

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 824 727**

51 Int. Cl.:

H04W 56/00 (2009.01)

H04L 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2017 E 17210913 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020 EP 3425971**

54 Título: **Método y aparato de sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de Internet industrial**

30 Prioridad:

05.07.2017 CN 201710543469

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

13.05.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SHAO, ZHIHUI;
SHI, JING;
ZHONG, HUI y
HUANG, YI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 824 727 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 y aparato de sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de Internet industrial

Campo

- 5 La presente divulgación se refiere al campo de las comunicaciones, y particularmente a un método y un aparato de sincronización sobre la base de una arquitectura de bus de banda ancha de campo de Internet industrial.

Antecedentes

- 10 En la técnica anterior de la comunicación, la comunicación de datos subyacente en el campo de la automatización se realiza generalmente en un bus de campo. El denominado bus de campo se refiere a un bus de datos de comunicación digital, serie y multipunto entre un dispositivo de campo instalado en un área de fabricación o de proceso y un dispositivo automático que controla el dispositivo de interior. El bus de campo generalmente incluye un bus de Red de Área de Controlador (CAN) y un bus de Campo de Proceso (PROFIBUS).

- 15 Sin embargo, el ancho de banda de transmisión del bus de CAN y de PROFIBUS es bajo, típicamente por debajo de 50 MHz, lo que da como resultado una tasa de transmisión tan baja que no satisface las demandas de acceso y de transmisión de alta velocidad de una gran cantidad de dispositivos de campo industriales en un gran campo industrial.

- 20 Aunque existen anchos de banda de transmisión más altos de Profinet y de otros buses Ethernet industrial que el bus de CAN y de PROFIBUS, un dispositivo de campo necesita acceder, y transmitir datos, a través de un conmutador Ethernet en una aplicación de Profinet y de los otros buses Ethernet industriales a un campo industrial, lo que hace que el sistema sea complicado, que sea difícil el despliegue de cables y que falle en cuanto a permitir la transmisión de datos a alta velocidad y en tiempo real. Además, dado que existe una escala creciente del campo industrial, también hay un número creciente de dispositivos de campo industriales que se deben conectar a través del bus de campo, pero que el Profinet también falla en cuanto a satisfacer las demandas de acceso y de transmisión de alta velocidad de un gran número de dispositivos de campo industriales en el gran campo industrial.
- 25 Dado que los dispositivos de campo necesitan acceder, y transmitir datos, a través de un conmutador Ethernet, la solución de sincronización al Profinet y a los otros buses Ethernet industriales puede ser complicada y tener un efecto deficiente.

- 30 Como hay una escala creciente del campo industrial, hay un número creciente de dispositivos de campo industriales, por lo que no existe en la técnica anterior un bus de campo en tiempo real, de alta velocidad, de ancho de banda alto y sin ningún conmutador.

- 35 La Patente US6363128 B1 proporciona un sistema de transmisión de múltiples portadoras, tal como un sistema DMT. Un receptor debe poder recuperar un reloj de muestreo que esté sincronizado con mucha precisión con un reloj de muestreo del transmisor. Normalmente, la sincronización se logra utilizando una portadora reservada, la portadora piloto, que se transmite con una fase fija. El reloj de muestreo del receptor se sincroniza entonces en fase con la portadora piloto. La temporización de la trama puede ser recuperada mediante el uso de una técnica de correlación. De ese modo, se proporciona un método mejorado de recuperación de un reloj de muestra y de enganche de fase del reloj de muestreo a una portadora piloto.

- 40 La Patente US 2002/0126706 A1 proporciona sincronización de temporización de símbolos en sistemas de comunicación OFDM donde se describe que múltiples terminales inalámbricos comunican con una única estación base. La temporización de símbolos del transmisor y el receptor de la estación base, es fija. Cada terminal inalámbrico funciona para ajustar de forma independiente la temporización de su transmisor. La sincronización de temporización del transmisor en el terminal inalámbrico está subordinada a la sincronización de temporización del receptor del terminal. Cada terminal inalámbrico corrige en primer lugar la temporización de símbolo de su receptor en base a una señal recibida desde la estación de base. A continuación, el terminal inalámbrico ajusta la temporización de símbolo de su transmisor como una función de la temporización de símbolo del receptor. Cuando la temporización de símbolo del receptor debe ser adelantada o atrasada en alguna cantidad, se hace también que avance o que se atrase la temporización de símbolo del transmisor, respectivamente, en una cantidad igual, o sustancialmente igual. El ajuste de la temporización de símbolo se puede realizar agregando o eliminando muestras digitales del primer o del último símbolo de una pausa.

50 Compendio

- 55 Las realizaciones de la divulgación proporcionan un método y un aparato de sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de un Internet industrial de modo que para hacer que el sistema de bus en su totalidad logre la sincronización, y la solución de sincronización utilizada sea fácil de implementar, el sistema se sincroniza con precisión y de forma fiable, para proporcionar con ello una garantía subyacente para la transmisión de un servicio firme en tiempo real.

Las soluciones técnicas específicas según las realizaciones de la divulgación son las siguientes.

- En un primer aspecto, una realización de la divulgación proporciona un método de sincronización sobre la base de una arquitectura de bus de banda ancha de campo de un Internet industrial, en donde la arquitectura de bus de banda ancha de campo de un Internet industrial incluye: un controlador de bus, al menos un terminal de bus, y un bus de dos hilos, y donde el controlador de bus y el al menos un terminal de bus están conectados sobre el bus de dos hilos para constituir un sistema de bus; el controlador de bus comunica con cualquiera de al menos un terminal de bus, y el terminal de bus se comunica con cada uno de los otros, utilizando la tecnología de Multiplexado por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), y las subportadoras ocupadas por el terminal de bus no interfieren entre sí; y el método de sincronización aplicable a cada terminal de bus incluye:
- 5 recibir, por medio del terminal de bus, una señal piloto de enlace descendente transmitida por el controlador de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente, y determinar un desfase de reloj y un desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida;
- 10 corregir, mediante el terminal de bus, un reloj para una señal recibida en base al desfase de reloj, y corregir un reloj para una señal que va a ser transmitirá en base al desfase de reloj; y ajustar una posición de ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo, y ajustar una posición de ventana de la señal a transmitir en base al desfase de símbolo, de modo que el terminal de bus esté sincronizado en cuanto a reloj y en cuanto a símbolo con el controlador de bus; y
- 15 ajustar, por medio del terminal de bus, un tiempo de transmisión de una señal a ser transmitida hasta el controlador de bus, conforme a un retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y ajustar un tiempo de transmisión de señales a ser transmitidas a los otros terminales de bus , conforme a retardos de transmisión entre el terminal de bus y los otros terminales de bus, de modo que el sistema de bus se sincronice mediante sincronización de reloj y sincronización de símbolo de cada terminal de bus con el controlador de bus y ajustar el retardo de transmisión entre cada terminal de bus y el controlador de bus, en donde el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus se determina en función de una diferencia entre un tiempo de recepción de un mensaje de petición de acceso recibido por el controlador de bus desde el terminal de bus, y un tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso transmitido al controlador de bus por el terminal de bus, donde el retardo de transmisión entre el terminal de bus y cada uno de los otros terminales de bus se determina en función de una diferencia entre un tiempo de recepción de una señal recibida por el terminal de bus desde el otro terminal de bus correspondiente, y un tiempo de transmisión de la señal transmitida al terminal de bus por el otro terminal de bus correspondiente.
- 20 Preferiblemente, determinar el desfase de reloj y el desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida, incluye:
- 25 cuando el sistema de bus se está inicializando, con cada recepción de las señales piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, determinar, por medio del terminal de bus, el desfase de reloj y el desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus conforme a dos señales piloto de enlace descendente recibidas en la subtrama de sistema de enlace descendente actual; o
- 30 cuando el sistema de bus está operando de manera estable, con cada recepción de la señal piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, determinar, por medio del terminal de bus, el desfase de reloj respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus según una señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y una señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente, y cada número preestablecido de tramas de señal, determinando el desfase de símbolo entre el terminal de bus y el controlador de bus conforme a la señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y la señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente.
- 35 Preferiblemente, después de que el terminal de bus corrija el reloj para la señal recibida en base al desfase de reloj, corrige el reloj para la señal que se va a transmitir en base al desfase de reloj, ajusta la posición de ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo y ajusta la posición de ventana de la señal a ser transmitida en base al desfase de símbolo, y antes de que el terminal de bus ajuste el tiempo de transmisión de la señal a ser transmitida al controlador de bus, conforme al retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus devuelto por el Controlador de bus, el método incluye además:
- 40 determinar, mediante el terminal de bus, que el terminal de bus se ha sincronizado en reloj correctamente con el controlador de bus, y que el terminal de bus se ha sincronizado en símbolo correctamente con el controlador de bus, tras determinar que la información de difusión del sistema transmitida por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente ha sido recibida correctamente.
- 45 Preferiblemente después de que se determina que el terminal de bus se ha sincronizado en reloj correctamente con el controlador de bus, y que el terminal de bus se ha sincronizado en símbolo correctamente con el controlador de bus, y antes de que el terminal de bus ajuste el tiempo de transmisión de la señal que va a ser transmitida al
- 50
- 55

controlador de bus, según el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, el método incluye además:

5 cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede inicialmente al controlador de bus, transmitir el mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en una subtrama de enlace ascendente en una trama normal, para
 10 activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta a el mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de reconocimiento de acceso lleva el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, en donde la trama normal es una trama de señal que incluye la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente y la subtrama de enlace ascendente; o

15 cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede aleatoriamente al controlador de bus, transmitir un mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en una subtrama de sistema de acceso aleatorio en una trama especial, para activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de solicitud de acceso lleva el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, en donde la trama especial es una trama de señal que incluye la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente, una subtrama de enlace ascendente, y la subtrama de sistema de acceso aleatorio.

20 Preferiblemente, al activar el controlador de bus para que devuelva el mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, el mensaje de reconocimiento de acceso que lleva el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus incluye:

activar el controlador de bus:

para obtener el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso, y para obtener el tiempo de transmisión correspondiente a un número especificado de símbolos de OFDM en la subtrama del enlace ascendente;

25 para determinar el tiempo de transmisión correspondiente al símbolo de OFDM, que es anterior al tiempo de recepción y tiene una diferencia mínima con el tiempo de recepción, como tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso; y

30 para determinar el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus conforme a la diferencia entre el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso y el tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso, y para transmitir el mensaje de reconocimiento de acceso que lleva el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus al terminal de bus.

Preferiblemente, la subtrama de sistema de enlace descendente es la primera subtrama en cada trama de señal que es una trama especial o una trama normal.

35 En un segundo aspecto, una realización de la divulgación proporciona un aparato de sincronización sobre la base de una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial, en donde la arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial incluye: un controlador de bus, al menos un terminal de bus, y un bus de dos hilos, y el controlador de bus y el al menos un terminal de bus están conectados a través del bus de dos hilos para constituir un sistema de bus, en donde el controlador de bus comunica con cualquiera de los al menos un terminal de bus y el terminal de bus comunican entre sí, utilizando la tecnología de Multiplexado por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), y las subportadoras ocupadas por el terminal de bus no interfieren entre sí; y el aparato de sincronización aplicable a cada terminal de bus incluye:

45 una unidad de determinación configurada para recibir una señal piloto de enlace descendente transmitida por el controlador de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente, y para determinar un desfase de reloj y un desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida;

50 una unidad de ajuste configurada para corregir un reloj para una señal recibida en base al desfase de reloj, y para corregir un reloj para una señal a ser transmitida en base al desfase de reloj; y para ajustar una posición de ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo, y para ajustar una posición de ventana de la señal a ser transmitida según el desfase de símbolo, de modo que el terminal de bus esté en sincronización de reloj y en sincronización de símbolo con el controlador de bus; y,

55 una unidad de sincronización configurada para ajustar un tiempo de transmisión de una señal a ser transmitida al controlador de bus, conforme a un retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y para ajustar un tiempo de transmisión de señales a ser transmitidas a los otros terminales de bus, conforme a retardos de transmisión entre el terminal de bus y los otros terminales de bus, de modo que el sistema de bus se sincronice por sincronización de reloj y sincronización de símbolo de cada terminal de bus con el controlador de bus, y ajustar el retardo de transmisión entre cada terminal de bus y el bus controlador, en donde el retardo de transmisión entre el

terminal de bus y el controlador de bus se determina según una diferencia entre un tiempo de recepción de un mensaje de solicitud de acceso recibido por el controlador de bus desde el terminal de bus, y un tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso transmitido al controlador de bus por el terminal de bus, el retardo de transmisión entre el terminal de bus y cada uno de los otros terminales de bus se determina según una diferencia entre un tiempo de recepción de una señal recibida por el terminal de bus desde el otro terminal de bus correspondiente, y un tiempo de transmisión de la señal transmitida al terminal de bus por el otro terminal de bus correspondiente.

Preferiblemente, la unidad de determinación configurada para determinar el desfase de reloj y el desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida, está configurada:

cuando el sistema de bus se está inicializando, tras cada recepción de las señales piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, para determinar el desfase de reloj y el desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus conforme a dos señales piloto de enlace descendente recibidas en la subtrama de sistema de enlace descendente actual; o

cuando el sistema de bus está operando de manera estable, tras cada recepción de la señal piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, para determinar el desfase de reloj respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus según una señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y una señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente, y cada número preestablecido de tramas de señal, para determinar el desfase de símbolo entre el terminal de bus y el controlador de bus conforme a la señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y la señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente.

Preferiblemente después de que el terminal de bus corrige el reloj para la señal recibida en base al desfase de reloj, corrige el reloj para la señal a ser transmitida según el desfase de reloj, ajusta la posición de ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo y ajusta la posición de ventana de la señal a ser transmitida en base al desfase de símbolo, y antes de que el terminal de bus ajuste el tiempo de transmisión de la señal a ser transmitida al controlador de bus, según sea el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus devuelto por el controlador de bus, estando además la unidad de ajuste configurada:

para que el terminal de bus determine que el terminal de bus se ha sincronizado en reloj correctamente con el controlador de bus, y el terminal de bus se ha sincronizado en símbolo correctamente con el controlador de bus, tras determinar que la información de difusión de sistema transmitida por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente ha sido recibida correctamente.

Preferiblemente después de que se determine que el terminal de bus se ha sincronizado en reloj con éxito con el controlador de bus, y que el terminal de bus se ha sincronizado en símbolo con éxito con el controlador de bus, y antes de que el terminal de bus ajuste el tiempo de transmisión de la señal que se va a transmitir al controlador de bus, según el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, la unidad de ajuste está configurada además:

cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede inicialmente al controlador de bus, para transmitir el mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en una subtrama de enlace ascendente en una trama normal, para activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de reconocimiento de acceso lleva el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y para recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, en donde la trama normal es una trama de señal que incluye la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente y la subtrama de enlace ascendente; o

cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede aleatoriamente al controlador de bus, para transmitir un mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en una subtrama de sistema de acceso aleatorio en una trama especial, para activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de reconocimiento de acceso lleva el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y para recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, en donde la trama especial es una trama de señal que incluye la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente, una subtrama de enlace ascendente, y la subtrama de sistema de acceso aleatorio.

Preferiblemente, la unidad de ajuste configurada para activar el controlador de bus para que devuelva el mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, el mensaje de reconocimiento de acceso que lleva el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus está configurado además:

para activar el controlador de bus:

para obtener el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso, y para obtener el tiempo de transmisión correspondiente a un número especificado de símbolos de OFDM en la subtrama del enlace ascendente;

5 para determinar el tiempo de transmisión correspondiente al símbolo de OFDM, que es anterior al tiempo de recepción y que tiene una diferencia mínima con el tiempo de recepción, como tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso; y

para determinar el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus según la diferencia entre el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso y el tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso, y para transmitir el mensaje de reconocimiento de acceso que lleva el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus al terminal de bus.

10 Preferiblemente, la subtrama de sistema de enlace descendente es la primera subtrama en cada trama de señal que es una trama especial o una trama normal.

En un tercer aspecto, una realización de la divulgación proporciona un dispositivo electrónico que incluye:

uno o más procesadores; y

15 uno o más medios legibles por ordenador en los que se almacena un programa para sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial, en donde el programa realiza el método según una cualquiera de las realizaciones del primer aspecto anterior.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1a es un diagrama de arquitectura esquemático de un sistema de bus según una realización de la divulgación.

20 La Figura 1b es un diagrama esquemático de una estructura de trama en el sistema de bus según la realización de la divulgación.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de un método de sincronización sobre la base de una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial según una primera realización de la divulgación.

25 La Figura 3a es un diagrama de flujo de un método de sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial según una segunda realización de la divulgación.

La Figura 3b es un diagrama esquemático de temporización de transmisión de una trama de señal según la segunda realización de la divulgación.

La Figura 4 es un diagrama estructural esquemático de un primer aparato de sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial según una realización de la divulgación, y

30 La Figura 5 es un diagrama estructural esquemático de un segundo aparato de sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial según una realización de la divulgación.

Descripción detallada

35 Las soluciones técnicas según las realizaciones de la divulgación se describirán a continuación de forma clara y completa con referencia a los dibujos en las realizaciones de la divulgación, y aparentemente las realizaciones descritas a continuación son solo una parte de, y no todas, las realizaciones de la divulgación. Tomando aquí como base las realizaciones aquí de la divulgación, todas las demás realizaciones que se les puedan ocurrir a los expertos en la técnica sin ningún esfuerzo inventivo caerán dentro del alcance de la divulgación.

40 Con el fin de sincronizar el sistema de bus completo, y para proporcionar una garantía subyacente para la transmisión de un servicio sólido en tiempo real, se ha diseñado en las realizaciones de la divulgación un método de sincronización sobre la base de una arquitectura de bus de banda ancha de campo basada en un Internet industrial, donde un terminal de bus determina un desfase de reloj y un desfase de símbolo según una señal piloto de enlace descendente transmitida por el controlador de bus, y ajusta un reloj y un símbolo respectivamente para la sincronización; y además, el terminal de bus ajusta un tiempo de transmisión de una señal a transmitir a otro terminal de bus conforme a un retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus.

45 Existe un requisito de fecha límite riguroso para un servicio sólido en tiempo real, y si se incumple una fecha límite para una tarea, entonces puede haber un efecto secundario impredecible e incluso un desastre grave. Se requiere que el sistema de bus de campo sea altamente confiable y en tiempo real, y si se incumple una fecha límite para una tarea, entonces puede haber un efecto secundario muy serio. En el método de sincronización según las realizaciones de la divulgación, el controlador de bus no realiza ninguna sincronización de reloj ni realiza
50 sincronización de símbolo, sino que todos los terminales de bus se refieren al controlador de bus, donde un terminal de bus que recibe una señal o que transmite una señal corrige un reloj de forma adaptativa, y determina una

- posición de ventana, para la señal recibida, y la señal a ser transmitida, según la señal piloto de enlace descendente para sincronizar así su reloj y su símbolo con el controlador de bus sin ajustar ningún reloj local; y todos los terminales de bus ajustan un tiempo de transmisión para una señal que va a ser transmitida, conforme al retardo de transmisión. De esta manera, todos los terminales de bus sincronizan sus relojes y símbolos, y ajustan sus retardos de transmisión de modo que todos los dispositivos en el sistema de bus estén sincronizados para proporcionar así una garantía subyacente para la transmisión de un servicio sólido en tiempo real. El controlador de bus no realiza sincronización de reloj ni realiza sincronización de símbolo cuando transmite o recibe una señal.
- 5
- A continuación se va a describir una realización preferida de la divulgación con referencia a los dibujos.
- En primer lugar, un terminal de bus recibe una señal piloto de enlace descendente transmitida por el controlador de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente.
- 10
- A continuación, el terminal de bus determina un desfase de reloj y un desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida, donde el desfase de reloj se usa para corregir un reloj para una señal que se va a transmitir, y el desfase de símbolo se utiliza para ajustar una posición de ventana de la señal que se va a transmitir.
- 15
- Por último, el terminal de bus obtiene un retardo de transmisión almacenado localmente, y ajusta de manera correspondiente la señal que se va a transmitir, en base al desfase de reloj, al desfase de símbolo y al retardo de transmisión. El retardo de transmisión incluye un retardo entre el terminal de bus y el controlador de bus, y retardos entre los respectivos terminales de bus.
- Las realizaciones preferidas de la divulgación se van a describir a continuación con referencia a los dibujos.
- 20
- Como se ilustra en la Figura 1a, una arquitectura de bus de banda ancha de campo de Internet industrial según una realización de la divulgación, incluye: un controlador de bus, al menos un terminal de bus y un bus de dos hilos, y el controlador de bus y el al menos un terminal de bus están conectados a través del bus de dos hilos para constituir un sistema de bus, donde el controlador de bus comunica con cualquiera del al menos un terminal de bus, y el terminal de bus comunica entre sí, utilizando la tecnología de Multiplexado por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), y las subportadoras ocupadas por la terminal de bus no interfieren entre sí. El sistema de bus según la realización de la divulgación puede satisfacer las demandas en cuanto a ser altamente en tiempo real, un gran ancho de banda y una alta velocidad, y los datos pueden ser transmitidos a través del bus a un ancho de banda superior a cientos de megahercios sin ningún conmutador.
- 25
- Además, en la realización de la descripción, los terminales de bus pueden comunicar directamente entre sí, o los terminales de bus pueden comunicar entre sí a través del controlador de bus, es decir, uno de los terminales de bus transmite los datos al controlador de bus, y el controlador de bus reenvía después los datos al terminal de bus correspondiente. El controlador de bus controla la comunicación a través de la red para configurar e inicializar con ello la red, y programar los recursos de canal de capa física, y también el controlador de bus puede controlar además el terminal de bus para comunicar con el exterior a alta velocidad.
- 30
- El bus de dos hilos es un par de bus diferencial con dos líneas. El bus diferencial con dos líneas es un par de cables por los que se transportan señales diferenciales. Las señales diferenciales se refieren a dos señales transmitidas por un controlador, que tienen la misma amplitud y fases opuestas, y un receptor determina un estado lógico como "0" o "1" comparando la diferencia entre estas dos tensiones. El bus de dos hilos es un bus de banda ancha de campo, p. ej., un bus de dos hilos que es un par de bus diferencial con dos líneas por las que se transmiten señales utilizando la tecnología de OFDM.
- 35
- 40
- En algún escenario de aplicación especial, por ejemplo, donde se requiere una fiabilidad particularmente alta, se pueden configurar dos buses idénticos pero independientes, cada equipo de usuario puede acceder a los dos buses al mismo tiempo, y los dos buses funcionan como un bus de reserva de cada uno respecto al otro, pero solo uno de ellos opera cada vez.
- 45
- En la tecnología de OFDM, los canales asignados se dividen en una cantidad de subcanales ortogonales en el dominio de la frecuencia, y los datos sobre cada subcanal se modulan utilizando una subportadora, y las subportadoras respectivas se transmiten simultáneamente. La tecnología de OFDM puede superar el efecto de múltiples rutas, eliminar la interferencia Inter-Símbolo (ISI), suprimir la atenuación selectiva de frecuencia, y operar con una alta tasa de utilización de canales. La tecnología de OFDM puede ser considerada como una tecnología de modulación y una tecnología multitarea, que es un esquema de transmisión múltiportadora.
- 50
- El llamado efecto de múltiples rutas se refiere a un efecto de retardo de interferencia que surge a partir de la transmisión de múltiples rutas a través de un canal de propagación de ondas eléctricas. El llamado ISI se refiere a la influencia de una señal sobre la i-ésima ruta respecto a una señal sobre la primera ruta debido a la transmisión por múltiples rutas.
- 55
- El controlador de bus transmite datos con el terminal de bus en un modo dúplex por división de tiempo. En las realizaciones de la divulgación, la tecnología de OFDM se introduce en el bus de campo, y también se diseña una

estructura de trama de una trama de señal. Como se ilustra en la Figura 1b, se proporciona un diagrama esquemático de una estructura de trama en el sistema de bus de acuerdo con la realización de la divulgación. La unidad elemental de la señal de capa física es una trama de señal, 256 tramas de señal constituyen una supertrama, la última trama de señal en la supertrama es una trama especial, y otras tramas de señal en la supertrama son tramas normales. La trama de señal incluye múltiples símbolos de OFDM.

La trama normal incluye una subtrama de sistema de enlace descendente, una subtrama de enlace descendente, un intervalo de guarda, una subtrama de enlace ascendente y un intervalo de guarda sucesivamente en el dominio del tiempo. La trama especial incluye una subtrama de sistema de enlace descendente, una subtrama de enlace descendente, un intervalo de protección, una subtrama de enlace ascendente, un intervalo 1 de guarda de acceso, una subtrama de sistema de acceso aleatorio y un intervalo 2 de guarda de acceso. El intervalo de guarda reserva un período de tiempo para la conmutación entre la subtrama de enlace descendente y la subtrama de enlace ascendente en la trama de señal. Existe el intervalo 1 de guarda de acceso y el intervalo 2 de guarda de acceso en ambos lados de la subtrama de sistema de acceso aleatorio de enlace ascendente en la trama especial.

Los datos de enlace ascendente se transmiten en la subtrama de enlace ascendente. Opcionalmente, tanto una señal de datos como una señal piloto de enlace ascendente se transportan en un símbolo de OFDM en la subtrama de enlace ascendente.

La subtrama de sistema de acceso aleatorio reserva un período de tiempo para que un terminal de bus acceda temporalmente o de nuevo al bus. Opcionalmente, tanto una señal piloto de enlace ascendente como una señal de datos se transportan en un símbolo de OFDM en la subtrama de sistema de acceso aleatorio, donde la señal de datos puede ser una solicitud de acceso, por ejemplo. El número de subportadoras ocupadas por la señal de datos de enlace ascendente y el número de subportadoras ocupadas por la señal piloto de enlace ascendente en el dominio de la frecuencia, se ordenan alternadamente según alguna relación proporcional, donde la relación de las subportadoras asignadas ocupadas por la señal de datos de enlace ascendente respecto a las subportadoras asignadas ocupadas por la señal piloto de enlace ascendente puede ser preestablecida según sea necesario en la realidad, y preferiblemente preestablecida en 2:1. La señal piloto de enlace ascendente puede indicar al controlador de bus que realice una estimación de canal. Dicho de otra manera, el controlador de bus puede extraer la señal piloto de enlace ascendente para realizar estimación de canal, tras la recepción de los datos transmitidos por el terminal de bus en la subtrama de enlace ascendente, y específicamente el controlador de bus puede calcular una respuesta de impulso aproximada del canal utilizando la subtrama de sistema de enlace ascendente para aproximar una respuesta de impulso de canal real tanto como sea posible para compensar así el canal.

Los datos de enlace descendente se transmiten en la subtrama del enlace descendente. La subtrama de sistema de enlace descendente incluye dos símbolos de OFDM, dedicados a la transmisión de dos señales piloto de enlace descendente, donde cada símbolo de OFDM en la subtrama de sistema de enlace descendente está dedicado a la transmisión de una señal piloto de enlace descendente por medio del controlador de bus. Opcionalmente, la subtrama de sistema de enlace descendente es la primera subtrama en la trama de señal. La señal piloto de enlace descendente se puede utilizar tanto para la sincronización de sistema como para la estimación de canal.

Además, los respectivos terminales de bus que comunican con el controlador de bus utilizando la tecnología de OFDM pueden comunicar además directamente entre sí a través del bus utilizando la tecnología de OFDM, por ejemplo, el terminal de bus A puede transmitir datos al terminal de bus B a través de bloques de recursos de canal de subtrama de enlace ascendente ocupados por el terminal de bus A, y además el terminal de bus B también puede transmitir datos al terminal de bus A a través de bloques de recursos de canal de subtrama de enlace ascendente ocupados por el terminal de bus B tras la recepción de los datos transmitidos por el terminal de bus A.

Con referencia a la Figura 2, la cual es un diagrama de flujo de un método de sincronización sobre la base de una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial según una realización de la divulgación, cada terminal de bus realiza las siguientes etapas.

Etapas 200, un terminal de bus recibe una señal piloto de enlace descendente transmitida por el controlador de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente, y determina un desfase de reloj y un desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida.

Específicamente, el controlador de bus transmite en primer lugar dos señales piloto de enlace descendente, transportadas en dos símbolos de OFDM en la subtrama de sistema de enlace descendente, a los respectivos terminales de bus. La subtrama de sistema de enlace descendente es la primera subtrama en cada trama de señal que es una trama especial o una trama normal.

El terminal de bus puede calcular el desfase de reloj y el desfase de símbolo según las dos señales piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, o puede calcular el desfase de reloj y el desfase de símbolo según una o ambas de las señales piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y una o ambas de las señales piloto en una subtrama de sistema de enlace descendente de la última trama de señal.

El desfase del reloj puede ser calculado de la siguiente manera.

Las dos señales piloto de enlace descendente se conjugan y se multiplican, y las subportadoras de las dos señales piloto de enlace descendente se conjugan y se multiplican adicionalmente, de modo que la diferencia entre ellas es el desfase de reloj.

- 5 Etapa 210, el terminal de bus corrige un reloj para una señal recibida en base al desfase de reloj, y corrige un reloj para una señal a ser transmitida, en base al desfase de reloj; y ajusta una posición de ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo, y ajusta una posición de ventana de la señal a ser transmitida, en base al desfase de símbolo, de modo que el terminal de bus esté sincronizado en cuanto a reloj y sincronizado en cuanto a símbolo con el controlador de bus.
- 10 Opcionalmente, la posición de ventana puede ser una posición de ventana de Transformación Rápida de Fourier (FFT). El terminal de bus puede calcular el desfase de símbolo usando un algoritmo de sincronización de símbolo basado en una diferencia de fase, piloto y determinar la posición de ventana de FFT.

15 Durante la inicialización del sistema, la sincronización de símbolo es típicamente una sincronización aproximada, donde se determina una relación relativa, entre la posición de inicio real, en la que se recibe el símbolo actual, del símbolo recibido actualmente y una posición de sincronización ideal del símbolo recibido actualmente. usando un algoritmo de sincronización de símbolos, para determinar si la posición de inicio real en la que se recibe el símbolo actual está antes o después de la posición de sincronización ideal, para ajustar en consecuencia la posición de sincronización de forma iterativa, para determinar la posición de sincronización ajustada como posición de sincronización actual, para recibir el siguiente OFDM, y para repetir las etapas anteriores hasta que el sistema esté sincronizado según sea necesario. Una vez que el sistema opera de manera estable, la sincronización de símbolo suele ser una sincronización fina. Una vez finalizada la sincronización aproximada de símbolo, el desfase de símbolo o el desfase de posición se encuentra dentro de un rango admisible, y se ajusta con más precisión aún mediante una sincronización fina para mitigar con ello aún más el desfase de símbolo o el desfase de posición.

25 En la realización de la divulgación, los terminales de bus respectivos en el sistema de bus corrigen en primer lugar los relojes para la señal recibida y la señal que va a ser transmitida, de acuerdo con el desfase de reloj, de modo que los terminales de bus estén sincronizados en cuanto a reloj y sincronizados en cuanto a símbolos con el controlador de bus. La posición de ventana de FFT se ubica según el desfase de símbolo, de modo que los terminales de bus estén sincronizados en cuanto a símbolo con el controlador de bus. De esta manera, los terminales de bus que están sincronizados en cuanto a reloj y sincronizados en cuanto a símbolo pueden recibir posteriormente la señal emitida por el controlador de bus de manera correcta.

30 Etapa 220, el terminal de bus ajusta un tiempo de transmisión de una señal que se va a transmitir al controlador de bus, conforme a un retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus devuelto por el controlador de bus, y ajusta el tiempo de transmisión de señales a ser transmitidas a los otros terminales de bus, conforme a los retardos de transmisión entre el terminal de bus y los otros terminales de bus, de manera que cada terminal de bus esté sincronizado en cuanto a reloj y sincronizado en cuanto a símbolo con el controlador de bus, y se ajusta el retardo de transmisión del mismo, quedando así sincronizado con el sistema de bus.

35 Específicamente, en primer lugar, el controlador de bus determina un tiempo de transmisión de un mensaje de solicitud de acceso transmitido por el terminal de bus en base a un tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso obtenido, y el tiempo de transmisión correspondiente a un número específico de símbolos de OFDM en la subtrama de enlace ascendente tras la recepción de un mensaje de solicitud de acceso.

40 A continuación, el terminal de bus determina un retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus basado en el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso y en el tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso, y transmite un mensaje de reconocimiento de acceso que porta el retardo de transmisión entre el bus. terminal y el controlador de bus, al terminal de bus.

45 Por último, el terminal de bus recibe el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en la subtrama de enlace descendente, y ajusta un tiempo de transmisión de una señal a ser transmitida al controlador de bus conforme al retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus.

50 De esta manera, todos los terminales de bus se refieren al controlador de bus, y cuando se recibe una señal, y se transmite una señal, todos los terminales de bus se ajustan adaptativamente de acuerdo con la señal piloto de enlace descendente a efectos de sincronizar sus relojes y símbolos con el controlador de bus. El controlador del bus no se ajustará tras la transmisión o la recepción de la misma. Todos los terminales de bus en el sistema de bus se pueden sincronizar en cuanto a reloj y sincronizar en cuanto a símbolo con el controlador de bus a través de sincronización de capa física, es decir, en los procesos de sincronización de reloj y de sincronización de símbolo. Además, la sincronización a nivel del sistema se puede lograr mediante la sincronización de reloj y la sincronización de símbolo, y ajustando un retardo de transmisión para proporcionar con ello una garantía subyacente para la transmisión de un servicio sólido en tiempo real.

Con referencia a la Figura 3a, que ilustra un flujo de sincronización específico sobre la base de una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial según una realización de la divulgación, cada terminal de bus realiza las siguientes etapas.

5 Etapa 300, un controlador de bus transmite señales piloto de enlace descendente a un terminal de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente.

Específicamente, el controlador de bus transmite dos señales piloto de enlace descendente transportadas en dos símbolos de OFDM en la subtrama de sistema de enlace descendente a los respectivos terminales de bus. La subtrama de sistema de enlace descendente es la primera subtrama en cada trama de señal que es una trama especial o una trama normal.

10 Etapa 301, el terminal de bus recibe las señales piloto de enlace descendente transmitidas por el controlador de bus, y determina un desfase de reloj y un desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a las señales piloto de enlace descendente recibidas.

15 Específicamente, el sistema de bus se inicializa, y el terminal de bus obtiene el desfase de reloj según las dos señales piloto de enlace descendente recibidas tras cada recepción de las señales piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual.

El desfase del reloj puede ser calculado de la siguiente manera.

Las dos señales piloto de enlace descendente se conjugan y se multiplican, y las subportadoras de las dos señales piloto de enlace descendente se conjugan y se multiplican adicionalmente, de modo que la diferencia entre ellas es el desfase de reloj.

20 De esta manera, el desfase de reloj y el desfase de símbolo correspondientes se estiman usando las dos señales piloto de enlace descendente en la misma subtrama de sistema de enlace descendente, y dado que las dos señales piloto de enlace descendente están espaciadas por un período corto de tiempo, el desfase de reloj y el desfase de símbolo pueden ser estimados con menos precisión en un intervalo más amplio, que es adecuado para la inicialización del sistema de bus.

25 Aquí, un límite superior de la diferencia es típicamente 100 ppm, es decir, resulta admisible una diferencia de 100 partes por 1000 miles de partes.

Etapa 302, el terminal de bus corrige un reloj para una señal recibida basándose en el desfase de reloj, y corrige un reloj para una señal a ser transmitida, basándose en el desfase de reloj.

30 De esta manera, el terminal de bus puede ser sincronizado en cuanto a reloj con el controlador de bus, y el terminal de bus puede ser sincronizado en cuanto a reloj con los otros terminales de bus.

Etapa 303, el terminal de bus ajusta una posición de ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo, y ajusta una posición de ventana de la señal a ser transmitida, en base al desfase de símbolo.

35 Específicamente, cuando se realiza la etapa 303, la posición de ventana puede referirse a una posición de ventana de FFT. La posición de ventana de FFT puede ser determinada usando un algoritmo de sincronización de símbolos basado en una diferencia de fase piloto.

De esta forma, el terminal de bus puede ser sincronizado en cuanto a símbolo con el controlador de bus, y el terminal de bus puede ser sincronizado mediante en cuanto a símbolo con los otros terminales de bus.

40 Cada trama de señal incluye una subtrama de sistema de enlace descendente, dedicada a la transmisión de una señal piloto de enlace descendente, y la primera subtrama en cada trama de señal es la subtrama de sistema de enlace descendente, por lo que la señal piloto de enlace descendente transportada en la subtrama de sistema de enlace descendente está dispuesta densamente, de modo que el terminal de bus puede sincronizar su reloj y su símbolo en función de cada trama de señal para mejorar en gran medida la capacidad de corrección de errores en todo el sistema de bus en términos de sincronización de reloj y de símbolo.

45 Etapa 304, el terminal de bus determina que el terminal de bus se ha sincronizado en reloj con éxito con el controlador de bus, y el terminal de bus se ha sincronizado en símbolo con éxito con el controlador de bus, tras determinar que la información de transmisión del sistema transmitida por el controlador de bus en la subtrama de enlace descendente se ha recibido correctamente.

50 En una aplicación real, la etapa 300 a la etapa 340 pueden ser realizadas en la misma trama de señal, o pueden ser realizadas en una pluralidad de tramas de señal. Una vez que ha tenido éxito la sincronización de reloj y la sincronización de símbolo, finaliza la sincronización de capa física del sistema de bus. En la realización de la divulgación, la sincronización de reloj y la sincronización de símbolo de todos los terminales de bus y del controlador de bus en el sistema de bus se logra a través de la sincronización de capa física.

Etapa 305, el terminal de bus transmite un mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus.

Específicamente, la etapa 305 puede ser llevada a cabo según las siguientes dos implementaciones.

5 En una primera implementación, cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede inicialmente al controlador de bus, entonces se puede seleccionar un símbolo de OFDM aleatoriamente en la subtrama de enlace ascendente en la trama normal, y el mensaje de solicitud de acceso puede ser transportado en el símbolo de OFDM seleccionado, y transmitido al controlador de bus.

10 Posteriormente a la sincronización de capa física, cada terminal de bus selecciona aleatoriamente bloque(s) de recursos en la subtrama de enlace ascendente en la trama normal, y transmite el mensaje de solicitud de acceso por medio del (de los) bloque(s) de recursos. El controlador de bus calcula el control de acceso, tal como un retardo de tiempo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus tras la recepción del mensaje de solicitud de acceso, y a continuación transmite un mensaje de acuse de recibo de la solicitud de acceso en la subtrama de enlace descendente para que el terminal de bus acceda inicialmente al controlador de bus. Una vez que todos los terminales de bus acceden inicialmente al controlador de bus, finaliza el acceso inicial de capa física. Los bloques de recursos en la subtrama de enlace ascendente incluyen dos símbolos de OFDM consecutivos en el dominio del tiempo, e incluso subportadoras a través de una banda superior o una banda inferior en el dominio de frecuencia.

15 En una segunda implementación, cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede al controlador de bus aleatoriamente, entonces el terminal de bus transmite un mensaje de solicitud de acceso y una señal piloto de enlace ascendente al controlador de bus en la subtrama de sistema de acceso aleatorio en la trama especial.

20 El terminal de bus que accede aleatoriamente al controlador de bus es un terminal de bus que accede temporalmente o recientemente al bus. Puede haber un terminal de bus de acceso temporal o reciente mientras se está transmitiendo un servicio normalmente, y en este momento, la solicitud de acceso del terminal de bus se gestiona en un procedimiento de acceso aleatorio. El terminal de bus procede en primer lugar a la sincronización de capa física. A continuación de la sincronización de capa física, el terminal de bus selecciona aleatoriamente bloques de recursos de dos subtramas consecutivas de sistema de acceso aleatorio, y transmite el mensaje de solicitud de acceso a través de los bloques de recursos. Durante el acceso aleatorio en la capa física, los bloques de recursos en la subtrama de sistema de acceso aleatorio incluyen incluso subportadoras a lo través de una banda superior o una banda inferior en el dominio de frecuencia, y bloque(s) de recursos de las dos subtramas consecutivas de sistema de acceso aleatorio, seleccionados al azar por el terminal de bus, tienen la misma posición de frecuencia.

30 Un símbolo de OFDM en una subtrama de enlace ascendente en una trama normal lleva un mensaje de solicitud de acceso, y un símbolo de OFDM en una subtrama de sistema de acceso aleatorio en una trama especial lleva tanto una señal piloto de enlace ascendente como un mensaje de solicitud de acceso. La señal piloto de enlace ascendente se utiliza para estimación de canal y, además, una supertrama incluye 256 tramas de señal, donde la última trama de señal en cada supertrama es una trama especial, y las otras tramas de señal son tramas normales.

35 De esta manera, el terminal de bus que accede aleatoriamente al controlador de bus transmite además una señal piloto de enlace ascendente al controlador de bus en una trama especial de modo que el controlador de bus pueda realizar estimación de canal conforme a la señal piloto de enlace ascendente.

Etapa 306, el controlador de bus recibe el mensaje de solicitud de acceso, y determina un retardo de transmisión según el mensaje de solicitud de acceso obtenido.

40 Específicamente, el controlador de bus recibe en primer lugar el mensaje de solicitud de acceso transmitido por el terminal de bus, y obtiene un tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso.

A continuación, el controlador de bus obtiene un tiempo de transmisión correspondiente a un número específico de símbolos de OFDM en la subtrama del enlace ascendente, y determina el tiempo de transmisión correspondiente al símbolo de OFDM, que es anterior al tiempo de recepción y tiene una diferencia mínima con el tiempo de recepción, como tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso.

45 El tiempo de transmisión de cada símbolo de OFDM está preestablecido, por lo que el controlador de bus puede obtener el tiempo de inicio correspondiente a cada símbolo de OFDM directamente.

A continuación, el terminal de bus determina el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus en función de la diferencia entre el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso y el tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso.

50 Con referencia a la Figura 3b, por ejemplo, el tiempo de transmisión correspondiente al símbolo cero de OFDM en la subtrama del enlace ascendente es 1:00, el tiempo de transmisión correspondiente al primer símbolo de OFDM es 1:05, el tiempo de transmisión correspondiente al segundo símbolo de OFDM es 1:10 y el tiempo de transmisión correspondiente al tercer símbolo de OFDM es 1:15. El controlador de bus recibe el mensaje de solicitud de acceso transmitido por el terminal de bus en T2 (1:17) y determina que el mensaje de solicitud de acceso ha sido transmitido por el terminal de bus en el tercer símbolo de OFDM en la subtrama de enlace ascendente, y además determina que

el tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso es T1 (1:15), en función del tiempo de transmisión correspondiente a los respectivos símbolos de OFDM. A continuación, el controlador de bus determina el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus como T2-T1.

5 Además, los datos transmitidos por el terminal de bus en la subtrama de enlace ascendente también pueden ser recibidos por los otros terminales de bus en la subtrama de enlace ascendente, con lo que cada uno de los terminales de bus de recepción puede determinar el retardo de transmisión entre el terminal de bus de recepción y el terminal de bus de transmisión, en función del momento en que el terminal de bus de recepción recibe los datos y también del tiempo de transmisión de los símbolos de OFDM, y a continuación transmitir el retardo de transmisión obtenido al terminal de bus de transmisión en la subtrama de enlace ascendente de la siguiente trama de señal.

10 Por ejemplo, el terminal de bus A transmite datos al terminal de bus B en la subtrama de enlace ascendente, y después de que el terminal de bus B reciba los datos del terminal de bus A, el terminal de bus B puede determinar un retardo de transmisión entre el terminal de bus B y el terminal de bus A conforme al tiempo de recepción de los datos, y al tiempo de transmisión de los símbolos de OFDM, y después puede transmitir el retardo de transmisión obtenido al terminal de bus A en la subtrama de enlace ascendente de la siguiente trama de señal.

15 De esta manera, se puede determinar el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus debido a la distancia entre ellos, y un retardo de transmisión entre cada dos terminales de bus.

Etapa 307, el controlador de bus transmite un mensaje de reconocimiento de acceso que porta el retardo de transmisión entre el controlador de bus y el terminal de bus, al terminal de bus.

20 Etapa 308, el terminal de bus ajusta el tiempo de transmisión para una señal a ser transmitida al controlador de bus, en base al retardo de transmisión recibido entre el controlador de bus y el terminal de bus.

Además, el terminal de bus ajusta el tiempo de transmisión de las señales a ser transmitidas a los otros terminales de bus, en base a los retardos de transmisión entre el terminal de bus y los otros terminales de bus respectivos. Una vez que se inicializa la arquitectura del bus, el sistema de bus pasa a un funcionamiento estable.

25 Etapa 309, cuando el sistema de bus está operando de manera estable, el terminal de bus calcula un desfase de reloj en función de las señales piloto de enlace descendente recibidas en la trama actual y en la última trama tras la recepción de la señal piloto de enlace ascendente en cada trama de señal, y corrige un reloj para una señal recibida y para una señal a transmitir, según sea el desfase de reloj.

30 Específicamente cuando el sistema de bus está operando de manera estable, en cada recepción de la señal piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, el terminal de bus determina el desfase de reloj entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida en la subtramas de sistema de enlace descendente actual, y a la señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente.

35 Específicamente en cada recepción de la señal piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, el terminal de bus realiza una multiplicación conjugada sobre la señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y la señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente, realiza una multiplicación conjugada sobre las subportadoras de las dos señales piloto de enlace descendente, y a continuación calcula la diferencia entre ellas para obtener el desfase de reloj.

40 La señal o señales piloto de enlace descendente obtenidas por el terminal de bus para calcular un desfase de reloj en una subtrama de sistema de enlace descendente pueden ser una o dos señales piloto de enlace descendente.

Etapa 310, cuando el sistema de bus está operando de manera estable, cada número preestablecido de tramas de señal, el terminal de bus calcula un desfase de símbolo y ajusta una posición de ventana para una señal recibida y una señal a ser transmitida, en función del desfase de símbolo.

45 Específicamente cada número preestablecido de tramas de señal, el terminal de bus determina el desfase de símbolo entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y la señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente; y ajusta la posición de ventana de la señal recibida, y de la señal a transmitir, en función del desfase de símbolo, de modo que todos los terminales del bus se refieran al controlador del bus, y cuando reciben una señal, y transmiten una señal, todos los terminales del bus se ajustan adaptativamente conforme a la señal piloto de enlace descendente a efectos de sincronizar sus relojes y símbolos con el controlador de bus. El controlador del bus no se ajustará a la transmisión o recepción de la misma. Todos los terminales de bus en el sistema de bus pueden ser sincronizados en cuanto a el reloj y sincronizados en cuanto a símbolo con el controlador de bus por medio de sincronización de capa física. Además, la sincronización a nivel del sistema se puede lograr mediante la sincronización de reloj y la sincronización de símbolo, y ajustando un retardo de
50
55 transmisión para proporcionar así una garantía subyacente para la transmisión de un servicio sólido en tiempo real.

Una realización de la divulgación proporciona un dispositivo electrónico que incluye: uno o más procesadores; y uno o más medios legibles por ordenador en los que se almacena un programa para la sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial, donde el programa realiza las etapas respectivas en las realizaciones anteriores al ser ejecutado por uno o más procesadores.

- 5 Una realización de la divulgación proporciona uno o más medios legibles por ordenador en los que se almacena el programa para la sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial, donde el programa realiza las etapas respectivas en las realizaciones anteriores al ser ejecutado por uno o más procesadores.

- 10 Basándose en las realizaciones anteriores, se hace referencia a la Figura 4, la cual es un diagrama estructural esquemático de un primer aparato de sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial según una realización de la divulgación. En la realización de la divulgación, la arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial incluye: un controlador de bus, al menos un terminal de bus y un bus de dos hilos, y el controlador de bus y el terminal de bus están conectados a través del bus de dos hilos para constituir un sistema de bus, donde el controlador de bus comunica con uno cualquiera de al menos un terminal de bus, y los respectivos terminales de bus comunican entre sí, utilizando la tecnología de Multiplexado por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), y las subportadoras ocupadas por los respectivos terminales de bus no interfieren entre sí; y el aparato de sincronización aplicable a cada terminal de bus incluye las siguientes unidades.
- 15

- Una unidad 40 de determinación está configurada para recibir una señal piloto de enlace descendente transmitida por el controlador de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente, y para determinar un desfase de reloj y un desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida.
- 20

- Una unidad 41 de ajuste está configurada para corregir un reloj para una señal recibida en base al desfase de reloj, y para corregir un reloj para una señal a ser transmitida en base al desfase de reloj; y para ajustar una posición de ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo, y para ajustar una posición de ventana de la señal a ser transmitida en función del desfase del símbolo, de modo que el terminal de bus esté sincronizado en cuanto a reloj y sincronizado en cuanto a símbolo con el controlador de bus.
- 25

- Una unidad 42 de sincronización está configurada para ajustar un tiempo de transmisión de una señal a ser transmitida al controlador de bus, conforme a un retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y para ajustar el tiempo de transmisión de señales a ser transmitidas a los otros terminales de bus, en conformidad con los retardos de transmisión entre el terminal de bus y los otros terminales de bus, de modo que el sistema de bus se sincroniza mediante la sincronización de reloj y la sincronización de símbolo de cada terminal de bus con el controlador de bus y ajustando el retardo de transmisión entre cada terminal de bus y el controlador de bus.
- 30

- Preferiblemente, la unidad 40 de determinación configurada para determinar el desfase de reloj y el desfase de símbolo, respectivamente, entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida, está configurada para:
- 35

- Cuando se está inicializando el sistema de bus, tras la recepción de las señales piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, para determinar el desfase de reloj y el desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en conformidad con dos señales piloto de enlace descendente recibidas en la subtrama de sistema de enlace descendente actual; o
- 40

- Cuando el sistema de bus está operando de manera estable, tras cada recepción de la señal piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, para determinar el desfase de reloj respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus conforme a una señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y una señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente, y cada número preestablecido de tramas de señal, para determinar el desfase de símbolo entre el terminal de bus y el controlador de bus en conformidad con la señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y la señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente.
- 45

- Preferiblemente, después de que el terminal de bus corrige el reloj para la señal recibida en base al desfase del reloj, corrige un reloj para la señal que va a ser transmitida en función del desfase del reloj, ajusta la posición de ventana de la señal recibida según el desfase del símbolo y ajusta la posición de ventana de la señal que va a ser transmitida en función del desfase de símbolo, y antes de que el terminal de bus ajuste el tiempo de transmisión de la señal que va a ser transmitida al controlador de bus, según el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus devuelto por el controlador de bus, la unidad 41 de ajuste está configurada además:
- 50

- para que el terminal de bus determine que el terminal de bus se ha sincronizado con éxito en cuanto a reloj con el controlador de bus, y el terminal de bus se ha sincronizado con éxito en cuanto a símbolos con el controlador de bus, tras determinar que la información de difusión del sistema transmitida por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente ha sido recibida correctamente.
- 55

Preferiblemente después de que se determine que el terminal de bus se ha sincronizado con éxito en cuanto a reloj con el controlador de bus, y que el terminal de bus se ha sincronizado con éxito en cuanto a símbolo con el controlador de bus, y antes de que el terminal de bus ajuste el tiempo de transmisión de la señal que se va a transmitir al controlador de bus, en conformidad con el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, la unidad 41 de ajuste está configurada además:

cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede inicialmente al controlador de bus, para transmitir un mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en una subtrama de enlace ascendente en una trama normal, para activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de reconocimiento de acceso porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y para recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, donde la trama normal es una trama de señal que incluye la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente y la subtrama de enlace ascendente; o,

cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede aleatoriamente al controlador de bus, para transmitir un mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en una subtrama de sistema de acceso aleatorio en una trama especial, para activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de reconocimiento de acceso porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y para recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, donde la trama especial es una trama de señal que incluye la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente, una subtrama de enlace ascendente y la subtrama de sistema de acceso aleatorio.

Preferiblemente, la unidad 41 de ajuste configurada para activar el controlador de bus para que devuelva el mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, el mensaje de reconocimiento de acceso que porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, está configurada además:

Para activar el controlador de bus:

Para obtener un tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso, y para obtener un tiempo de transmisión correspondiente a un número especificado de símbolos de OFDM en la subtrama de enlace ascendente;

Para determinar el tiempo de transmisión correspondiente al símbolo de OFDM, que es anterior al tiempo de recepción y tiene una diferencia mínima con el tiempo de recepción, como tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso; y

Para determinar el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus en función de la diferencia entre el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso y el tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso, y para transmitir el mensaje de reconocimiento de acceso que porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, al terminal de bus.

Preferiblemente, la subtrama de sistema de enlace descendente es la primera subtrama en cada trama de señal que es una trama especial o una trama normal.

Además de las realizaciones anteriores, se hace referencia a la Figura 5, la cual es un diagrama estructural esquemático de un segundo aparato de sincronización sobre la base de una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial. En la realización de la divulgación, el aparato de sincronización basado en una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial incluye específicamente las siguientes unidades.

Una unidad 50 de recepción que está configurada para recibir una señal piloto de enlace descendente transmitida por el controlador de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente.

Una unidad 51 de determinación que está configurada para determinar un desfase de reloj y un desfase de símbolo, respectivamente, entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida, donde el desfase de reloj se usa para corregir un reloj para una señal que va a ser transmitida, y el desfase de símbolo se utiliza para ajustar una posición de ventana de la señal que va a ser transmitida.

Una unidad 52 de ajuste está configurada para obtener un retardo de transmisión almacenado localmente, y para ajustar correspondientemente la señal que a ser transmitida, en base al desfase de reloj, al desfase de símbolo y al retardo de transmisión, donde el retardo de transmisión incluye un retardo entre el terminal de bus y el controlador de bus, y retardos entre los terminales de bus.

En las realizaciones de la divulgación, el terminal de bus recibe una señal piloto de enlace descendente transmitida por el controlador de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente, y determina un desfase de reloj y un desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de

enlace descendente recibida; el terminal de bus corrige un reloj para una señal recibida en base al desfase de reloj, y corrige un reloj para una señal a ser transmitida, en base al desfase de reloj; y ajusta una posición de ventana de la señal recibida en función del desfase de símbolo, y ajusta una posición de ventana de la señal a ser transmitida, en función del desfase de símbolo, de modo que el terminal de bus se sincroniza en cuanto a reloj y se sincroniza en cuanto a símbolo con el controlador de bus; y el terminal de bus ajusta un tiempo de transmisión de una señal a ser transmitida al controlador de bus, en conformidad con un retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y ajusta el tiempo de transmisión de señales a ser transmitidas a los otros terminales de bus, conforme a retardos de transmisión entre el terminal de bus y los otros terminales de bus, de modo que el sistema de bus se sincroniza mediante sincronización de reloj y sincronización de símbolo de cada terminal de bus con el controlador de bus, y ajustando el retardo de transmisión entre cada terminal de bus y el controlador de bus. De esta manera, todos los terminales de bus se refieren al controlador de bus, y cuando reciben una señal y transmiten una señal, todos los terminales de bus se ajustan adaptativamente de acuerdo con la señal piloto de enlace descendente a efectos de sincronizar sus relojes y símbolos con el controlador de bus. El controlador del bus no se ajustará tras la transmisión o la recepción de la misma. Todos los terminales de bus en el sistema de bus pueden ser sincronizados en cuanto a reloj y sincronizados en cuanto a símbolo con el controlador de bus a través de sincronización de capa física. Además, la sincronización a nivel del sistema se puede lograr mediante la sincronización del reloj y la sincronización de símbolo, y ajustando un retardo de transmisión para proporcionar así una garantía subyacente para la transmisión de un servicio sólido en tiempo real.

Los expertos en la técnica apreciarán que las realizaciones de la divulgación pueden ser materializadas a modo de método, de sistema o de producto de programa informático. Por lo tanto, la descripción puede ser materializada en forma de una realización de todo en hardware, una realización de todo en software o una realización de software y hardware en combinación. Además, la divulgación puede ser materializada en forma de un producto de programa informático incorporado en uno o más medios de almacenamiento utilizables por ordenador (que incluyen, aunque sin limitación, una memoria de disco, un CD-ROM, una memoria óptica, etc.) en el que están contenidos códigos de programa utilizables por ordenador.

La divulgación se ha descrito en un diagrama de flujo y/o un diagrama de bloques del método, el dispositivo (sistema) y el producto de programa informático conforme a las realizaciones de la divulgación. Se apreciará que los flujos y/o bloques respectivos en el diagrama de flujo y/o en el diagrama de bloques y las combinaciones de los flujos y/o los bloques en el diagrama de flujo y/o en el diagrama de bloques se pueden materializar en instrucciones de programa de ordenador. Estas instrucciones de programa de ordenador pueden ser cargadas en un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito específico, un procesador integrado o un procesador de otro dispositivo de procesamiento de datos programable para producir una máquina de modo que las instrucciones ejecutadas en el ordenador o en el procesador del otro dispositivo de procesamiento de datos programable crea medios para realizar las funciones especificadas en el flujo o los flujos del diagrama de flujo y/o del bloque o los bloques del diagrama de bloques.

Estas instrucciones del programa informático también se pueden almacenar en una memoria legible por ordenador, capaz de dirigir el ordenador o el otro dispositivo de procesamiento de datos programable para operar de una manera específica de modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador creen un artículo de fabricación que incluye medios de instrucción que realicen las funciones especificadas en el flujo o los flujos del diagrama de flujo y/o en el bloque o los bloques del diagrama de bloques.

Estas instrucciones de programa informático también pueden ser cargados en el ordenador o en el otro dispositivo de procesamiento de datos programable de modo que se realicen una serie de etapas operativas en el ordenador o en el otro dispositivo de procesamiento de datos programable para crear un proceso implementado por ordenador de modo que las instrucciones ejecutadas en el ordenador o en el otro dispositivo programable proporcionan etapas para realizar las funciones especificadas en el flujo o los flujos del diagrama de flujo y/o en el bloque o los bloques del diagrama de bloques.

Aunque se han descrito las realizaciones preferidas de la divulgación, los expertos en la técnica que se beneficien del concepto inventivo subyacente pueden realizar modificaciones y variaciones adicionales en estas realizaciones. Por lo tanto, se pretende que las reivindicaciones adjuntas sean interpretadas como que abarcan las realizaciones preferidas y todas las modificaciones y variaciones que caigan dentro del alcance de la divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un método de sincronización basado en una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial, en donde la arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial comprende: un controlador de bus, al menos un terminal de bus y un bus de dos hilos, y el controlador de bus y el al menos un terminal de bus están conectados a través del bus de dos hilos para constituir un sistema de bus; el controlador de bus comunica con cualquiera del al menos un terminal de bus, y el terminal de bus comunica uno con el otro, utilizando la tecnología del Multiplexado por División de Frecuencia Ortogonal, OFDM, y las subportadoras ocupadas por el terminal de bus no interfieren entre sí; y caracterizado porque, el método de sincronización aplicable a cada terminal de bus comprende:
- 5 recibir (200), por medio del terminal de bus, una señal piloto de enlace descendente transmitida por el controlador de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente, y determinar un desfase de reloj y un desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida;
- 10 corregir (210), mediante el terminal de bus, un reloj para una señal recibida en base al desfase de reloj, y corregir un reloj para una señal a ser transmitida en función del desfase de reloj; y ajustar una posición de ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo, y ajustar una posición de ventana de la señal a transmitir según el desfase de símbolo, de modo que el terminal de bus se sincronice en reloj y se sincronice en símbolo con el controlador de bus; y
- 15 ajustar (220), por medio del terminal de bus, un tiempo de transmisión de una señal a transmitir al controlador de bus, conforme a un retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y ajustar un tiempo de transmisión de señales a transmitir a los otros terminales de bus, conforme a los retardos de transmisión entre el terminal de bus y los otros terminales de bus, de modo que el sistema de bus se sincronice mediante sincronización de reloj y sincronización de símbolo de cada terminal de bus con el controlador de bus y ajustar el retardo de transmisión entre cada terminal de bus y el controlador de bus, en donde el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus se determina en función a una diferencia entre un tiempo de recepción de un mensaje de solicitud de acceso recibido por el controlador de bus desde el terminal de bus, y un tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso transmitido al controlador de bus por el terminal de bus, el retardo de transmisión entre el terminal de bus y cada uno de los otros terminales de bus se determina en función de una diferencia entre un tiempo de recepción de una señal recibida por el terminal de bus desde el otro terminal de bus correspondiente, y un tiempo de transmisión de la señal transmitida al terminal de bus por el otro terminal de bus correspondiente.
- 20
- 25
- 30
2. El método según la reivindicación 1, en donde la determinación del desfase de reloj y del desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida, comprende:
- 35 cuando el sistema de bus se está inicializando, con cada recepción de las señales piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, determinar, por medio del terminal de bus, el desfase de reloj y el desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus según dos señales piloto de enlace descendente recibidas en la subtrama de sistema de enlace descendente actual; o
- 40 cuando el sistema de bus está operando de manera estable, con cada recepción de la señal piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, determinar, por medio del terminal de bus, el desfase de reloj respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus según una señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y una señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente, y con cada número preestablecido de tramas de señal, determinar el desfase de símbolo entre el terminal de bus y el controlador de bus según la señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y la señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente.
- 45
3. El método según la reivindicación 1, en donde después de que el terminal de bus corrige el reloj para la señal recibida en base al desfase de reloj, corrige el reloj para la señal a transmitir en base al desfase de reloj, ajusta la posición de ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo y ajusta la posición de ventana de la señal a ser transmitida en base al desfase de símbolo, y antes de que el terminal de bus ajuste el tiempo de transmisión de la señal a ser transmitida al controlador de bus, en función del retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, devuelto por el controlador de bus, el método comprende además:
- 50 determinar, mediante el terminal de bus, que el terminal de bus se ha sincronizado en reloj con éxito con el controlador de bus, y que el terminal de bus se ha sincronizado en símbolo con éxito con el controlador de bus, tras determinar que la información de difusión del sistema transmitida por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, se ha recibido correctamente.
- 55
4. El método según la reivindicación 3, en donde después de que se determine que el terminal de bus se ha sincronizado en reloj con éxito con el controlador de bus, y que el terminal de bus se ha sincronizado en símbolo con éxito con el controlador de bus, y antes de que el terminal de bus ajuste el tiempo de transmisión de la señal a ser

transmitida al controlador de bus, en función del retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, el método comprende además:

5 cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede inicialmente al controlador de bus, transmitir el mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en una subtrama de enlace ascendente en una trama normal, para
 10 activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de reconocimiento de acceso porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus; y, recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, en donde la trama normal es una
 15 trama de señal que comprende la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente y la subtrama de enlace ascendente; o,

cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede aleatoriamente al controlador de bus, transmitir un
 mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en un subtrama de sistema de acceso aleatorio en una trama
 especial, para activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal
 de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de reconocimiento de acceso porta el
 20 retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus; y, recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, en donde la trama especial es una trama de señal que comprende la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente, una subtrama de enlace ascendente y la subtrama de sistema de acceso aleatorio.

5. El método según la reivindicación 4, en donde con la activación del controlador de bus para que devuelva el
 25 mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, el mensaje de reconocimiento de acceso que porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus comprende:

activar el controlador de bus:

para obtener el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso, y para obtener el tiempo de transmisión
 30 correspondiente a un número especificado de símbolos de OFDM en la subtrama de enlace ascendente;

para determinar el tiempo de transmisión correspondiente al símbolo de OFDM, que es anterior al tiempo de
 recepción y que tiene una diferencia mínima con el tiempo de recepción, como tiempo de transmisión del mensaje
 de solicitud de acceso; y,

para determinar el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus en función de la diferencia
 35 entre el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso y el tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso, y para transmitir el mensaje de reconocimiento de acceso que porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus al terminal de bus.

6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la subtrama de sistema de enlace
 descendente es la primera subtrama en cada trama de señal que es una trama especial o una trama normal.

7. Un aparato de sincronización basado en una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet
 industrial, en donde la arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial comprende: un
 controlador de bus, al menos un terminal de bus, y un bus de dos hilos, y el controlador de bus y el al menos un
 terminal de bus están conectados a través del bus de dos hilos para constituir un sistema de bus; el controlador de
 bus comunica con cualquiera del al menos un terminal de bus, y el terminal de bus comunica cada uno con otro,
 40 utilizando la tecnología de Multiplexado por División de Frecuencia Ortogonal, OFDM, y las subportadoras ocupadas por el terminal de bus no interfieren entre sí; y caracterizado porque, el aparato de sincronización aplicable a cada terminal de bus comprende:

una unidad (40) de determinación configurada para recibir una señal piloto de enlace descendente transmitida por el
 controlador de bus en una subtrama de sistema de enlace descendente, y para determinar un desfase de reloj y un
 45 desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en base a la señal piloto de enlace descendente recibida;

una unidad (41) de ajuste configurada para corregir un reloj para una señal recibida en base al desfase de reloj, y
 para corregir un reloj para una señal a ser transmitida en base al desfase de reloj; y para ajustar una posición de
 ventana de la señal recibida en base al desfase de símbolo, y para ajustar una posición de ventana de la señal a ser
 50 transmitida según el desfase de símbolo, de modo que el terminal de bus se sincronice en reloj y se sincronice en símbolo con el controlador de bus; y,

una unidad (42) de sincronización configurada para ajustar un tiempo de transmisión de una señal a transmitir al
 controlador de bus, según un retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y para ajustar
 un tiempo de transmisión de señales a transmitir a los otros terminales de bus, en función de los retardos de
 55 transmisión entre el terminal de bus y los otros terminales de bus, de modo que el sistema de bus se sincronice mediante sincronización de reloj y sincronización de símbolo de cada terminal de bus con el controlador de bus y

ajustar el retardo de transmisión entre cada terminal de bus y el controlador de bus, en donde el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus se determina en función de una diferencia entre un tiempo de recepción de un mensaje de solicitud de acceso recibido por el controlador de bus desde el terminal de bus, y un tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso transmitido al controlador de bus por el terminal de bus, el retardo de transmisión entre el terminal de bus y cada uno de los otros terminales de bus se determina en función una diferencia entre un tiempo de recepción de una señal recibida por el terminal de bus desde el otro terminal de bus correspondiente y un tiempo de transmisión de la señal transmitida al terminal de bus por el otro terminal de bus correspondiente.

8. El aparato según la reivindicación 7, en donde la unidad (40) de determinación configurada para determinar el desfase de reloj y el desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus en función de la señal piloto de enlace descendente recibida, está configurada:

cuando el sistema de bus se está inicializando, con cada recepción de las señales piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, para determinar el desfase de reloj y el desfase de símbolo respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus conforme a dos señales piloto de enlace descendente recibidas en la subtrama de sistema de enlace descendente actual; o,

cuando el sistema de bus está operando de manera estable, con cada recepción de la señal piloto de enlace descendente en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, para determinar el desfase de reloj respectivamente entre el terminal de bus y el controlador de bus conforme a una señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y una señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente, y con cada número preestablecido de tramas de señal, para determinar el desfase de símbolo entre el terminal de bus y el controlador de bus conforme a la señal piloto de enlace descendente recibida en la subtrama de sistema de enlace descendente actual, y la señal piloto de enlace descendente recibida en la última subtrama de sistema de enlace descendente.

9. El aparato según la reivindicación 7, en donde después de que el terminal de bus corrige el reloj para la señal recibida en base al desfase del reloj, corrige el reloj para la señal que se va a transmitir en función del desfase del reloj, ajusta la posición de ventana de la señal recibida en función del desfase de símbolo y ajusta la posición de ventana de la señal a ser transmitida en base al desfase de símbolo, y antes de que el terminal de bus ajuste el retardo de transmisión para el tiempo de transmisión de la señal a ser transmitida al controlador de bus, según sea el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus devuelto por el controlador de bus, la unidad (41) de ajuste está configura además:

para que el terminal de bus determine que el terminal de bus se ha sincronizado en reloj con éxito con el controlador de bus, y el terminal de bus se ha sincronizado en símbolo con éxito con el controlador de bus, tras determinar que la información de difusión de sistema transmitida por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente ha sido recibida correctamente.

10. El aparato según la reivindicación 9, en donde después de que se determina que el terminal de bus se ha sincronizado en reloj con éxito con el controlador de bus, y que el terminal de bus se ha sincronizado en símbolo con éxito con el controlador de bus, y antes de que el terminal de bus ajuste el tiempo de transmisión de la señal a ser transmitida al controlador de bus, en conformidad con el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, la unidad (41) de ajuste está configurada además:

cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede inicialmente al controlador de bus, para transmitir el mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en una subtrama de enlace ascendente en una trama normal, para activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de reconocimiento de acceso porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y para recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, en donde la trama normal es una trama de señal que comprende la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente y la subtrama de enlace ascendente; o,

cuando el terminal de bus es un terminal de bus que accede aleatoriamente al controlador de bus, para transmitir un mensaje de solicitud de acceso al controlador de bus en una subtrama de sistema de acceso aleatorio en una trama especial, para activar el controlador de bus para que devuelva un mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al mensaje de solicitud de acceso, en donde el mensaje de reconocimiento de acceso porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus, y para recibir el mensaje de reconocimiento de acceso transmitido por el controlador de bus en una subtrama de enlace descendente, en donde la trama especial es una trama de señal que comprende la subtrama de sistema de enlace descendente, la subtrama de enlace descendente, una subtrama de enlace ascendente y la subtrama de sistema de acceso aleatorio.

11. El aparato según la reivindicación 10, en donde la unidad (41) de ajuste está configurada para activar el controlador de bus para que devuelva el mensaje de reconocimiento de acceso al terminal de bus en respuesta al

mensaje de solicitud de acceso, el mensaje de reconocimiento de acceso que porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus está configurado además:

para activar el controlador de bus:

5 para obtener el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso, y para obtener el tiempo de transmisión correspondiente a un número especificado de símbolos de OFDM en la subtrama de enlace ascendente;

para determinar el tiempo de transmisión correspondiente al símbolo de OFDM, que es anterior al tiempo de recepción y tiene una diferencia mínima con el tiempo de recepción, como tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso; y

10 para determinar el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus en función de la diferencia entre el tiempo de recepción del mensaje de solicitud de acceso y el tiempo de transmisión del mensaje de solicitud de acceso, y para transmitir el mensaje de reconocimiento de acceso que porta el retardo de transmisión entre el terminal de bus y el controlador de bus al terminal de bus.

12. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en donde la subtrama de sistema de enlace descendente es la primera subtrama en cada trama de señal que sea una trama especial o una trama normal.

15 13. Un dispositivo electrónico, que comprende:

uno o más procesadores; y

uno o más medios legibles por ordenador en los que se almacena un programa para la sincronización en base a una arquitectura de bus de banda ancha de campo de una Internet industrial, en donde el programa realiza el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

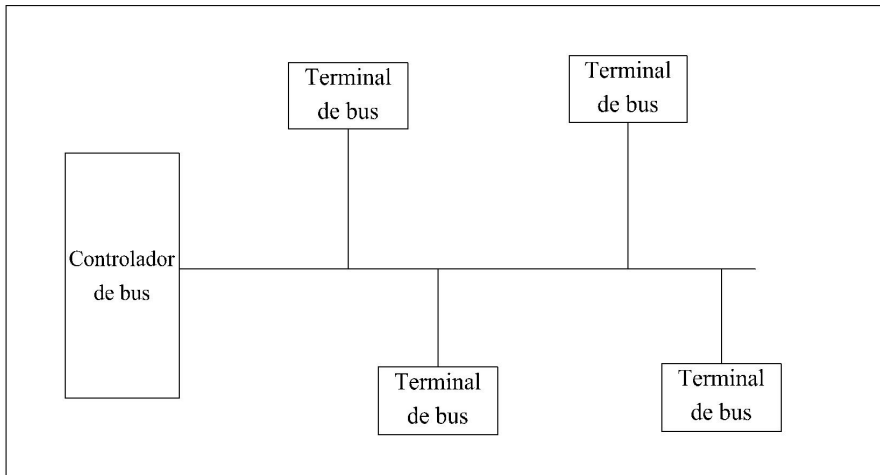


Fig. 1a

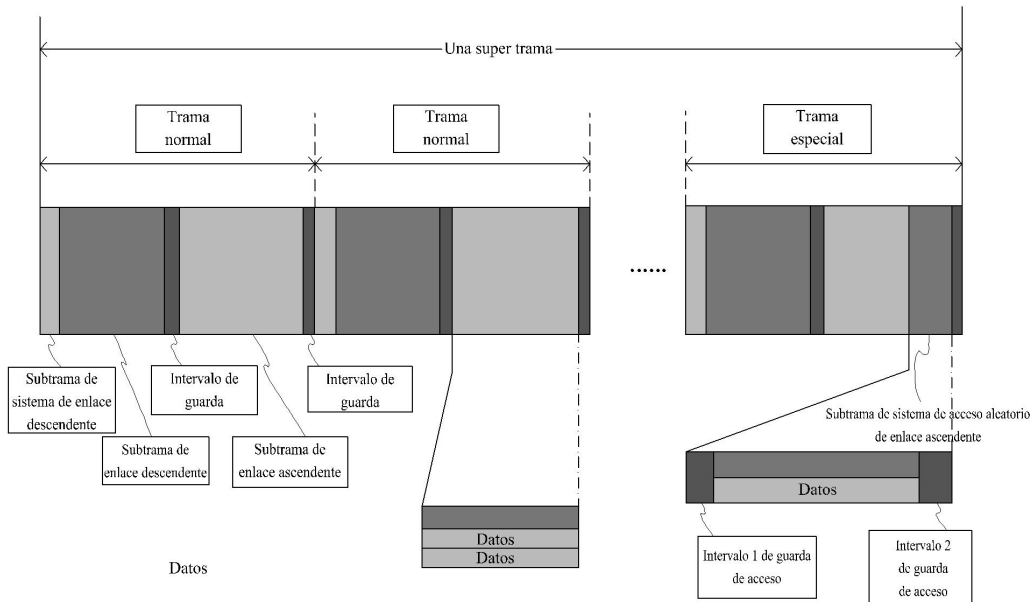


Fig. 1b

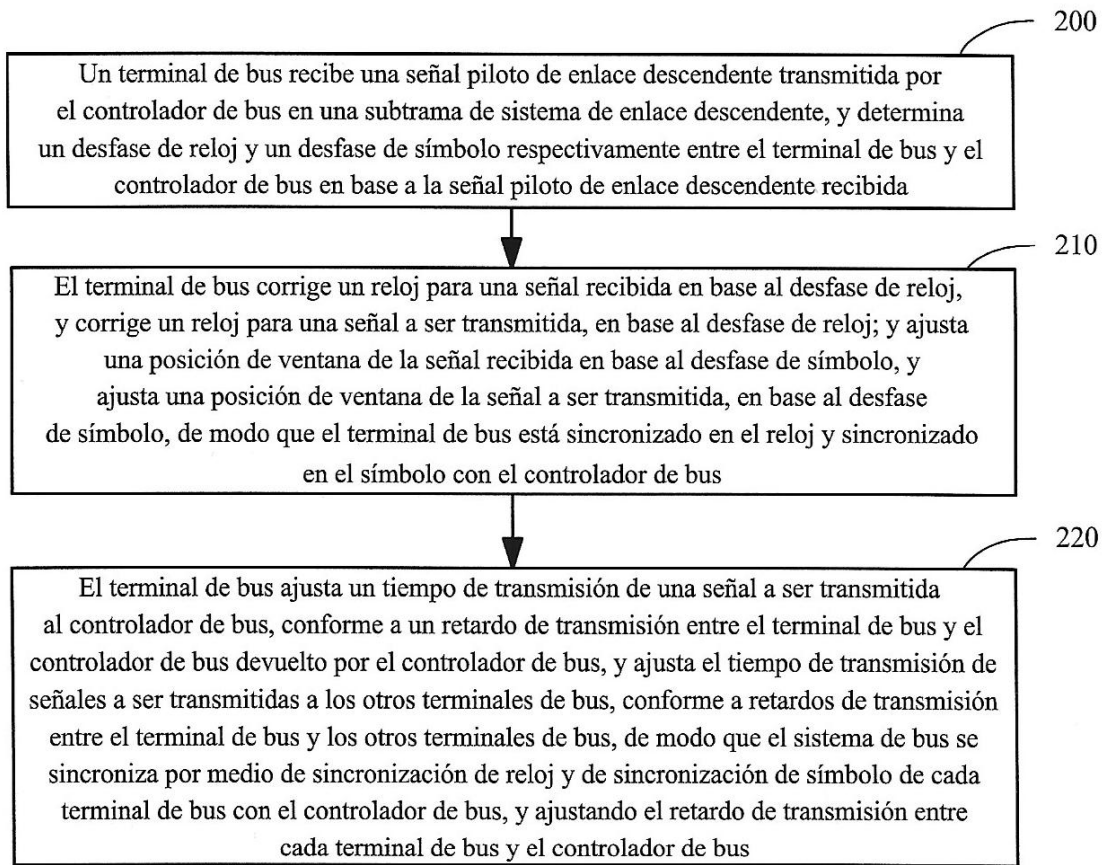


Fig.2

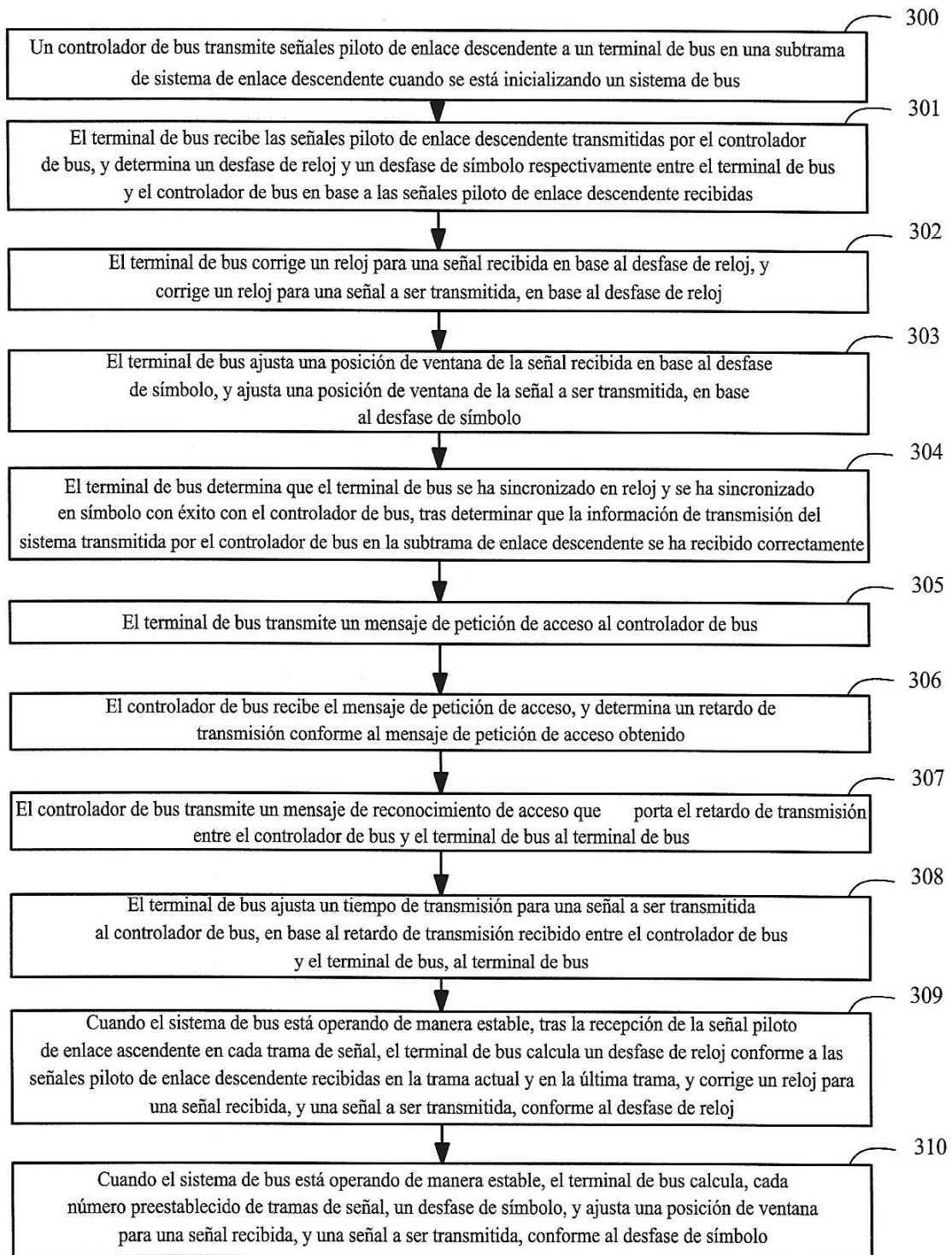


Fig.3a

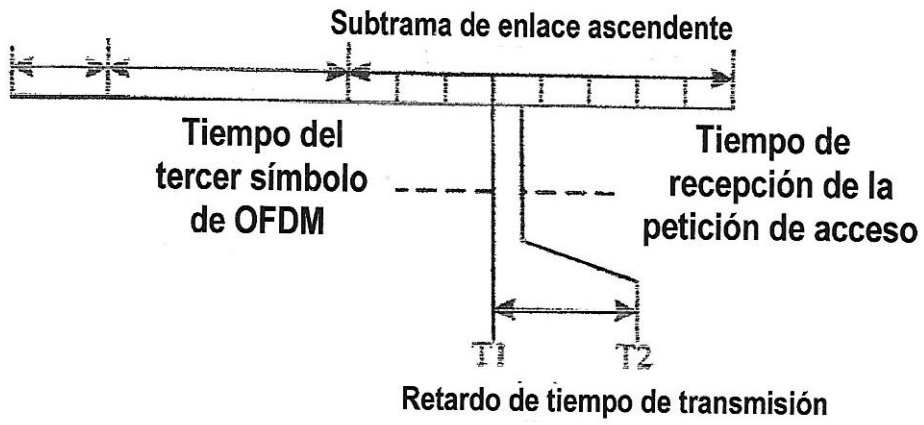


Fig. 3b

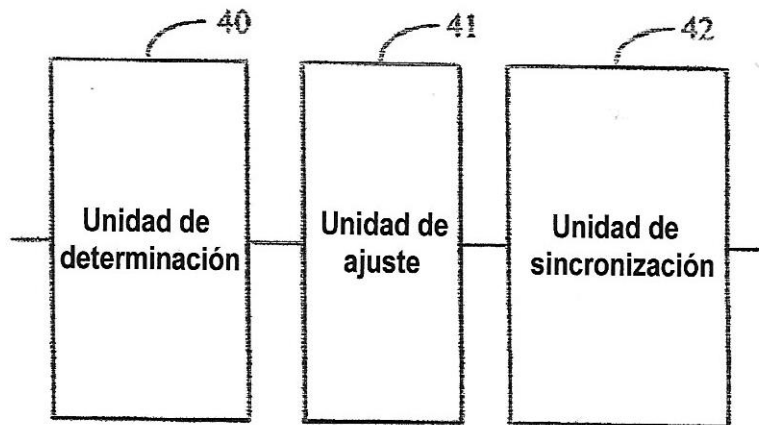


Fig. 4

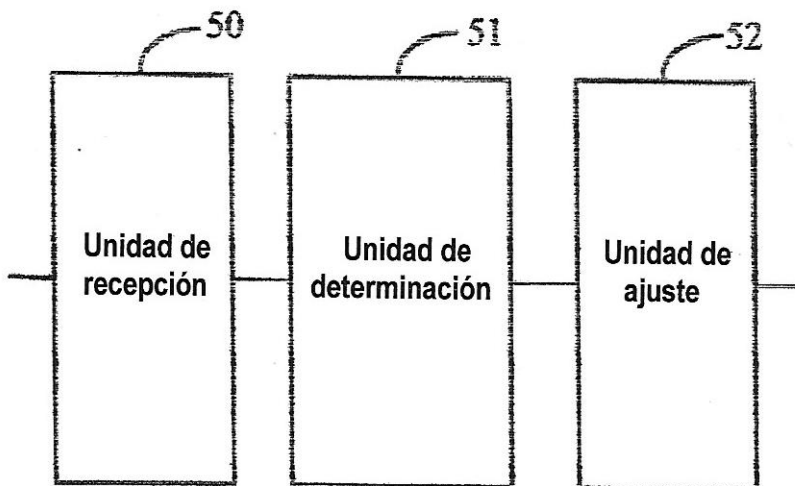


Fig. 5