0.1
0x35	01-00-23-5A-46-09	111.112.0.2
0x36	12-34-56-AB-CD-EF	111.112.0.3
0x37	13-25-78-EE-FF-DD	111.112.0.4

En una realización de la invención, al recibir el paquete de datos, el controlador de bus determina que el paquete de datos no es un paquete de datos de configuración, a continuación el controlador de bus obtiene del paquete de datos la dirección IP de destino y la dirección MAC de destino; por ejemplo, el controlador de bus obtiene la dirección IP de destino 00-01-6C-06-A6-29 y la dirección MAC de destino 111.112.0.1, a partir de lo cual el controlador de bus puede buscar en la Tabla 4 la dirección del dispositivo de bus correspondiente a la dirección IP y a la dirección MAC, y puede recuperar la dirección del dispositivo de bus 0x34.

En una realización de la invención, la Figura 4 ilustra un formato de mensaje del paquete de datos recibido por el controlador de bus, que incluye varios componentes que son una cabecera de mensaje, una cabecera IP, una cabecera TCP, un segmento de información de datos y una Secuencia de Verificación de Trama (FCS, *Frame Check Sequence*).

Después de determinar la dirección del dispositivo de bus correspondiente a la dirección IP y a la dirección MAC, el controlador del bus elimina la cabecera del mensaje, la cabecera IP y la cabecera TCP, y determina la dirección del dispositivo de bus correspondiente a la dirección IP y a la dirección MAC como una cabecera, tal como se ilustra en la Figura 5.

En la realización anteriormente descrita de la invención, el controlador de bus puede reemplazar la cabecera de mensaje, la cabecera IP y la cabecera TCP por la dirección del dispositivo de bus para reducir así la longitud del mensaje transmitido a través de la red de transferencia de datos de dos hilos con el fin de mejorar la eficiencia de la transmisión del paquete de datos.

En una realización de la invención, con el fin de asignar con mayor precisión los segmentos de tiempo para el controlador de bus y los terminales de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos para que los segmentos de tiempo asignados no se superpongan entre sí, el controlador de bus puede sincronizar su reloj con los terminales de bus respectivos a través del protocolo de sincronización de reloj de precisión antes de que se asignen los segmentos de tiempo.

En una realización de la invención, el controlador de bus puede sincronizar el reloj con los terminales de bus respectivos en una serie de protocolos que incluyen el Protocolo de Tiempo de Precisión (PTP, *Precision Time Protocol*), el Protocolo de Tiempo de Red (NTP, *Network Time Protocol*), el Protocolo Simple de Tiempo de Red (SNTP, *Simple Network Time Protocol*) o cualquiera de los otros protocolos aplicables. En una realización de la invención, el controlador de bus sincroniza en primer lugar su hora según cualquiera de los protocolos de sincronización de reloj anteriores, y a continuación el controlador de bus sincroniza su hora con los otros terminales de bus respectivamente, creando así un reloj de referencia para la red de transferencia de datos de dos hilos.

Con el fin de garantizar la sincronización temporal en todos los dispositivos en la red de transferencia de datos de dos hilos, en una realización de la invención se puede pre-ajustar adicionalmente un intervalo de tiempo de sincronización y, cuando llega el intervalo de tiempo de sincronización, el controlador de bus puede sincronizar el tiempo con los otros terminales de bus.

Opcionalmente, en una realización de la invención, el protocolo de sincronización de reloj de precisión es el protocolo de reloj IEEE1588.

Con el fin de describir las realizaciones de la invención con más detalle, se describirá a continuación un ejemplo de las mismas.

Como se ilustra en la Figura 6, un método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial de acuerdo con una realización de la invención incluye los siguientes pasos:

- 5 Paso 601, el controlador de bus sincroniza su reloj con los terminales de bus respectivos a través del protocolo de sincronización de reloj de precisión.
- Paso 602, el controlador de bus determina el número de terminales de bus conectados con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos;
- 10 Paso 603, el controlador de bus asigna segmentos de tiempo para los terminales de bus respectivos de acuerdo con el número de terminales de bus, y los transmite a los terminales de bus correspondientes;
- Paso 604, el controlador de bus determina si un paquete de datos recibido es un paquete de datos de configuración, y si el paquete de datos recibido no es el paquete de datos de configuración, entonces el proceso continuará con el paso 605; de lo contrario, el proceso saltará al paso 606;
- 15 Paso 605, el controlador de bus determina una dirección de dispositivo de bus correspondiente a una dirección IP de destino y una dirección MAC de destino del paquete de datos de acuerdo con una relación de vínculo entre una dirección IP de destino, una dirección MAC de destino y una dirección de dispositivo de bus, y el programa salta al paso 608;
- Paso 606, el controlador de bus determina un terminal de bus correspondiente de acuerdo con el paquete de datos de configuración;
- 20 Paso 607, el controlador de bus transmite el paquete de datos de configuración al terminal de bus;
- Paso 608, el controlador de bus compone un nuevo mensaje a partir de la dirección del dispositivo de bus y la información de datos en el paquete de datos;
- Paso 609, el controlador de bus transmite el nuevo mensaje al terminal de bus correspondiente a la dirección de dispositivo de bus determinada.
- 25 En la realización anteriormente descrita de la invención, el orden de ejecución del paso 601, el paso 602 y los pasos 603 a 609 pueden no estar limitados.
- Basado en la misma idea técnica, tal como se ilustra en la Figura 7, una realización de la invención proporciona además un aparato para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial, siendo el aparato aplicable a una red de transferencia de datos de dos hilos, en donde el aparato incluye:
- 30 Una unidad 701 de determinación de número que está configurada para determinar el número de terminales de bus conectados con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos;
- Una unidad 702 de asignación que está configurada para asignar segmentos de tiempo a los terminales de bus respectivos de acuerdo con el número de terminales de bus; y
- 35 Una unidad 703 de transmisión que está configurada para transmitir los segmentos de tiempo a los terminales de bus para que los terminales de bus operen en los segmentos de tiempo asignados;
- Los segmentos de tiempo asignados de las diferentes terminales de bus no se superponen entre sí.
- Además, la unidad 701 de determinación de número está configurada:
- Para recibir peticiones de adquisición de segmentos de tiempo transmitidas por los terminales de bus; y
- Para determinar el número de terminales de bus de acuerdo con el número de peticiones de adquisición de
- 40 segmentos de tiempo.
- Además, la unidad 701 de determinación de número está configurada:
- Para determinar si hay un cambio en el número de terminales de bus.
- Además, la unidad 702 de asignación está configurada:
- 45 Para determinar, para cualquier terminal de bus, una prioridad de transmisión correspondiente a un identificador de tipo del terminal de bus de acuerdo con una relación de correspondencia entre el identificador de tipo y la prioridad de transmisión; y

Para determinar los segmentos de tiempo asignados de los terminales de bus de acuerdo con las prioridades de transmisión de los terminales de bus y el número de terminales de bus.

Más aún, el aparato incluye adicionalmente:

5 Una unidad 704 de reemplazo que está configurada para, al recibir un paquete de datos que debe transmitirse a un terminal de bus y si se determina que el paquete de datos no es un paquete de datos de configuración, determinar una dirección de dispositivo de bus correspondiente a una dirección IP de destino y una dirección MAC de destino según una relación de vínculo entre una dirección IP de destino, una dirección MAC de destino y una dirección de dispositivo de bus; y

10 Para componer un nuevo mensaje a partir de la dirección del dispositivo de bus y la información de datos en el paquete de datos, y para transmitir el nuevo mensaje al terminal de bus que corresponde a la dirección de dispositivo de bus determinada.

Además, la unidad de reemplazo está configurada:

Para eliminar una cabecera en el paquete de datos y para reservar la información de datos en el paquete de datos; y

15 Para generar el nuevo mensaje agregando la dirección del dispositivo de bus determinada delante de la información de datos en el paquete de datos como cabecera.

Más aún, el aparato incluye adicionalmente:

Una unidad 705 de configuración que está configurada para, tras la recepción del paquete de datos que debe transmitirse al terminal de bus y si se determina que el paquete de datos es un paquete de datos de configuración, determinar el terminal de bus correspondiente de acuerdo con el paquete de datos de configuración; y

20 Transmitir el paquete de datos de configuración al terminal de bus para que el terminal de bus realice las operaciones de configuración correspondientes de acuerdo con el paquete de datos de configuración.

Más aún, la relación de vínculo entre una dirección IP de destino, una dirección MAC de destino y una dirección de dispositivo de bus se genera de la siguiente manera:

25 El controlador de bus asigna una dirección IP y una dirección de dispositivo de bus para el terminal de bus al recibir una petición de adquisición de dirección IP transmitida por el terminal de bus; y

El controlador de bus genera una relación de correspondencia tridimensional entre una dirección MAC del terminal de bus y la dirección IP asignada y la dirección del dispositivo de bus del terminal de bus;

La petición de adquisición de la dirección IP incluye la dirección MAC del terminal de bus.

Además, el protocolo de sincronización de reloj de precisión es el protocolo de reloj IEEE1588.

30 Más aún, la unidad 702 de asignación está configurada adicionalmente:

Para asignar un segmento de tiempo para el controlador de bus de acuerdo con el número de terminales de bus.

35 La invención se ha descrito mediante un diagrama de flujo y/o un diagrama de bloques del método, el dispositivo (sistema) y el producto del programa computacional de acuerdo con las realizaciones de la invención. Se apreciará que los flujos y/o bloques respectivos en el diagrama de flujo y/o el diagrama de bloques y las combinaciones de los flujos y/o los bloques en el diagrama de flujo y/o el diagrama de bloques se pueden incorporar en las instrucciones del programa computacional. Estas instrucciones de programa computacional se pueden cargar en una computadora de propósito general, una computadora de propósito específico, un procesador incorporado o un procesador de otro dispositivo de procesamiento de datos programable para dar lugar a una máquina de modo que
40 las instrucciones ejecutadas en la computadora o el procesador del otro dispositivo de procesamiento de datos programable crea unos medios para llevar a cabo las funciones especificadas en los flujos del diagrama de flujo y/o los bloques del diagrama de bloques.

45 Estas instrucciones del programa computacional también pueden almacenarse en una memoria legible por computadora capaz de ordenar a la computadora o al otro dispositivo de procesamiento de datos programable para que opere de una manera específica de tal modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por computadora creen un artículo manufacturado incluyendo medios de instrucción que llevan a cabo las funciones especificadas en los flujos del diagrama de flujo y/o los bloques del diagrama de bloques.

50 Estas instrucciones del programa computacional también se pueden cargar en la computadora o en el otro dispositivo de procesamiento de datos programable para que se lleven a cabo una serie de pasos operativos en la computadora o en el otro dispositivo de procesamiento de datos programable para crear un proceso implementado por computadora para que las instrucciones ejecutadas en el la computadora o en el otro dispositivo programable

proporcionen pasos para llevar a cabo las funciones especificadas en los flujos del diagrama de flujo y/o los bloques del diagrama de bloques.

Aunque se han descrito las realizaciones preferidas de la invención, los expertos en la técnica que se benefician del concepto inventivo subyacente pueden llevar a cabo modificaciones y variaciones adicionales a estas realizaciones.

- 5 Evidentemente, los expertos en la técnica pueden llevar a cabo diversas modificaciones y variaciones de la invención sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para implementar un bus de campo en tiempo real de banda ancha de Internet industrial, en donde el método puede aplicarse a una red de transferencia de datos de dos hilos en la que un controlador de bus está conectado con uno o varios terminales de bus a través de la red de acuerdo con sus direcciones IP, y en el que el controlador del bus sincroniza su reloj con los terminales de bus, en donde el método comprende:
- 5 determinar, mediante el controlador de bus, el número de terminales de bus conectados con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos;
- asignar, mediante el controlador de bus, uno o varios segmentos de tiempo para uno o varios terminales de bus de acuerdo con el número de terminales de bus; y
- 10 transmitir, mediante el controlador de bus, los segmentos de tiempo a los terminales de bus para que los terminales de bus operen en los segmentos de tiempo asignados;
- en donde los segmentos de tiempo asignados de los diferentes terminales de bus no se superponen entre sí;
- en donde el método comprende adicionalmente:
- 15 tras la recepción de un paquete de datos que debe transmitirse a un terminal de bus, si se determina que el paquete de datos no es un paquete de datos de configuración, determinar, mediante el controlador del bus, una dirección del dispositivo de bus correspondiente a una dirección IP de destino y a una dirección MAC de destino de acuerdo con una relación de vínculo entre la dirección IP de destino, la dirección MAC de destino y la dirección del dispositivo de bus; y
- 20 componer, mediante el controlador de bus, un nuevo mensaje a partir de la dirección del dispositivo de bus y de información de datos en el paquete de datos, y transmitir el nuevo mensaje al terminal de bus correspondiente a la dirección de dispositivo de bus determinada;
- en donde componer, mediante el controlador de bus, el nuevo mensaje a partir de la dirección del dispositivo de bus y la información de datos en el paquete de datos comprende:
- 25 eliminar, mediante el controlador de bus, una cabecera de mensaje, una cabecera IP y una cabecera TCP en el paquete de datos, y reservar la información de datos en el paquete de datos; y
- generar el nuevo mensaje agregando la dirección del dispositivo de bus determinada delante de la información de datos en el paquete de datos como cabecera.
2. El método según la reivindicación 1, en el que determinar, mediante el controlador de bus, el número de terminales de bus conectados con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos comprende:
- 30 recibir, mediante el controlador de bus, una o varias peticiones de adquisición de segmento de tiempo transmitidas por uno o varios terminales de bus; y
- determinar, mediante el controlador de bus, el número de terminales de bus de acuerdo con el número de peticiones de adquisición de segmentos de tiempo.
- 35 3. El método según la reivindicación 1, en el que antes de determinar, mediante el controlador de bus, el número de terminales de bus conectados con el controlador de bus a través de la red de transferencia de datos de dos hilos, el método comprende adicionalmente:
- determinar, mediante el controlador de bus, si existe un cambio en el número de terminales de bus.
- 40 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la asignación, mediante el controlador de bus, de segmentos de tiempo para los terminales de bus según el número de terminales de bus comprende:
- determinar, mediante el controlador de bus, para cualquier terminal de bus una prioridad de transmisión correspondiente a un identificador de tipo del terminal de bus de acuerdo con una relación de correspondencia entre el identificador de tipo y la prioridad de transmisión; y
- determinar, mediante el controlador del bus, los segmentos de tiempo asignados de los terminales de bus de acuerdo con las prioridades de transmisión de los terminales de bus y el número de terminales de bus.
- 45 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el método comprende adicionalmente:
- tras la recepción del paquete de datos a transmitir al terminal de bus y se determina que el paquete de datos es un paquete de datos de configuración, determinar, mediante el controlador de bus, el terminal de bus correspondiente de acuerdo con el paquete de datos de configuración; y

transmitir, mediante el controlador de bus, el paquete de datos de configuración al terminal de bus para que el terminal de bus lleve a cabo una operación de configuración correspondiente de acuerdo con el paquete de datos de configuración.

5 6. El método según la reivindicación 1, en el que generar, mediante el controlador de bus, la relación de vínculo entre la dirección IP de destino, la dirección MAC de destino y la dirección del dispositivo de bus comprende:

asignar, mediante el controlador de bus, la dirección IP y la dirección del dispositivo de bus para el terminal de bus al recibir la petición de adquisición de dirección IP transmitida por el terminal de bus; y

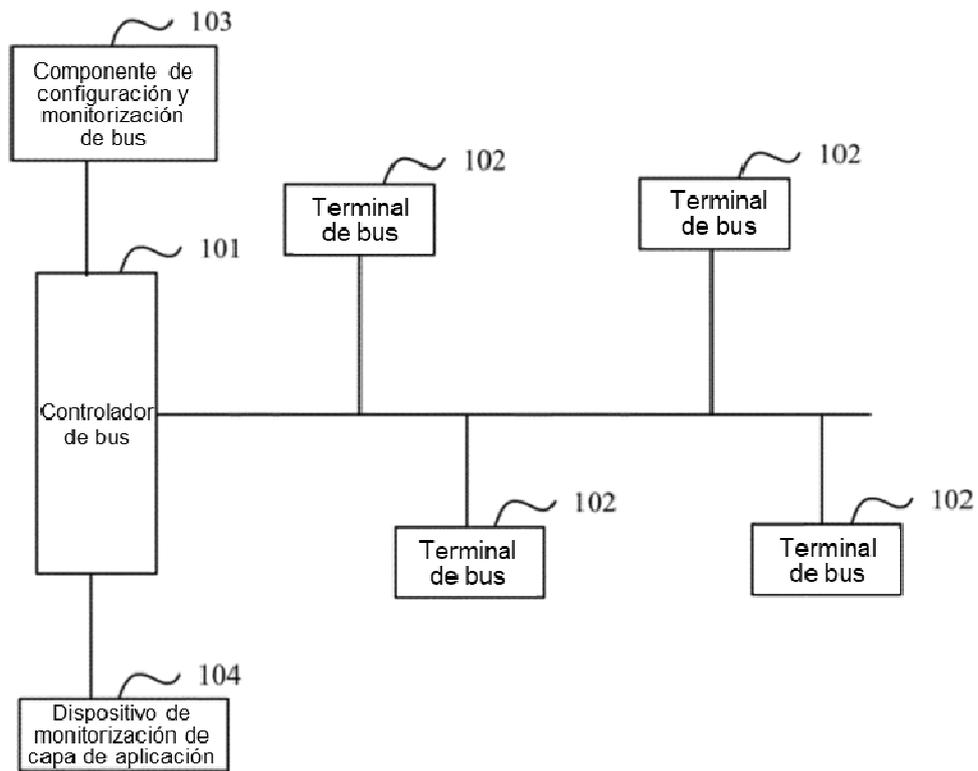
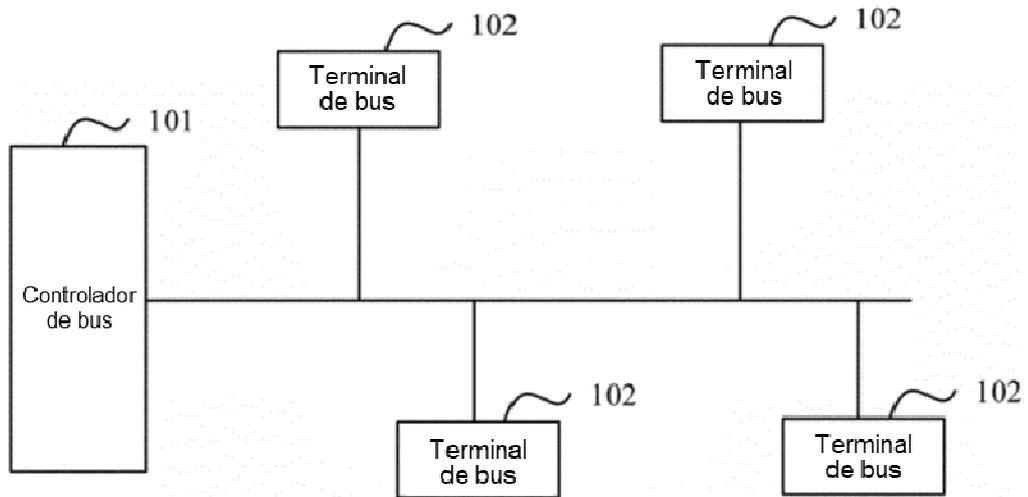
generar, mediante el controlador de bus, una relación de correspondencia tridimensional entre la dirección MAC del terminal de bus y la dirección IP asignada y la dirección del dispositivo de bus del terminal de bus;

10 en donde la petición de adquisición de dirección IP incluye la dirección MAC del terminal de bus.

7. El método según la reivindicación 1, en el que un protocolo de sincronización de reloj de precisión es el protocolo de reloj IEEE1588.

8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el método comprende adicionalmente:

15 asignar, mediante el controlador de bus, un segmento de tiempo para el controlador de bus de acuerdo con el número de terminales de bus.



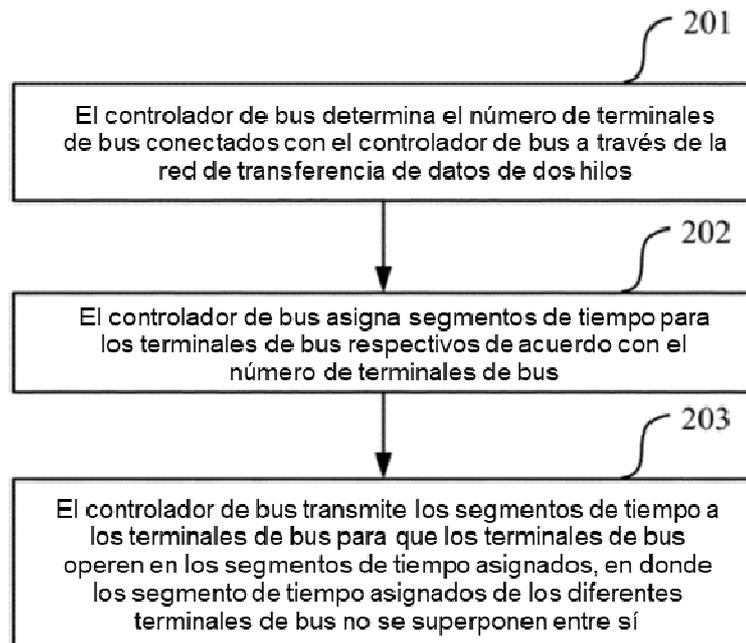


Fig.2

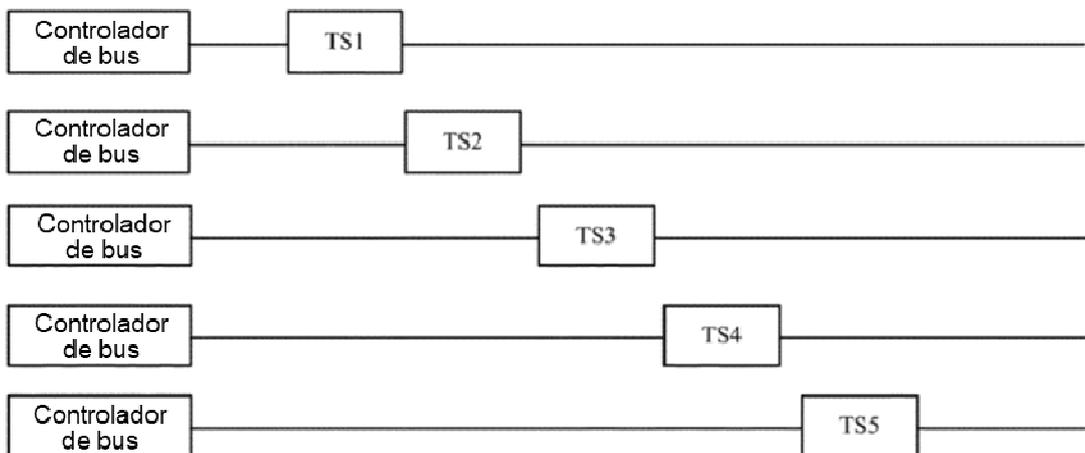


Fig.3



Fig.4

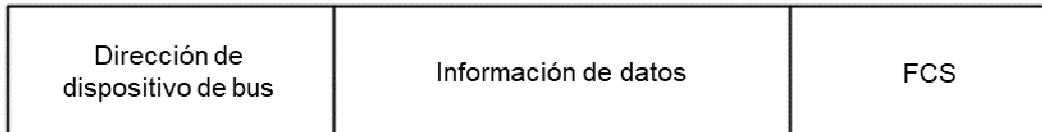


Fig.5

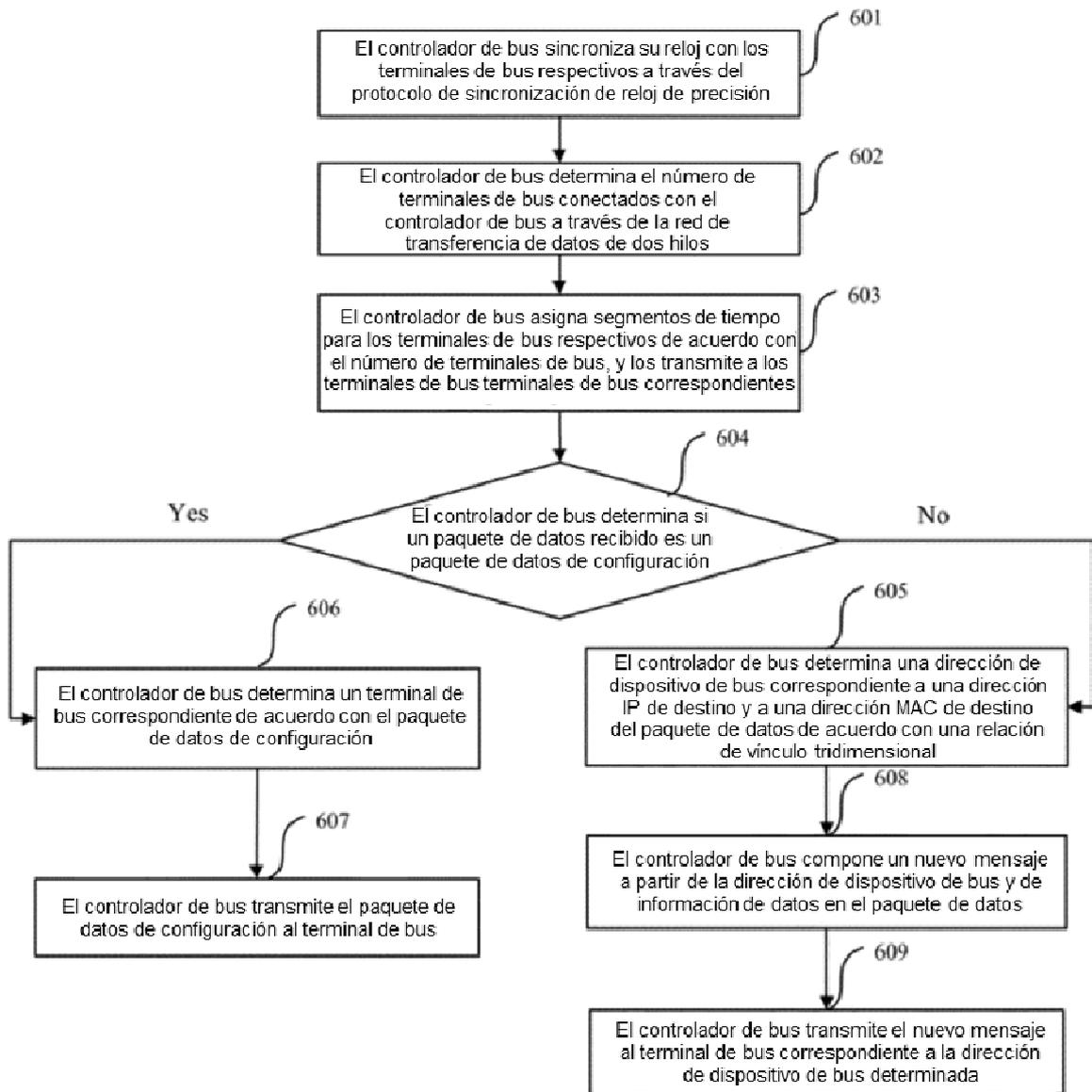


Fig.6

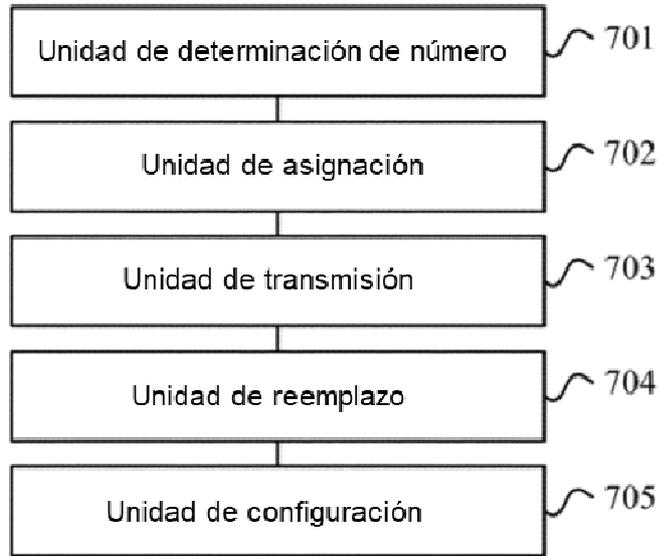


Fig.7