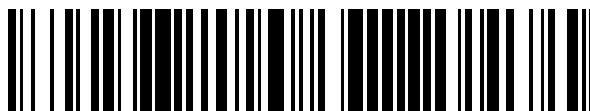


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 657**

51 Int. Cl.:

H04L 12/42 (2006.01)

H04L 12/433 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2015** **E 15190882 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018** **EP 3099020**

54 Título: **Procedimiento para la comunicación de datos entre un número limitado de participantes de comunicación conectados a una red de comunicación común**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.10.2018

73 Titular/es:

PILLER GROUP GMBH (100.0%)
Abgunst 24
37520 Osterode am Harz, DE

72 Inventor/es:

RÖSSLER, MICHAEL y
FISCHER, FLORIAN JAWAD AHMED

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 685 657 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la comunicación de datos entre un número limitado de participantes de comunicación conectados a una red de comunicación común

5

Campo técnico de la invención

La invención se refiere a un procedimiento para la comunicación de datos entre un número limitado de participantes de comunicación conectados a una red de comunicación común.

10

Especialmente, la comunicación debe ser adecuada para permitir por ejemplo en una instalación para la alimentación eléctrica ininterrumpida una detección en tiempo real de parámetros de funcionamiento de diferentes partes de la instalación así como la transmisión rápida de los valores de medición correspondientes a otras partes de la instalación.

15

Estado de la técnica

Un procedimiento para la comunicación sincronizada dentro de una red de comunicación con las características del preámbulo de la reivindicación independiente 1 es conocido como Profinet IO RT_CLASS_3, véase www.feldbusse.de/Profinet/RT-Kommunikaton.shtml. El envío de paquetes de datos de los distintos participantes de comunicación se realiza según un orden fijado en la ingeniería de la instalación. La transferencia de datos se denomina también funcionalidad IRT, correspondiendo IRT a Isochronous Real-Time o sincronidad de ciclo. Se trata de un procedimiento de segmentos de tiempo en el que a cada participante de comunicación está asignado en cada ciclo de comunicación un segmento de tiempo determinado en el que sólo el emite su paquete de datos y en el que de manera correspondiente todos los demás participantes de comunicación reciben sólo el paquete de datos de este solo participante de comunicación. Los paquetes de datos comprenden respectivamente la dirección MAC del participante de comunicación que emite respectivamente, correspondiendo MAC a la dirección de control de acceso de medios ("Media-Access-Control"), es decir, una identificación de aparato individual estandarizada del participante de comunicación correspondiente. La sincronización necesaria de los distintos participantes de comunicación se consigue según el Precision Time Protocol (PTP).

20

25

30

El PTP es un protocolo de red que produce la sincronidad de los ajustes de hora de varios aparatos en una red de comunicación. Para ello, un maestro de la red de comunicación distribuye mensajes de sincronización de su reloj a sus esclavos. Las horas de recepción de los mensajes de sincronización las determinan los esclavos a la hora de sus relojes. Además, los esclavos envían requerimientos de mensaje de retardo al maestro, cuyas recepciones por el maestro a la hora de su reloj se reenvían como mensajes de retardo a los esclavos. A partir de las diferencias de estas cuatro marcas de tiempo distintas se determina para cada esclavo un retraso maestro-a-esclavo y un retraso esclavo-a-maestro. En estos valores está incluida respectivamente la diferencia entre las horas de los relojes del maestro y del esclavo correspondiente y el tiempo de propagación de datos con un signo contrario. El valor medio de las dos magnitudes proporciona por tanto el offset dirigido de la hora del reloj del esclavo con respecto a la hora del reloj del maestro. El esclavo utiliza dicho offset para la sincronización de su reloj con el reloj del maestro.

35

40

El PTP exige el intercambio de diferentes mensajes entre el maestro y el esclavo para conseguir la sincronización. El protocolo basado en ello Profinet IO RT_CLASS_3 depende de la presencia continuada del maestro establecido. El establecimiento de un nuevo maestro en caso del fallo del maestro actual requiere rutinas engorrosas adicionales que interrumpen la comunicación de datos entre los participantes de comunicación restantes.

45

El Time-Triggered Protocol Class C, abreviado por TTP/C, para la comunicación de datos entre participantes de comunicación conectados a una red de comunicación común igualmente trabaja con control de tiempo. Los relojes, es decir, transmisores de señales de temporización de los participantes de comunicación individuales, son sincronizados constantemente por la formación de valores medios de las diferencias entre la llegada real de los paquetes de datos y la llegada esperada de los paquetes de datos. Las horas de llegada esperadas se fijan a priori en una lista, la llamada Message Descriptor List. Por esta lista, cada participante de comunicación sabe cuándo le está permitido enviar y cuando debe recibir.

50

55

El documento DE 102013020768 A1 describe un procedimiento para la sincronización de tiempo en una red de bus basada en ciclos, especialmente en una red de bus de automóvil, en la que a cada nodo en la red está asignada una franja de tiempo de emisión conocida y en la que existe un número total determinado de franjas de tiempo de emisión para los nodos vinculados, emitiendo un temporizador un tiempo de bus de referencia a la red de bus, determinando un nodo un tiempo de bus actual con la ayuda del tiempo de bus de referencia enviado, de la longitud de un ciclo así como de la franja de tiempo de emisión en la que se determinó el tiempo de bus de referencia.

60

Objetivo de la invención

La invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para la comunicación de datos entre un número limitado de participantes de comunicación conectados a una red de comunicación común, en el que se realice una

65

sincronización sencilla y constante de los distintos participantes de comunicación y que también por ello sea robusto frente a un fallo del participante de comunicación que hasta entonces era el maestro para la sincronización, así como su rápido reemplazo en caso de fallo.

5 **Solución**

El objetivo de la invención se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes definen formas de realización preferibles del procedimiento según la invención.

10 **Descripción de la invención**

En el procedimiento según la invención para la comunicación de datos entre participantes de comunicación que están conectados en un número limitado a una red de comunicación común se define continuamente un ciclo de comunicación con una secuencia fija de segmentos de tiempo, cuyo número es como mínimo igual al número limitado de los participantes de comunicación, para todos los participantes de comunicación. La definición del ciclo de comunicación existe entonces en todos los participantes de comunicación. Normalmente, los segmentos de tiempo que se suceden en el ciclo de comunicación tienen la misma longitud. Especialmente, el ciclo de comunicación puede componerse en total de un número de segmentos de tiempo de la misma longitud que se suceden directamente, que es igual al número de participantes de comunicación.

Además, en el procedimiento según la invención, en cada participante de comunicación se lleva una lista de los participantes de comunicación que comunican actualmente a través de la red de comunicación. Entre los participantes de comunicación que comunican actualmente a través de la red de comunicación figuran los participantes de comunicación que están conectados a la red de comunicación común y que comunican a través de la red de comunicación periódicamente, aunque no necesariamente en cada ciclo de comunicación, por lo que en los demás participantes de comunicación se pueden reconocer como participantes de comunicación actuales. La lista de participantes de comunicación actuales llevada en cada participante de comunicación se ordena en todos los participantes de comunicación de la misma manera; y la lista comprende también el participante de comunicación correspondiente en el que se crea la lista. Por lo tanto, las distintas listas de los participantes de comunicación actuales en los distintos participantes de comunicación son idénticas, porque las mismas, es decir, todos los participantes de comunicación actuales, están dispuestos en estas de la misma manera, es decir, en el mismo orden.

Durante cada repetición del ciclo de comunicación, cada participante de comunicación en la lista envía su paquete de datos a través de la red de comunicación, según su posición en la lista. Es decir, el primer participante de comunicación en la lista envía su paquete de datos a través de la red de comunicación en el primer segmento de tiempo, y los demás participantes de comunicación envían su paquete de datos a través de la red de comunicación respectivamente en un segmento de tiempo siguiente, según su secuencia en la lista. Por lo tanto, para cada participante de comunicación está fijado en qué segmento de tiempo envía él mismo su paquete de datos y de parte de qué participante de comunicación recibe respectivamente el paquete de datos de este en los otros segmentos de tiempo. Si el número de participantes de comunicación que comunican actualmente a través de la red de comunicación es inferior a al número limitado de participantes de comunicación, al final del ciclo de comunicación pueden quedar segmentos de tiempo sin utilizar. Básicamente, el número limitado de los participantes de comunicación que se incluye en la definición del ciclo de comunicación que se repite continuamente en el procedimiento según la invención, puede ser variable para poder adaptarlo al número máximo a esperar de participantes de comunicación que comunican actualmente a través de la red de comunicación, para que se mantenga pequeño el número de segmentos de tiempo no utilizados. Pero con un número aproximadamente constante esperado de participantes de comunicación que comunican actualmente a través de la red de comunicación, esta adaptabilidad no trae necesariamente ventajas más grandes que justifiquen el esfuerzo que conlleva.

Para sincronizar los distintos participantes de comunicación, lo que es importante por ejemplo para un registro de datos exactamente al mismo tiempo en los distintos participantes de comunicación, estos reciben del primer participante de comunicación en la lista respectivamente un mensaje de retraso. Dicho mensaje de retraso del primer participante de comunicación comprende según la invención una diferencia de tiempo entre el comienzo del segmento de tiempo en el que el otro participante de comunicación correspondiente ha enviado su paquete de datos, en el primer participante de comunicación y la llegada del paquete de datos del otro participante de comunicación correspondiente al primer participante de comunicación así como una tiempo de propagación de datos interno del primer participante de comunicación. El mensaje de retraso puede comprender estos dos valores, es decir, la diferencia de tiempo y el tiempo de propagación de datos interno del primer participante de comunicación, como valores individuales o como retraso calculado como media suma de la diferencia de tiempo y del tiempo de propagación de datos interno del primer participante de comunicación.

Estos contenidos de los mensajes de retraso no son en ningún caso tiempos absolutos, sin diferencias de tiempo, y son exclusivamente diferencias entre tiempos en el primer participante de comunicación. El tiempo de propagación de datos del primer participante de comunicación es una característica de aparato del primer participante de

comunicación que puede estar depositada como valor fijo en el primer participante de comunicación, que puede ser registrada actualmente por el primer participante de comunicación mismo o que, si es muy pequeña, también puede despreciarse, es decir, fijarse en cero.

5 El comienzo del segmento de tiempo en el que el otro participante de comunicación ha enviado su paquete de datos, en el primer participante de comunicación, es decir, después del tiempo del primer participante de comunicación, antes de la sincronización aún no es el comienzo de dicho segmento de tiempo después del tiempo del otro participante de comunicación. Más bien, este segmento de tiempo comienza en el otro participante de comunicación de forma retardada por el tiempo de propagación de datos interno del primer participante de comunicación y por un tiempo de propagación de red que el paquete de datos enviado por el primer participante de comunicación tarda en ser recibido por el otro participante de comunicación e en iniciar allí el ciclo de comunicación. De manera correspondiente, la suma del tiempo de propagación de datos interno del primer participante de comunicación y el tiempo de propagación de red influye en la diferencia de tiempo entre el comienzo del segmento de tiempo en el que el otro participante de comunicación ha enviado su paquete de datos, en el primer participante de comunicación y la llegada del paquete de datos del otro participante de comunicación al primer participante de comunicación. Asimismo, en esta diferencia de tiempo influye el tiempo de propagación de red del otro participante de comunicación al primer participante de comunicación. Además, puede influir un tiempo de propagación de datos interno del otro participante de comunicación, si no lo compensa ya durante su emisión de su paquete de datos.

20 A partir de la diferencia de tiempo, del tiempo de propagación de datos interno del primer participante de comunicación y, dado el caso, del tiempo de propagación de datos del otro participante de comunicación se pueden determinar el tiempo de propagación de red contenido dos veces en la diferencia de tiempo y el retraso decisivo entre el comienzo del ciclo de comunicación en el primer participante de comunicación y la llegada del paquete de datos del primer participante de comunicación al otro participante de comunicación. Si el otro participante de comunicación ya compensa su tiempo de propagación de datos interno al enviar su paquete de datos, esta determinación puede realizarse sin problemas también en el primer participante de comunicación, en caso contrario, sólo en el otro participante de comunicación que conoce también su tiempo de propagación de datos interno.

30 Por el retraso determinado, el otro participante de comunicación adelanta el comienzo del ciclo de comunicación según su tiempo con respecto a la llegada del paquete de datos del primer participante de comunicación. Se entiende que no se produce ningún adelantamiento en función de un paquete de datos aún no recibido del primer participante de comunicación, sino que el comienzo de la siguiente repetición del ciclo de comunicación en el otro participante de comunicación se adelanta con respecto a la llegada ya producida del último paquete de datos del primer participante de comunicación más una duración del ciclo de comunicación. Las repeticiones siguientes del ciclo de comunicación se producen entonces respectivamente a continuación de la duración completa del ciclo de comunicación. Esta relación también se puede describir de tal forma que en el otro participante de comunicación, se adelanta por el retraso un comienzo de futuras repeticiones del ciclo de comunicación con respecto a un múltiplo entero de una duración del ciclo de comunicación después de la llegada del paquete de datos del primer participante de comunicación al otro participante de comunicación.

40 En el procedimiento según la invención se aprovecha que el primer participante de comunicación sabe en qué segmento de tiempo emite su paquete de datos el respectivo otro participante de comunicación y por tanto conoce una medida para el momento de la emisión. Por ello, para la sincronización del otro participante de comunicación con el primer participante de comunicación es suficiente si, además de sus paquetes de datos normales, el primer participante de comunicación hace un único mensaje de retraso a cada uno de los otros participantes de comunicación. Por lo demás, entre los participantes de comunicación no se transmiten tiempos para la sincronización, es decir, diferencias de tiempo o tiempos de propagación o incluso momentos, sino exclusivamente los paquetes de datos que presentan otros contenidos de comunicación.

50 Como ya se ha mencionado, el tiempo de propagación de datos del otro participante de comunicación puede ser compensado ya durante la emisión del paquete de datos por el otro participante de comunicación. Entonces, no influye en la diferencia de tiempo y tampoco ha de considerarse en la determinación del retardo.

55 Una compensación inmediata del tiempo de propagación de datos del otro participante de comunicación durante la emisión de su paquete de datos en el segmento de tiempo asignado a este ofrece además la ventaja de que la emisión del paquete de datos del otro participante de comunicación se produce antes y por tanto llega de forma más segura dentro del segmento de tiempo correspondiente en el tiempo del primer participante de comunicación. Una compensación adelantada correspondiente del tiempo de propagación de datos interno del primer participante de comunicación, en cambio, no conviene en el procedimiento según la invención, porque de esta manera, el comienzo del ciclo de comunicación, que puede ser determinado por los otros participantes de comunicación, como momento de sincronización frente al comienzo real del ciclo de comunicación en el primer participante de comunicación se falsifica por su tiempo de propagación de datos interno.

65 Adicionalmente, parte de la sincronización de los demás participantes de comunicación con respecto al primer participante de comunicación puede ser que la duración exacta del ciclo de comunicación del primer participante de comunicación se determine con la ayuda de la distancia temporal con la que los paquetes de datos del primer

participante de comunicación son recibidos por los otros participantes de comunicación.

La sincronización según la invención no sólo sirve para optimizar la comunicación de los participantes de comunicación a través de la red de comunicación, sino que también permite un registro absolutamente al mismo tiempo de valores de medición por los distintos participantes de comunicación. Esto es importante especialmente en el caso de valores de medición de magnitudes correladas entre sí.

La sincronización según la invención de los otros participantes de comunicación con el primer participante de comunicación puede repetirse. Entre estas repeticiones, la sincronidad de los participantes de comunicación, lograda por la sincronización, puede ser comprobada y, dado el caso, ser actualizada en los otros participantes de comunicación, de tal forma que en el otro participante de comunicación se registra el retardo de tiempo de la llegada de al menos un futuro paquete de datos del primer participante de comunicación después del comienzo de la futura repetición correspondiente del ciclo de comunicación sincronizado y se determina una posible desviación de este retardo de tiempo del retraso. El comienzo de futuras repeticiones siguientes del ciclo de comunicación puede desplazarse entonces por esta desviación. De esta manera, se puede compensar una divergencia entre los tiempos de los participantes de comunicación. Sin embargo, una divergencia del tiempo de propagación de datos interno del primer participante de comunicación o del tiempo de propagación de red no puede compensarse de esta manera. Además, no se detecta la causa de la desviación entre el retardo de tiempo registrado y su valor teórico.

Por lo tanto, conviene que el otro participante de comunicación reciba repetidamente el mensaje de retraso del primer participante de comunicación, por ejemplo en intervalos de tiempo definidos. En todo caso, el mensaje de retraso debería volver a recibirse, cuando un nuevo primer participante de comunicación aparece en la lista o siempre que un nuevo participante de comunicación aparezca en la lista. Además, el mensaje de retraso puede recibirse siempre que haya indicios de un cambio de vías de transmisión de datos en la red de comunicación. Un indicio de este tipo puede ser por ejemplo una desviación brusca significativa en el retardo de tiempo de la llegada del paquete de datos del primer participante de comunicación con respecto al momento esperado de dicha llegada.

En el procedimiento según la invención, el primer participante de comunicación puede hacer por sí mismo los mensajes de retraso a los otros participantes de comunicación. Pero el respectivo otro participante de comunicación también puede solicitar el mensaje de retraso del primer participante de comunicación de forma selectiva con uno de sus paquetes de datos. En este paquete de datos solicitante, el otro participante de comunicación puede indicar el segmento de tiempo en el que envía el paquete de datos solicitante. Esto, sin embargo, no es obligatorio, si el primer participante de comunicación puede hacer esta asignación también sin esta indicación, por ejemplo a base de la lista llevada en el.

En el procedimiento según la invención, los paquetes de datos de todos los paquetes de datos pueden comprender una identificación de aparato del respectivo participante de comunicación, para asignar los paquetes de datos unívocamente al respectivo participante de comunicación emisor. Las identificaciones de aparato también se pueden utilizar para ordenar la lista de los participantes de comunicación actuales según estas identificaciones de aparato. Así, por ejemplo, la identificación de aparato del respectivo participante de comunicación se interpreta como número, y la lista se ordena según el valor de estos números, o bien de forma ascendente, o bien de forma descendente. El participante de comunicación que llega así al primer puesto en la lista es aquel al que los demás participantes de comunicación se sincronizan según el procedimiento según la invención. Otras funciones como maestro de la red de comunicación no están relacionadas con ello. Si falla este primer participante de comunicación en la lista, lo que se puede registrar porque durante un determinado número de ciclos de comunicación sucesivos ya no ha enviado paquetes de datos, los demás participantes de comunicación suben en la lista, y el que hasta entonces era el segundo participante de comunicación de la lista se convierte en el nuevo primer participante de comunicación. Incluso si se añade un participante de comunicación que a causa de su identificación de aparato llega al primer puesto de la lista, se produce un cambio en el primer participante de comunicación. Después de tal cambio se produce la sincronización según la invención de los demás participantes de comunicación al primer participante de comunicación a base de los mensajes de retraso del primer participante de comunicación a los demás participantes de comunicación.

El fallo del hasta entonces primer participante de comunicación en la lista no tiene como consecuencia en el procedimiento según la invención una pérdida de la sincronidad de los demás participantes de comunicación, hasta que se haya producido una nueva sincronización al nuevo primer participante de comunicación. Más bien, la sincronidad lograda anteriormente se mantiene también en caso del fallo del respectivo primer participante de comunicación, durante muchos ciclos de comunicación, hasta que se sustituya en el marco de una nueva sincronización al nuevo primer participante de comunicación.

La lista de participantes de comunicación puede ser creada por primera vez en cada uno de los participantes de comunicación al principio de la comunicación a través de la red de comunicación, a base de las identificaciones de aparato contenidas en los paquetes de datos, y después ser actualizada continuamente. Incluso una emisión descontrolada de los paquetes de datos al principio de la comunicación a través de la red de comunicación conduce sólo a un número limitado de ciclos de comunicación en los que varios participantes de comunicación intentan enviar sus paquetes de datos dentro del mismo segmento de tiempo, porque lo detectan al menos por sí mismos y con la

ayuda de los paquetes de datos recibidos en el mismo segmento de tiempo por el respectivo otro participantes de comunicación detectan si ellos o el respectivo otro participante de comunicación en realidad deberían haber enviado en un segmento de tiempo posterior, lo que entonces puede tenerse en cuenta durante el ciclo de comunicación siguiente.

5 La presente invención depende básicamente de la arquitectura de la red de comunicación. Se puede tratar de una red en estrella, una red lineal o una red en anillo.

10 Los contenidos de los paquetes de datos transmitidos por los participantes de comunicación pueden comprender datos cíclicos, es decir, que han de ser transmitidos repetidamente, como por ejemplo parámetros de funcionamiento y valores de medición, y datos asíncronos, es decir, que aparecen de forma singular, como por ejemplo peticiones o mensajes de error. Se puede poner una bandera para indicar que un paquete de datos contiene además de datos cíclicos también datos asíncronos. Los mensajes de retraso según la invención del primer participante de comunicación y las peticiones de estos mensajes de retraso son datos asíncronos típicos.

15 Los participantes de comunicación que comunican según la invención pueden comunicar entre sí, paralelamente o en tiempos distintos, básicamente también de otra manera, por ejemplo de punto a punto.

20 Variantes ventajosas de la invención resultan de las reivindicaciones, de la descripción y de los dibujos. Las ventajas de características y de combinaciones de varias características, mencionadas en la descripción, tienen tan sólo carácter de ejemplo y pueden tener efecto alternativamente o adicionalmente sin que las ventajas tengan que ser conseguidas obligatoriamente por las formas de realización según la invención. Sin que por ello cambie el objeto de las reivindicaciones adjuntas, en cuanto al contenido expuesto de los documentos de solicitud originales y de la patente es válido lo siguiente: características adicionales se hallan en los dibujos – especialmente en las geometrías representadas y las dimensiones de varios componentes unos respecto a otros así como su disposición relativa y unión efectiva. La combinación de características de diferentes formas de realización de la invención o de características de diferentes reivindicaciones igualmente es posible difiriendo de las retrorreferencias elegidas de las reivindicaciones y se sugiere aquí. Esto se refiere también a características representadas en dibujos separados o mencionadas en la descripción de estos. Estas características también se pueden combinar con características de diferentes reivindicaciones. Igualmente, las características indicadas en las reivindicaciones pueden omitirse para otras formas de realización de la invención.

35 Las características mencionadas en las reivindicaciones y la descripción se entenderán en cuanto a su número de tal forma que existe precisamente este número o un número superior al número mencionado, sin que se requiera el uso explícito del adverbio “al menos”. Por lo tanto, si por ejemplo se habla de un elemento, esto se entenderá de tal forma que existen exactamente un elemento, dos elementos o más elementos. Los pasos del procedimiento según la invención, indicados en las reivindicaciones, pueden complementarse con otros pasos o ser las únicas características que presente el respectivo procedimiento.

40 Los signos de referencia contenidos en las reivindicaciones no suponen ninguna limitación del alcance de los objetos protegidos por las reivindicaciones. Sirven tan sólo para una comprensión más fácil de las reivindicaciones.

Breve descripción de las figuras

45 A continuación, la invención se explica y se describe con más detalle con la ayuda de ejemplos de realización preferibles representados en las figuras.

50 **La figura 1** ilustra varios participantes de comunicación conectados a la red de comunicación realizada como red en anillo.

La figura 2 ilustra un ciclo de comunicación de la comunicación de los participantes de comunicación a través de la red de comunicación según la figura 1.

55 **La figura 3** explica una diferencia de tiempo que se produce inicialmente durante la comunicación a través de la red de comunicación según la figura 1.

La figura 4 ilustra una sincronización exitosa según la invención de otro participante de comunicación con un primer participante de comunicación y las consecuencias de una divergencia de los tiempos de los participantes de comunicación.

60 **La figura 5** es un diagrama de flujo relativo a una forma de realización del procedimiento según la invención para la comunicación de datos entre participantes de comunicación conectados a una red de comunicación común.

65

Descripción de las figuras

La **figura 1** ilustra una red en anillo 1 con dos vías de transmisión de datos 2 y 3 antiparalelas como ejemplo de una red de comunicación 4. A la red de comunicación 4 están conectados diversos participantes de comunicación 5 a 11. Los participantes de comunicación 5 a 11 son partes de una instalación 12 de conjunto, por ejemplo una instalación para alimentación eléctrica ininterrumpida de cargas no representadas aquí, incluso en caso del fallo de una red de alimentación de energía de orden superior no representada aquí. En concreto, algunos de los participantes de comunicación 5 a 10 pueden ser sensores para la toma de valores de medición en diferentes puntos de la instalación 12, mientras que el participante de comunicación 11 es por ejemplo una unidad central que registra y evalúa los valores de medición de los demás participantes de comunicación y que sobre esta base controla la instalación 12.

La comunicación de los participantes de comunicación 5 a 11 a través de la red de comunicación 4 se produce según un ciclo de comunicación 13 que se repite continuamente. La secuencia temporal del ciclo de comunicación 13 está ilustrada en la **figura 2**. El ciclo de comunicación 13 comienza con un inicio de ciclo SoC, refiriéndose la abreviatura SoC a la indicación en inglés "Start of Cycle". El ciclo de comunicación 13 finaliza en el SoC siguiente, es decir, con el comienzo de la repetición siguiente del ciclo de comunicación 13. El ciclo de comunicación 13 está dividido en segmentos de tiempo 14 a 31 de longitud idéntica. Básicamente, sin embargo, los segmentos de tiempo también pueden presentar longitudes distintas. Durante cada uno de los segmentos de tiempo 14 a 31, sólo uno de los participantes de comunicación 5 a 11 envía datos a través de la red de comunicación 4 según la figura 1. De manera correspondiente, durante dicho segmento de tiempo también son recibidos por los demás participantes de comunicación sólo datos de este solo participante de comunicación a través de la red de comunicación 4. La asignación de los distintos participantes de comunicación 5 a 11 a los segmentos de comunicación 14 a 31 se realiza según una lista de participantes de comunicación 5 a 11 que se lleva en todos los participantes de comunicación 5 a 11 estando ordenada de la misma manera. Por ejemplo, dicha lista se lleva según direcciones MAC ascendentes de los participantes de comunicación 5 a 11. Es decir, el participante de comunicación 5 a 11 con la mayor dirección MAC envía sus datos en el primer segmento de tiempo 14, el participante de comunicación con la segunda mayor dirección MAC, en el segmento de tiempo 15, etc. Al principio de la comunicación a través de la red de comunicación 4, los participantes de comunicación 5 a 11 en los que está depositada respectivamente la estructura del ciclo de comunicación 13 según la figura 2, pueden iniciar su comunicación de forma descoordinada. Si en sus respectivos paquetes de datos enviados a través de la red de comunicación 4 indican sus direcciones MAC, estas pueden ser registradas por los demás participantes de comunicación 5 a 11 para establecer la lista de participantes de comunicación 5 a 11. Una vez que esta lista se ha creado en todos los participantes de comunicación 5 a 11, está definido quién es el primer participante de comunicación en la lista y por tanto puede enviar su paquete de datos respectivamente en el primer segmento de tiempo 14 a través de la red de comunicación 4 y por tanto define el SoC de la respectiva repetición del ciclo de comunicación 13. Si dos participantes de comunicación 5 a 11 reivindican en mismo puesto en la lista, emiten en el mismo segmento de tiempo 14 a 31 su paquete de datos que entonces es recibido respectivamente por el otro participante de comunicación, de manera que se puede producir un ajuste de cuál de los dos participantes de comunicación reivindica el puesto de lista para sí de forma justificada o cuál de los dos participantes de comunicación debe corregir su lista. De esta manera, también se pueden añadir nuevos participantes de comunicación 5 a 11 a la red de comunicación 4 durante el funcionamiento en marcha. Igualmente, se pueden eliminar participantes de comunicación 5 a 11 durante el funcionamiento en marcha. Entonces, los demás participantes de comunicación 5 a 11 detectan que el participante de comunicación eliminado repetidamente no envía paquetes de datos dentro de su segmento de tiempo, de manera que dicho segmento de tiempo puede volver a asignarse al subir los participantes de comunicación siguientes en la lista.

A través de la red de comunicación 4 puede comunicar como máximo un número de participantes de comunicación 5 a 11 igual al número de segmentos de tiempo 14 a 31 que existen. Si comunican menos participantes de comunicación quedan sin ocuparse segmentos de tiempo situados más atrás en el ciclo de comunicación 13. Básicamente, uno o varios de los participantes de comunicación también pueden reivindicar más de un segmento de tiempo en cada ciclo de comunicación. Si están disponibles más participantes de comunicación que segmentos de tiempo que deben comunicar a través de la red de comunicación 4, se debe definir un ciclo de comunicación 13 con más segmentos de tiempo 14 a 31.

Una vez que está definido cuál es el primer participante de comunicación en las listas coincidentes llevadas por todos los participantes de comunicación, se produce la sincronización de los demás participantes de comunicación con este primer participante de comunicación. Para ello, en un primer paso, la duración T_{ciclo} exacta del ciclo de comunicación 13 en el primer participante de comunicación es registrada por los demás participantes de comunicación, de tal forma que miden la distancia a la que les llegan los paquetes de datos del primer participante de comunicación. En función de ello, los demás participantes de comunicación envían a través de la red de comunicación sus paquetes de datos en el segmento de tiempo correspondiente a su posición en la lista. Durante ello, los demás participantes de comunicación pueden compensar sus propios tiempos de propagación de datos internos que han medido anteriormente o que conocen por otra razón, por ejemplo porque están depositados en ellos como parámetros de aparato sustancialmente constantes, de manera que emiten sus paquetes de datos a la red de comunicación ya al principio del segmento de tiempo correspondiente y no sólo de forma retardada por su

tiempo de propagación de datos interno. Este comienzo del segmento de tiempo correspondiente depende además directamente de la llegada del último paquete de datos del primer participante de comunicación al otro participante de comunicación como SoC_i' . El momento absoluto del SoC_i en el primer participante de comunicación puede ser sabido por los demás participantes de comunicación sólo por un mensaje de retraso individual para cada uno de los demás participante de comunicación del primer participante de comunicación, para poder sincronizarse a ello.

La **figura 3** muestra a la izquierda el curso de tiempo en el primer participante de comunicación I y a la derecha el curso de tiempo en el segundo participante de comunicación II de la lista. El primer participante de comunicación I emite su paquete de datos 32 a través de la red de comunicación 4 con un retardo por su tiempo de propagación de datos interno T_{PI} con respecto a su SoC_i . En el segundo participante de comunicación II, el paquete de datos 32 llega adicionalmente con un retardo por un tiempo de propagación de red de la red de comunicación 4 entre los dos participantes de comunicación I y II, el momento SoC_i' , de manera que en total resulta un retraso $T_{retraso}$. Con este retraso $T_{retraso}$ con respecto a su comienzo en el primer participante de comunicación I comienzan los segmentos de tiempo 14, 15 y siguientes en el segundo participante de comunicación II. De manera correspondiente, el segundo participante de comunicación II emite su paquete de datos a través de la red de comunicación de forma retrasada por este retraso $T_{retraso}$ con respecto al comienzo del segmento de tiempo 15 en el primer participante de comunicación I. El tiempo de propagación de datos interno del segundo participante de comunicación II ya está compensado entonces. Una diferencia de tiempo T_{dif} entre el comienzo del segundo segmento de tiempo 15 en el primer participante de comunicación I y la llegada del paquete de datos del segundo participante de comunicación II se compone por tanto según $T_{dif} = T_{retraso} + T_{PR}$ a partir del retraso $T_{retraso}$ y del tiempo de propagación de datos T_{PR} de la red de comunicación 4 entre el segundo participante de comunicación II y el primer participante de comunicación I. Por lo tanto, por la composición del retraso $T_{retraso}$ es válido que la diferencia de tiempo T_{dif} es igual a dos veces el tiempo de propagación de datos T_{PR} entre los participantes de comunicación I y II a través de la red de comunicación más una vez el tiempo de propagación de datos interno T_{PI} del primer participante de comunicación I: $T_{dif} = 2 T_{PR} + T_{PI}$. Así, a partir de la diferencia de tiempo T_{dif} medida en el primer participante de comunicación I se puede calcular el retraso $T_{retraso}$ añadiendo a la diferencia de tiempo T_{dif} el tiempo de propagación de datos interno T_{PI} y dividiendo entre dos el resultado: $T_{retraso} = (T_{dif} + T_{PI}) / 2$. El tiempo de propagación de datos interno T_{PI} del primer participante de comunicación I se puede medir en el primer participante de comunicación I, o bien, puede ser conocido por el primer participante de comunicación I por otra razón, por ejemplo porque está depositado en él como parámetro de aparato sustancialmente constante. En lo anterior se supone que el tiempo de propagación de datos T_{PR} de la red de comunicación 4 entre el primer participante de comunicación I y el segundo participante de comunicación II es al menos sustancialmente igual al tiempo de propagación de datos T_{PR} de la red de comunicación 4 entre el segundo participante de comunicación I y el primer participante de comunicación I, es decir, que el tiempo de propagación de datos de la red de comunicación 4 no presenta ninguna dependencia relevante del sentido. Pero en todo caso, el tiempo de propagación de datos T_{PR} de la red de comunicación 4 desde y hasta el primer participante de comunicación es un valor que depende del respectivo otro participante de comunicación.

El primer participante de comunicación I puede transmitir el retraso $T_{retraso}$, calculado de esta manera, con su paquete de datos 32 siguiente a través de la red de comunicación al segundo participante de comunicación II, o bien, transmite las bases de cálculo, es decir, la diferencia de tiempo T_{dif} y su tiempo de propagación de datos interno T_{PI} , de tal forma que el segundo participante de comunicación II mismo puede determinar el retraso $T_{retraso}$. Entonces, en el segundo participante de comunicación II, un SoC_s sincronizado de futuras repeticiones del ciclo de comunicación se adelanta con respecto a la llegada SoC_i' del paquete de datos 32 del primer participante de comunicación I más un múltiplo entero $n \times T_{ciclo}$ de la duración T_{ciclo} del ciclo de comunicación según: $SoC_s = SoC_s = SoC_i' + n \times T_{ciclo} - T_{retraso}$. Con cada repetición, n se incrementa en 1. Por lo tanto, con un valor exacto de la duración T_{ciclo} del ciclo de comunicación, la sincronización lograda se mantiene incluso con valores muy elevados de n . De esta manera, todos los demás participantes de comunicación se mantienen sincronizados entre sí incluso si el primer participante de comunicación I falla y ya no envía paquetes de datos 32.

Alternativamente, como momento SoC_i' sería posible usar siempre la llegada del último paquete de datos 32 del primer participante de comunicación I y mantener constante $n=1$. Sin embargo, este procedimiento funciona sólo si en cada repetición del ciclo de comunicación se recibe un paquete de datos 32 del primer participante de comunicación I y, por tanto, no es robusto frente a un fallo del primer participante de comunicación.

Una vez que se ha realizado la sincronización, el paquete de datos 32 siguiente del primer participante de comunicación I llega al segundo participante de comunicación II con un retardo de tiempo $T_{retardo}$ después del SoC_s sincronizado, que es igual al retraso de tiempo $T_{retraso}$, tal como se ilustra en la figura 4 (a). La detección de este retardo de tiempo $T_{retardo} = T_{retraso}$ entre el SoC_s sincronizado y la llegada del paquete de datos 32 del primer participante de comunicación I es por tanto una confirmación de una sincronización correcta. Sin embargo, si como está ilustrado en la **figura 4 (b)**, no se registra el retardo de tiempo esperado $T_{retardo} = T_{retraso}$ entre el SoC_s sincronizado en el segundo participante de comunicación II para la llegada de un paquete de datos 32 del primer participante de comunicación I, sino un retardo de tiempo $T_{retardo}$ que difiere del retraso de tiempo $T_{retraso}$ por una desviación T_{desv} , esto es indicio de un offset del SoC_s en el segundo participante de comunicación II con respecto al SoC_i en el primer participante de comunicación I de la magnitud de dicha desviación T_{desv} que debe ser corregida. Las **figuras 4 (b) y (c)** ilustran dos desplazamientos relativos distintos del SoC_s sincronizado del segundo participante de comunicación II con respecto al SoC_i del primer participante de comunicación I. Pero una

compensación de la desviación T_{desv} por el desplazamiento del SoCs sincronizado en el mismo sentido sólo conviene si la desviación T_{desv} se debe a una divergencia relativa entre los relojes de los participantes de comunicación I y II y no a un cambio del tiempo de propagación de datos interno T_{PI} del segundo participante de comunicación II o del tiempo de propagación de datos T_{PR} de la red de comunicación entre los participantes de comunicación I y II.

La **figura 5** ilustra la secuencia del procedimiento según la invención en uno de los demás participantes de comunicación que se encuentran detrás del primer participante de comunicación I en la lista. En un primer paso 34 se crea una lista de los participantes de comunicación actuales. En este momento aún no está definido si el participante de comunicación considerado es el primer participante de comunicación I. Este no es el caso.

En un segundo paso 35, el otro participante de comunicación registra la duración exacta T_{ciclo} del ciclo de comunicación en el primer participante de comunicación I, midiendo la distancia con la que los paquetes de datos 32 del primer participante de comunicación I son recibidos por el.

En el paso 36 siguiente, el participante de comunicación considerado envía entonces su paquete de datos 33 a través de la red de comunicación en el segmento de tiempo del ciclo de comunicación que corresponde a su posición en la lista. Como respuesta a cualquier paquete de datos de este tipo del participante de comunicación considerado o sólo como respuesta a un paquete de datos que contiene un requerimiento especialmente de un mensaje de retraso del primer participante de comunicación, el participante de comunicación considerado recibe en un paso 37 del retraso $T_{retraso} = (T_{dif} + T_{PI}) / 2$ del primer participante de comunicación I o los valores de la diferencia de tiempo T_{dif} y del tiempo de propagación de datos interno T_{PI} que son necesarios para el cálculo del retraso $T_{retraso}$. El participante de comunicación considerado desplaza hacia atrás en el tiempo, por el retraso $T_{retraso}$, su comienzo sincronizado SoCs de futuros ciclos de comunicación con respecto a la llegada SOC'_I del paquete de datos 32 del primer participante de comunicación I más un múltiplo entero n de la duración T_{ciclo} del ciclo de comunicación en el primer participante de comunicación I. Por lo tanto, el ciclo de comunicación sincronizado en el participante de comunicación considerado comienza al mismo tiempo con el ciclo de comunicación en el primer participante de comunicación I.

Esto se controla en un paso 38 mediante la comparación del retardo de tiempo $T_{retardo}$ con el que los paquetes de datos 32 del primer participante de comunicación I llegan al participante de comunicación considerado, con el retraso $T_{retraso}$. Si entre el retardo de tiempo $T_{retardo}$ y el retraso $T_{retraso}$ se detecta una desviación T_{desv} , el comienzo SoC_S del ciclo de comunicación sincronizado en el participante de comunicación considerado se desplaza hacia atrás en el tiempo adicionalmente por T_{desv} . De esta manera, por ejemplo se puede compensar una divergencia de un reloj interno del participante de comunicación considerado con respecto al reloj interno del primer participante de comunicación I. Pero de esta manera no se puede detectar fácilmente si los tiempos de propagación de datos T_{PI} o T_{PR} cambiados son las causas de la desviación T_{desv} que no se pueden compensar de esta manera. Sin embargo, las desviaciones T_{desv} de signo alterno son un indicio de tiempos de propagación de datos T_{PI} o T_{PR} cambiados. Entonces se requiere un nuevo mensaje de retraso del primer participante de comunicación I.

En un paso 39 que se repite, en el participante de comunicación considerado se actualiza la lista de los participantes de comunicación. Cuando en la lista aparece un nuevo primer participante de comunicación I, se vuelve a realizar la sincronización. En caso contrario, la sincronización se vuelve a realizar en ciertos intervalos de tiempo comenzando por el paso 35 o cuando aparece un valor elevado o un signo alterno en T_{desv} .

Lista de signos de referencia

- 1 Red en anillo
- 2 a 3 Vía de transmisión de datos
- 4 Red de comunicación
- 5 a 11 Participante de comunicación
- 12 Instalación
- 13 Ciclo de comunicación
- 14 a 31 Segmento de tiempo
- 32 a 33 Paquete de datos
- 34 a 40 Paso
- I Primer participante de comunicación
- II Segundo participante de comunicación
- T_{PI} tiempo de propagación de datos interno del primer participante de comunicación
- T_{PR} Tiempo de propagación de datos de la red de comunicación
- T_{dif} Diferencia de tiempo
- $T_{retraso}$ Retraso
- $T_{retardo}$ Retardo de tiempo
- T_{desv} Desviación
- SoC Comienzo del ciclo de comunicación
- SoC_I Comienzo del ciclo de comunicación en el primer participante de comunicación

ES 2 685 657 T3

SoC ₁ '	Llegada del paquete de datos del primer participante de comunicación al segundo participante de comunicación
SoC _s	Comienzo del ciclo de comunicación sincronizado en el segundo participante de comunicación
T _{ciclo}	Duración del ciclo de comunicación

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la comunicación de datos entre participantes de comunicación (5 a 11) que en un número limitado están conectados a una red de comunicación común (4),

- en el que para todos los participantes de comunicación (5 a 11) se define un ciclo de comunicación (13) que se repite continuamente con una secuencia fija de segmentos de tiempo (14 a 31), cuyo número es al menos igual al número limitado de los participantes de comunicación (5 a 11),
- en el que en cada participante de comunicación (5 a 11) se lleva una lista de los participantes de comunicación (5 a 11) que actualmente comunican a través de la red de comunicación (4), que en todos los participantes de comunicación (5 a 11) está ordenada de la misma manera,
- en el que durante cada repetición del ciclo de comunicación (13), el primer participante de comunicación (I) en la lista emite en el primer segmento de tiempo (14) un paquete de datos (32) a través de la red de comunicación (4) y los demás participantes de comunicación (II) emiten a través de la red de comunicación (4) un paquete de datos (33) en un segmento de tiempo (15 a 31) siguiente en cada caso según su secuencia en la lista y
- en el que al menos uno de los demás participantes de comunicación (II) recibe un mensaje de retraso del primer participante de comunicación (I) en la lista,

caracterizado por que

- el mensaje de retraso del primer participante de comunicación (I) comprende una diferencia de tiempo (T_{dif}) entre el comienzo del segmento de tiempo (15 a 31), en el que al menos un participante de comunicación (II) adicional ha emitido su paquete de datos (33), en el primer participante de comunicación (I) y la llegada del paquete de datos (33) del al menos un participante de comunicación (II) adicional al primer participante de comunicación (I) así como un tiempo de propagación de datos (T_{PI}) del primer participante de comunicación (I).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el mensaje de retraso del primer participante de comunicación (I) comprende la diferencia de tiempo (T_{dif}) y el tiempo de propagación de datos interno (T_{PI}) del primer participante de comunicación (I) en cada caso como valores separados o en forma de un retraso ($T_{retraso}$) igual a media suma de la diferencia de tiempo (T_{dif}) y del tiempo de propagación de datos interno (T_{PI}) del primer participante de comunicación (I).

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado por que** en el al menos un participante de comunicación (II) adicional, un comienzo (SoC_n) de futuras repeticiones del ciclo de comunicación (13) con respecto a un múltiplo entero (n) de una duración (T_{ciclo}) del ciclo de comunicación (13) después de la llegada del paquete de datos (32) del primer participante de comunicación (I) al al menos un participante de comunicación (II) adicional se desplaza hacia atrás en el tiempo un valor igual al retraso ($T_{retraso}$), según $SoC_S = SoC_i' + n \times T_{ciclo} - T_{retraso}$.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado por que** el comienzo (SoC_n) de futuras repeticiones del ciclo de comunicación (13) se desplaza hacia delante en el tiempo un valor igual a una mitad del tiempo de propagación de datos interno del al menos un participante de comunicación (II) adicional, si dicho tiempo de propagación de datos interno del al menos un participante de comunicación (II) adicional influye en la diferencia de tiempo (T_{dif}).

5. Procedimiento según las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado por que** en al menos una repetición del ciclo de comunicación (13) en el al menos un participante de comunicación (II) adicional

- se registra un retraso de tiempo ($T_{retardo}$) de la llegada de un paquete de datos (32) del primer participante de comunicación (I) después del comienzo (SoC_n) de la al menos una repetición del ciclo de comunicación (13) en el al menos un participante de comunicación (II) adicional,
- se determina una desviación (T_{desv}) de este retardo de tiempo ($T_{retardo}$) del retraso ($T_{retraso}$), dado el caso, menos la mitad del tiempo de propagación de datos interno del al menos un participante de comunicación adicional, y
- el comienzo de futuras repeticiones siguientes del ciclo de comunicación (13) en el al menos un participante de comunicación (II) adicional se desplaza un valor igual a la desviación (T_{desv}).

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado por que** el al menos un participante de comunicación (II) adicional determina la duración (T_{ciclo}) del ciclo de comunicación (13) a partir de la distancia temporal a la que le llegan los paquetes de datos (32) del primer participante de comunicación (I).

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** el al menos un participante de comunicación (II) adicional recibe el mensaje de retraso

- en intervalos de tiempo definidos y/o
- siempre que aparezca un nuevo primer participante de comunicación (I) en la lista y/o

- siempre que aparezca un nuevo participante de comunicación (5 a 11) en la lista y/o
- siempre que se produzcan indicios de un cambio de vías de transmisión de datos en la red de comunicación (4).

- 5 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el al menos un participante de comunicación (II) adicional solicita el mensaje de retraso del primer participante de comunicación (I) con uno de sus paquetes de datos (33).
- 10 9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado por que**, al solicitar el mensaje de retraso, el al menos un participante de comunicación (II) adicional indica el segmento de tiempo (15 a 31) en el que emite el paquete de datos (33) solicitante.
- 15 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** los paquetes de datos (32, 33) de todos los participantes de comunicación (5 a 11) comprenden una identificación de aparato del participante de comunicación (5 a 11) correspondiente y por que la lista se ordena según las identificaciones de aparato de los participantes de comunicación (5 a 11).
- 20 11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado por que** la lista de los participantes de comunicación (5 a 11) en cada uno de los participantes de comunicación se actualiza continuamente basándose en las identificaciones de aparato contenidas en los paquetes de datos (32, 33).

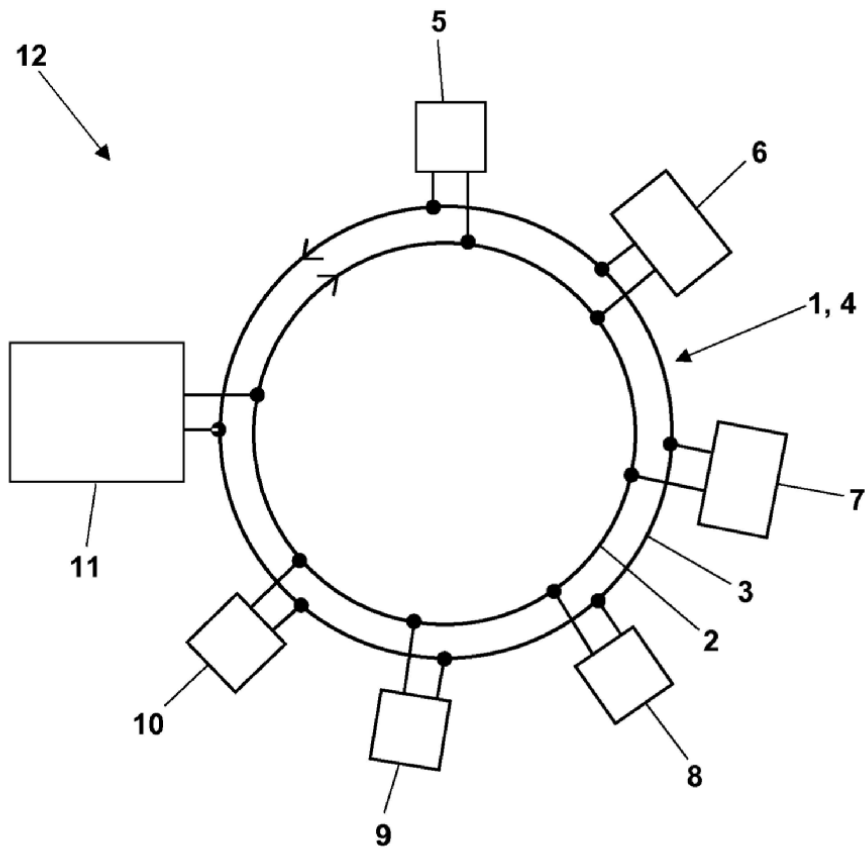


Fig. 1

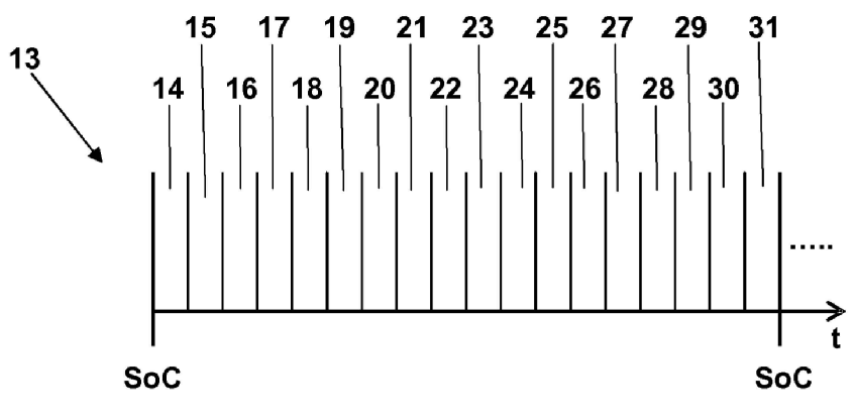


Fig. 2

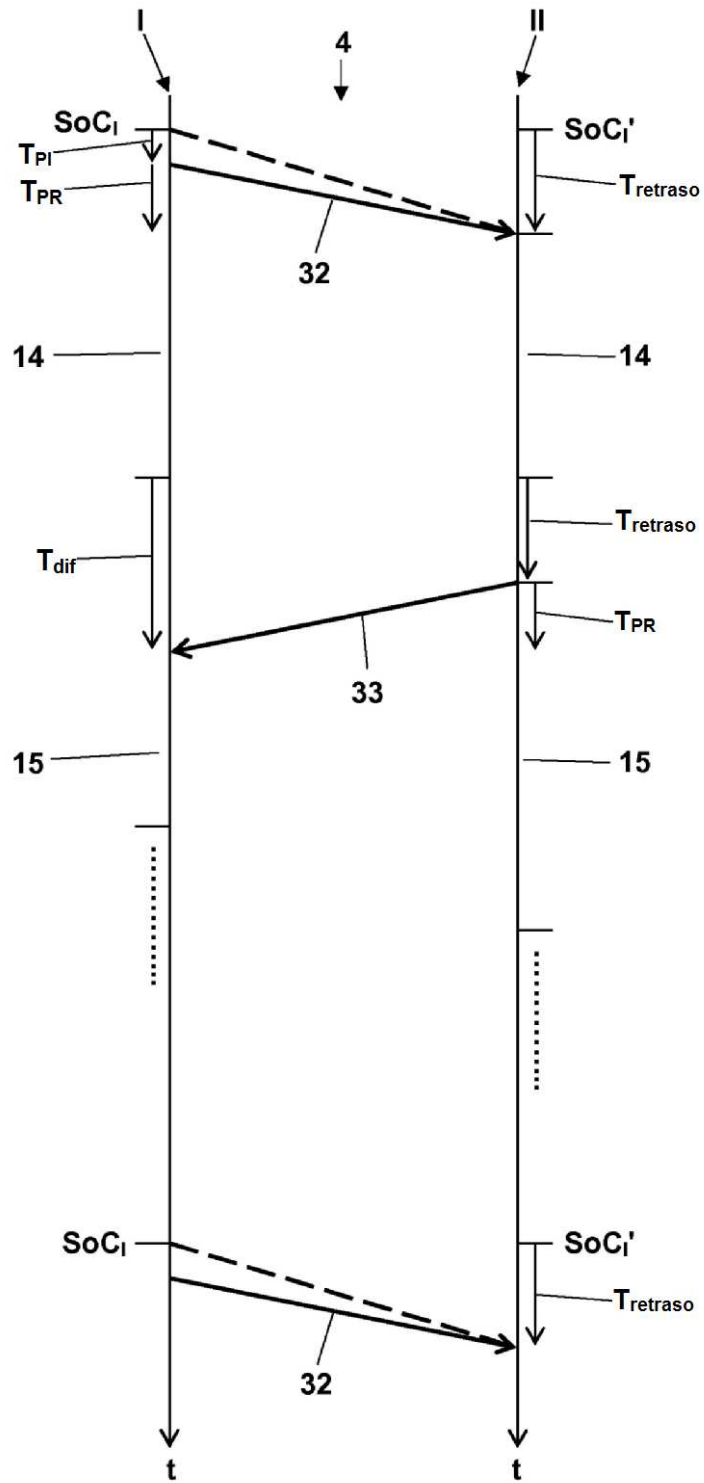
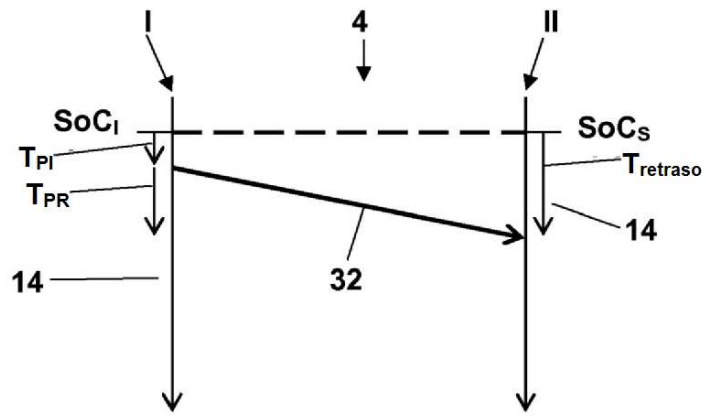
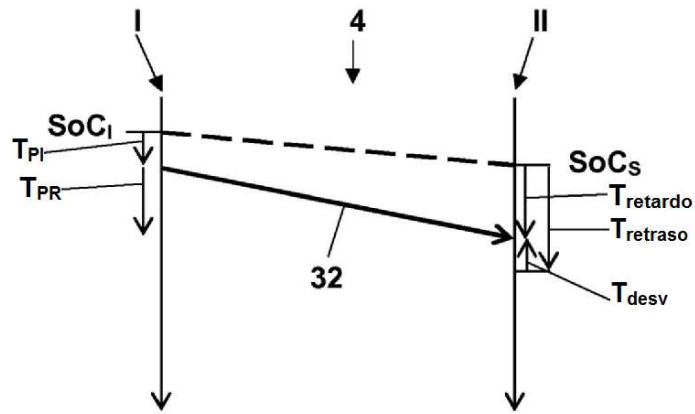


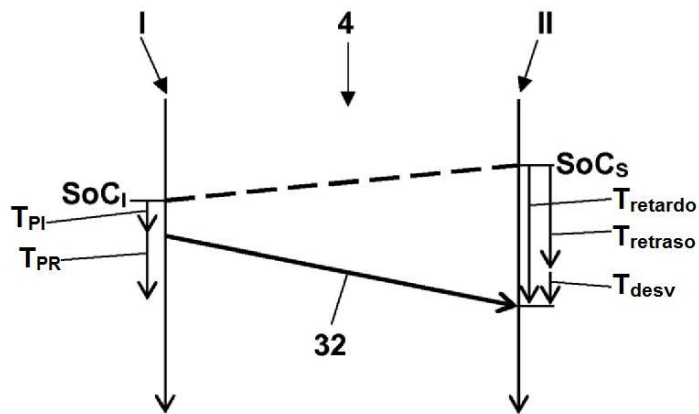
Fig. 3



(a)



(b)



(c)

Fig. 4

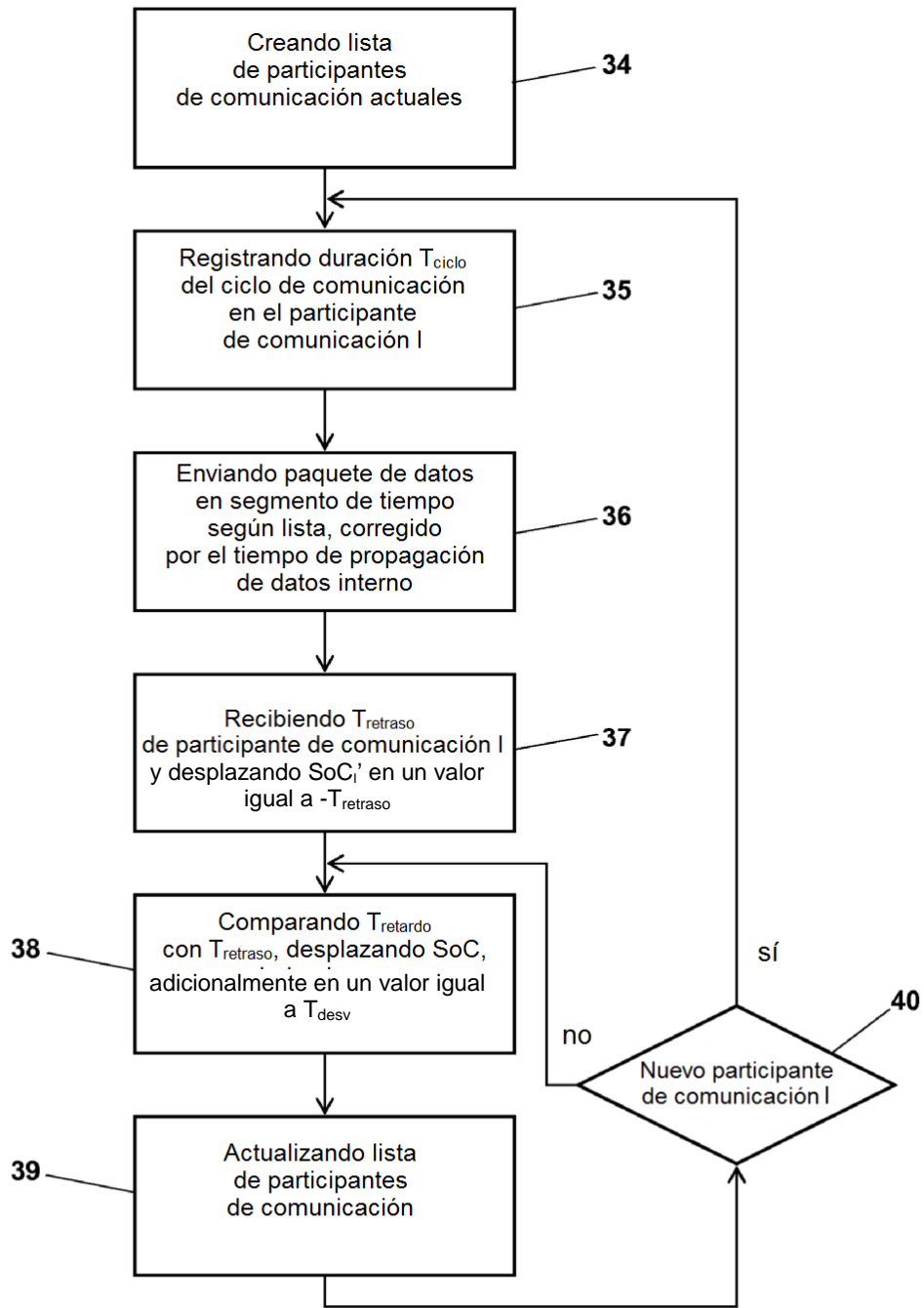


Fig. 5