

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 600**

51 Int. Cl.:
H04L 12/42 (2006.01)
H04B 10/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09166937 .4**
96 Fecha de presentación: **31.07.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2282452**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.02.2011**

54 Título: **Transmisión de datos en una red de comunicaciones del tipo anillo**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.07.2012

73 Titular/es:
ABB Research Ltd.
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH

72 Inventor/es:
Kirrmann, Hubert y
Tournier, Jean-Charles

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

ES 2 384 600 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

Transmisión de datos en una red de comunicaciones del tipo anillo

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere al campo de los sistemas deterministas de comunicación industrial que usan redes de comunicación redundantes para el control de procesos de ejecución crítica, en particular para el control de vehículos, control de accionamientos o automatización de subestaciones.

10

Antecedentes de la invención

En los sistemas de comunicación industrial para aplicaciones vitales o de ejecución crítica por lo demás, tales como el control de vehículos, control de accionamientos o automatización de subestaciones, la disponibilidad y la fiabilidad son aspectos clave, debido a que un fallo en el sistema de comunicaciones puede conducir a una interrupción de la aplicación y a una parada de un proceso controlado por esta última. Por lo tanto, la redundancia de la red de comunicaciones es una característica importante de los sistemas de comunicación industriales que exigen una elevada disponibilidad, en particular aquellos que usan comunicación basada en Ethernet con conmutadores comerciales.

20

Un elevado nivel de redundancia con un funcionamiento sin interrupciones en el caso de fallo se puede proporcionar mediante la duplicación de las vías de comunicación, por ejemplo el cable eléctrico u óptico de transmisión, así como al menos la capa física de la pila de protocolos correspondientes de los dispositivos adjuntos a cada una de las dos redes de área local a través de dos transceptores y controladores de bus independientes. Para cada trama a ser transmitida un remitente envía simultáneamente dos tramas, una a través de cada línea, y el receptor acepta cualquiera que sea la trama de dicho par de tramas redundante que llegue primero y descarta la trama posterior. La conmutación es sin interrupciones, dado que no hay necesidad de repetir una trama en caso de interrupción de un recorrido. El marcado de las tramas redundantes ofrece una supervisión completa de ambas líneas redundantes con tráfico normal, asegurando una elevada cobertura. Este método se ha descrito en la solicitud de patente WO 2006/053459 y se ha normalizado como Protocolo de Redundancia Paralelo (PRP, del inglés "Parallel Redundancy Protocol") en la norma IEC 62439. Sin embargo, el PRP requiere una duplicación completa y por ello bastante antieconómica de la red física.

25

30

Una topología en anillo proporciona una solución más eficaz en coste, especialmente cuando el elemento de conmutación está integrado dentro del nodo (formando un nodo conmutado en el extremo), ofreciendo una disponibilidad similar a la de PRP pero sufriendo frecuentemente de largos retardos de recuperación de hasta unos pocos milisegundos. En una red en anillo, cada nodo tiene dos puertos de comunicación que le conectan a dos nodos vecinos y de ahí que la red en anillo se pueda hacer funcionar en cualquiera o en ambas direcciones y por ello ofrece una flexibilidad contra un fallo en el enlace. Las redes en anillo tales como la FDDI o la Token Ring son comunes en la técnica y pueden ser del tipo Ethernet, en cuyo caso los protocolos tales como el RSTP (IEEE 802.1D) aseguran que no puedan circular indefinidamente las tramas en el anillo.

35

40

La solicitud de patente no publicada EP 08160883.8 se refiere a aplicaciones de ejecución crítica o altamente disponibles basadas en una red de comunicaciones del tipo de anillo con una pluralidad de nodos de conmutación y funcionando con enlaces full dúplex. Un nodo remitente que se conecta a través de un primer y un segundo puerto respectivos a la red de comunicaciones transmite pares de tramas redundantes. Para cada trama a ser enviada en la red en anillo, se transmite una trama de origen y un duplicado en direcciones opuestas, siendo retransmitidas ambas tramas por los otros nodos de la red en anillo hasta que eventualmente retornan al nodo remitente de origen. Como consecuencia, la carga de la red se duplicará aproximadamente con respecto a una red en anillo convencional, pero el nodo de destino recibirá los datos después de un retardo de transmisión máximo que es igual al recorrido más largo posible del anillo. En un estado libre de defectos, el nodo de destino recibirá por tanto dos tramas redundantes con el mismo contenido. Las tramas redundantes se pueden identificar de acuerdo con el Protocolo de Redundancia Paralelo PRP anterior, y de ahí que solamente la anterior o primera trama de las dos tramas se envía a los protocolos de la capa superior y la última o segunda trama se descarta. En una variante ventajosa de la invención, para impedir que las tramas circulen indefinidamente en el anillo, el nodo remitente de origen no retransmite una trama que haya enviado previamente él mismo.

45

50

55

La subestaciones en las redes eléctricas de alta y media tensión incluyen dispositivos primarios tales como cables eléctricos, líneas, embarrados, interruptores, transformadores de potencia y transformadores de medida, que se disponen en general en parques de maniobra y/o calles. Estos dispositivos primarios se accionan en una forma automatizada a través de un sistema de Automatización de Subestaciones (SA, del inglés "Substation Automation"). El sistema de SA comprende dispositivos secundarios programables, basados en microprocesador, denominados Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IED, del inglés "Intelligent Electronic Devices") responsables de la protección, control y supervisión de los dispositivos primarios. Los IED pueden estar asignados en general a uno de tres niveles jerárquicos, es decir al nivel de estación, al nivel de calle o posición, y al nivel de proceso. El nivel de estación del sistema de SA incluye una Estación de Trabajo del Operador (OWS, del inglés "Operator Work Station") con una

60

65

Interfaz Hombre Máquina (HMI, del inglés “Human-Machine Interface”) y una pasarela al Centro de Control de la Red (NCC, del inglés “Network Control Centre”). Los IED en el nivel de calle, también denominados unidades de calle, a su vez se conectan entre sí y a los IED del nivel de estación a través de un bus entre calles. El bus de estación está cubierto por la parte 8-1 de la norma IEC 61520 “redes y sistemas de comunicación en subestaciones” que estipulan protocolos (por ejemplo la Especificación de Mensajes de Fabricación, MMS (del inglés “Manufacturing Message Specification”), o Eventos de Subestación orientados a Objetos Genéricos, GOOSE (del inglés “Generic Object Oriented Substation Events”)) que no son exigentes en términos de carga de la red (unos pocos paquetes por segundo) y sincronización (se requiere usualmente 1 ms), y están dirigidos a la transmisión de órdenes a los controladores de calle, aunque también a notificación de eventos, tales como alarmas o cambios de estado.

Por otro lado, la interfaz de proceso que enlaza el nivel de procesos con el nivel de calle incluye un bus de proceso que está cubierto por la parte IEC61850-9-2 de la norma anterior. La tarea principal del bus de proceso es transmitir valores de medida (valores de muestra, SV (del inglés “Sampled Values”) de los transformadores de medida o unidades de combinación a los dispositivos de protección y órdenes de disparo (GOOSE) desde los dispositivos de protección al interruptor. A diferencia del bus de estación, el bus de proceso requiere una elevada disponibilidad (es decir la velocidad de envío de los valores muestreados está entre 4 kHz y 12 kHz) y estrictas limitaciones de tiempo real (es decir los valores muestreados tienen que ser proporcionados a la aplicación de protección menos de 3 ms después de que se hayan producido) para realizar correctamente las funciones de protección.

En tanto que los requisitos de disponibilidad de los datos de valores muestreados está claramente acometida por el protocolo redundante anterior, el requisito en tiempo real permanece un problema abierto. El protocolo IEC 61850-9-2 para Valores Muestreados se basa en Ethernet y por lo tanto sólo pueden proporcionar una garantía del mejor esfuerzo en relación a los retardos en la entrega de datos. Más aún, el protocolo prioriza los paquetes que ya están circulando en el anillo sobre aquellos que necesitan ser enviados por un nodo. Esta propiedad puede conducir a un silenciamiento del nodo, es decir a que un nodo esté constantemente enviando paquetes desde un puerto al otro sin que sea capaz de enviar sus propios paquetes.

Los protocolos en tiempo real se han estudiado extensivamente en los últimos 30 años y se han encontrado dos enfoques principales para garantizar la propiedad en tiempo real para un protocolo de comunicación. De acuerdo con estos enfoques, o bien se reserva el medio de comunicación en un cierto momento para un retardo dado (por ejemplo la Red de Área Controlada Activada por Tiempo TTCAN), o un paquete está circulando periódicamente en el medio en el que cada nodo inserta o recupera los datos en una posición fijada (por ejemplo EtherCAT). El EtherCAT aplica Ethernet a las aplicaciones de automatización que requieren tiempos de actualización de datos o tiempos de ciclo cortos, en los que el paquete, trama o telegrama Ethernet ya no se recibe, interpreta y copia como dato de proceso en cada nodo. Los dispositivos esclavos EtherCAT leen los datos dirigidos a ellos e insertan datos de entrada mientras la trama pasa a través del dispositivo. Las tramas sólo se retrasan en una fracción de un microsegundo en cada nodo y se pueden direccionar muchos nodos —típicamente la red completa— con una trama.

El documento US-20080226304 propone un aparato de transmisión óptica para señales ópticas SDH/SONET, con una unidad de hardware que obtiene una información de fallo en una línea redundante de la línea de trabajo y una línea de protección y una CPU que determina el control de conmutación de la línea redundante en base a la información del fallo, en la que la unidad de hardware conmuta la línea redundante en base al control de conmutación determinado por la CPU.

45 Descripción de la invención

Es por lo tanto un objetivo de la invención posibilitar la transmisión de datos en tiempo real y/o determinista en redes de comunicación del tipo anillo. Este objetivo se consigue por un método de transmisión de datos en una red de comunicación del tipo anillo y una red de comunicación del tipo anillo de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 7, respectivamente. Las realizaciones preferidas adicionales son evidentes a partir de las reivindicaciones de la patente dependientes.

De acuerdo con la invención, los datos operativos en Tiempo Real (RT, del inglés “Real Time”) se transmiten en una red de comunicaciones del tipo anillo Altamente Disponible, Redundante sin Interrupciones (HSR, del inglés “Highly available, Seamlessly Redundant”), con al menos un nodo maestro, un nodo de origen o editor y un nodo de destino o abonado. Cada uno de los nodos comprende un primer y un segundo puerto de comunicaciones conectados a un primer y un segundo nodo vecino respectivos de la red de comunicación y se adaptan para recibir una trama a través del primer puerto de comunicaciones y para enviar la trama recibida, tanto modificada como sin modificar, a través del segundo puerto de comunicaciones sin retardo adicional. El nodo maestro envía, esencialmente de modo simultáneo, una primera y una segunda tramas redundantes o paquetes de datos vacíos a su primer y segundo nodo vecino, respectivamente. Tras la recepción de la primera de las dos tramas redundantes, el nodo de origen inserta datos de proceso en un campo predeterminado y dedicado. El nodo de origen añade posteriormente el dato de proceso idéntico a un campo predeterminado de una segunda o posterior trama redundante. Una vez cargadas o incrementadas con los datos de proceso, ambas tramas redundantes se envían instantánea e individualmente al primer y al segundo nodos vecinos del nodo origen, respectivamente. El nodo de destino extrae o copia finalmente los datos de proceso de la primera trama cargada del par redundante que llega.

En una variante preferida de la invención, las tramas redundantes cargadas recibidas se envían, una vez se hayan extraído los datos de proceso relevantes, por los nodos de destino. No se implementa ningún criterio de eliminación en los nodos de destino tratando de establecer si pudiera estar interesado o no otro nodo del anillo en los datos de proceso transportados por la trama recibida. Solamente el nodo maestro eliminará las tramas redundantes que haya lanzado el mismo previamente, incluyendo en particular las tramas redundantes cargadas basadas en la última.

En una realización ventajosa de la invención, el nodo maestro genera y transmite una secuencia de pares de tramas redundantes dentro de un ciclo. El número de pares en la secuencia depende del número real de nodos en el anillo de comunicación, que puede por ello exceder el número de nodos definidos por la capacidad de contenido útil de una única trama.

En una realización ventajosa adicional de la invención, los datos de proceso operativos comprenden los Valores de Medición Muestreados (SMV, del inglés "Sampled Measured Values") de acuerdo con IEC 61850-9-2, proporcionados al nodo de origen por un sensor de intensidad o tensión conectados a una subestación de alta o media tensión de un sistema eléctrico o conectados a un sistema de energía eólica, de energía hidráulica o de Recursos Energéticos Distribuidos (DER). El nodo de origen puede incluir adicionalmente datos GOOSE en la misma trama.

Otra ventaja del protocolo propuesto reside en el hecho de que ya no se requiere un protocolo de sincronización dedicado como el IEEE 1588 para sincronizar los diferentes dispositivos conectados al anillo de comunicación. Si el nodo maestro está sincronizado, por cualquier medio, con el resto de la subestación, el maestro se sincronizará o sincronizará inherentemente, por medio de las tramas redundantes RT-HSR vacías enviadas cíclicamente a, por ejemplo, 4 kHz, con los otros dispositivos en el anillo.

Para evitar un único punto de fallo, una variante adicional del protocolo descrito incluye la provisión de un nodo maestro de reserva o redundante en el anillo. Este último se supone que está sincronizado con el nodo maestro y que tiene un reloj interno de la misma clase y calidad que el reloj interno del nodo maestro primario. Sin embargo, en lugar de tener un maestro redundante activo que duplicaría la carga de la red, el maestro de reserva funciona preferentemente en un modo de redundancia en espera y está adaptado para detectar activamente el fallo del maestro primario. Si el nodo maestro de reserva está situado en la proximidad del maestro primario y preferiblemente como un vecino inmediato, el nodo maestro de reserva será capaz de determinar un fallo del nodo maestro primario casi instantáneamente. De hecho, en caso de que no se reciban tramas RT-HSR por el nodo maestro de reserva antes de la expiración de un retardo de transmisión u oscilación máxima de por ejemplo 5 μ s, el maestro de reserva determinará un fallo en el maestro primario y a su vez comenzará a enviar tramas redundantes.

En resumen, la presente invención permite la transmisión de datos en tiempo real o determinista de Valores Muestreados mediante el uso de un enfoque de múltiples señales en el protocolo HSR. A intervalos regulares se proporciona un paquete sobre el anillo dentro del que cada nodo insertará los datos que necesita enviar. El enfoque propuesto cubre la comunicación de datos como tal, es decir cómo se puede hacer predecible el transporte de datos en HSR, así como en la parte de configuración, es decir en la etapa de inicialización o después de un cambio en la topología de la red. El protocolo RT-HSR propuesto proporciona tanto disponibilidad como propiedades en tiempo real para el transporte de datos muestreados sobre el bus de proceso.

Breve descripción de los dibujos

La materia objeto de la invención se explicará con más detalle en el texto a continuación con referencia a las realizaciones de ejemplo preferidas que se ilustran en los dibujos adjuntos, en los que:

- La Fig. 1 representa una red de automatización de ejemplo con una topología en anillo,
- La Fig. 2 ilustra un principio básico de un protocolo HSR habilitado para Tiempo Real (RT) y
- La Fig. 3 ilustra la estructura de una trama redundante RT-HSR.

Los símbolos de referencia usados en los dibujos y sus significados, se listan en forma de sumario en la lista de símbolos de referencia. En principio, las partes idénticas están provistas con los mismos símbolos de referencia en las figuras.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La Fig. 1 representa una red de automatización de ejemplo con una topología en anillo, en la que todos los nodos de conmutación dentro del anillo (1-6), tal como los dispositivos de protección, control y medición (1-3), la estación de trabajo de supervisión (4), el reloj maestro (5) así como el nodo intermedio (6) incluyen un elemento de conmutación (10) que es capaz de enviar tramas desde un puerto (11a, 11b) al otro (11b, 11a), asegurando así la circulación de tramas alrededor del anillo. El nodo intermedio (6) conecta, a través de un conmutador de nodo no en anillo opcional (7), con un número de dispositivos no del anillo (8a-8c). En la notación de la presente invención, el elemento de conmutación de un nodo maestro (1) inyecta dos tramas redundantes (21a, 21b), una en cada dirección (A, B) de circulación. El elemento de conmutación (10) de un nodo de origen (3) o de un nodo de destino (3) es capaz de

recibir tramas (22a, 22b) desde cualquier dirección del anillo y de enviarlas, bien modificadas o bien como se han recibido, a través del puerto de envío (11a; 11b) opuesto al puerto de recepción (11b; 11a), manteniendo de ese modo la dirección original en el sentido de (contrario a) las agujas del reloj de circulación en ambas tramas redundantes en el anillo. Este aspecto está de acuerdo con el protocolo de anillo de Redundancia sin Interrupciones de Elevada Disponibilidad (HSR) tal como se explica en el documento EP 08160883.8, en el que un nodo siempre envía una trama recibida desde sus protocolos de las capas más elevadas a través de sus dos puertos y los dos duplicados de la trama circulan a través del bus en direcciones opuestas hasta que alcanzan a su remitente original y en el que los receptores pasan solamente la trama más temprana de un par a sus protocolos de la capa superior y descartan el duplicado.

La Fig. 2 representa el principio básico del protocolo HSR habilitado y enmendado para Tiempo Real (RT) de acuerdo con la presente invención en un anillo (línea discontinua) con 5 nodos (1-5). El nodo maestro (1) genera y envía dos tramas redundantes (23a, 23b) de un par de tramas redundantes, en donde la trama designada por "A" circula en el sentido de las agujas del reloj y la trama designada como "B" circula en sentido contrario a las agujas del reloj. Como se detalla adicionalmente a continuación, las dos tramas redundantes son idénticas originalmente excepto por algún identificador equivalente a "A" o a "B", y comprende áreas predefinidas para datos de proceso a ser proporcionados y cargados por un nodo de origen. Ambas tramas se envían por todos los nodos en el anillo hasta que son ocasionalmente retiradas. Tan pronto como la primera (23b) de las dos tramas redundantes alcanza un nodo de origen (4), este último insertará los datos de proceso relevantes a ser publicados, tales como los Valores Muestreados de acuerdo con IEC 61850, en la trama, y enviarán la trama cargada o incrementada (24b) al nodo vecino más próximo. Esto mismo se aplica a la segunda trama redundante (23a) que alcanza el nodo de origen en un momento posterior. En la Fig. 2, las dos tramas redundantes cargadas (24a, 24b) que incluyen los datos de proceso desde el nodo de origen son marcadas con una sintaxis indicativa de los datos de proceso añadidos. Finalmente el nodo de destino (2) lee y procesa los datos desde la primera (24b) de las dos tramas redundantes cargadas que llegan al nodo de destino y descarta los datos de la trama segunda o posterior (24a) de acuerdo con los principios desarrollados por el Protocolo de Redundancia Paralelo (norma IEC 62439). Para permitir que el nodo de destino diga si el campo de contenido útil del nodo de origen está vacío o no, el campo de contenido útil puede comprender un campo de cabecera específico, o el campo de contenido útil "vacío" puede estar cargado previamente con una secuencia de bits sin significado.

Los paquetes se descartan o eliminan por el originador del paquete, es decir el nodo maestro. Se ha de tener cuidado para no poner en peligro la redundancia mediante la eliminación de tramas cargadas que podían ser aún las primeras tramas en un nodo de destino particular. En otras palabras, la eliminación de cada trama después de que haya circulado una única vez en el anillo podría ser prematura, mientras que la espera a que la trama complete una segunda vuelta a través del anillo representa el lado seguro.

La Fig. 3 muestra una trama redundante RT-HSR de acuerdo con la invención. Como en el protocolo HSR original la trama comienza con un preámbulo (101), seguido por la dirección MAC de destino (102) que indica el carácter de difusión múltiple de la trama en lugar de la identificación de un único nodo de destino y se sigue por la dirección MAC de origen (103) que identifica el nodo maestro como el originario de la trama dentro de la misma subred. El siguiente campo (104), en la posición 12 de la trama, es una etiqueta HSR que consiste en, por ejemplo, seis bytes e incluye un valor específico (0x88) indicativo del hecho de que la trama presente obedece al protocolo HSR, un trayecto, un tamaño de la trama y un número de secuencia. El campo 105, en la posición 18, indica las propiedades en tiempo real de la trama y realmente apunta a la enmienda al protocolo HSR original como se presenta por la presente invención. El campo 106 es indicativo de un número de secuencia o identificador que se requiere en caso de que el nodo maestro envíe una secuencia de pares de tramas redundantes. Finalmente, comenzando en la posición 21, se siguen los campos de contenido útil 107 asignados a los varios modos de la red. Cada campo de contenido útil (107-1 a 107-n) se reserva o asigna previamente a un nodo de origen específico (1 a n) y se identifica por una dirección o posición interior de la trama correspondiente. La trama se finaliza por el campo 108 que incluye una secuencia de comprobación de la trama tal como una Comprobación de Redundancia Cíclica CRC.

Si el número de nodos en el anillo excede la capacidad de contenido útil de una única trama, se genera una secuencia de pares de tramas redundantes por el nodo maestro, estando identificados los pares por el número de secuencia o desplazamiento en el campo 106. Este campo tiene una longitud predeterminada de 2 bytes y por ello permite secuencias de hasta 65.536 pares. En consecuencia, el área designada de un nodo de origen particular incluye tanto el número de secuencia como la localización de la memoria o posición dentro de la trama.

El número de mensajes requeridos para permitir que cada nodo envíe datos de proceso depende del número de nodos y del tamaño de los datos enviados por cada nodo. Para el caso específico de datos SMV, la edición ligera 9-2 define una trama específica del protocolo de 150 bytes, lo que significa que se pueden asignar 10 áreas preasignadas diferentes por trama redundante que tenga un tamaño de trama Ethernet estándar de 1526 bytes. Si un anillo de ejemplo comprende 27 nodos, es decir 27 unidades de combinación, el maestro lanza 3 pares de tramas RT-HSR vacías a la frecuencia requerida por el protocolo IEC 61850 9-2 (es decir 4 kHz o 12 kHz para Europa).

Desde un punto de vista del rendimiento, el RT-HSR garantiza acceso a la red a cada nodo sin incremento de la carga de tráfico. Cuando se considera un ejemplo de anillo de 20 nodos y si 10 de los nodos son unidades de

combinación que proporcionan datos SMV (tramas de 150 bytes a 14 kHz de acuerdo con 9-2 ligera) y 10 son IED, la carga de la red cuando se usa el HSR es de $10 \times 4,5 \text{ Mbits/s} \times 2 = 90 \text{ Mbits/s}$, en tanto es igual a $2 \times 45 \text{ Mbits/s} = 90 \text{ Mbits/s}$ cuando se usa RT-HSR. Desde un punto de vista del tiempo real, cada nodo puede comunicar con cualquier otro en menos de $(N-2) \times RD$, siendo N el número de nodos en el anillo y siendo RD el retardo de permanencia de una trama en el nodo. Con un anillo de 20 nodos y un retardo de permanencia de 320 nanosegundos (suponiendo una red de 100 Mbits/s y una técnica de corte en el envío implementada en cada nodo después de 32 bits), el retardo máximo es $18 \times 320 \text{ nanosegundos} = 5,7 \text{ microsegundos}$.

Lista de símbolos de referencia

10	1-6	nodos de conmutación
	7	nodos de conmutación al exterior del anillo
	8a, 8b, 8c	nodos no del anillo
	10	elemento de conmutación
15	11a, 11b	puertos de comunicación
	21 a-24a	trama circulando en la dirección A
	21b-24b	trama circulando en la dirección B
	101-108	campos de una trama RT-HSR

20

REIVINDICACIONES

1. Un método de transmisión de datos en una red de comunicación del tipo anillo con un nodo maestro (1), un nodo de origen (4) y un nodo de destino (2) conectados a los respectivos primer (2; 5; 3) y segundo (5; 3; 1) nodos vecinos de la red de comunicación, comprendiendo el método
- el envío, por el nodo maestro (1), de una primera y una segunda tramas redundantes (23a, 23b) de un par de tramas redundantes al primer (2) y al segundo (5) nodo vecino del nodo maestro, respectivamente, **caracterizado por que** el método comprende
 - la inserción, por el nodo de origen (4), de datos de proceso idénticos en un campo predeterminado (107-4) de cada una de las dos tramas redundantes (23a, 23b) del par de tramas redundantes y el envío de las tramas redundantes cargadas (24a, 24b) que incluyen dichos datos de proceso al primer (5) y al segundo (3) nodos vecinos del nodo de origen, respectivamente,
 - la extracción, por el nodo de destino (2), de los datos de proceso de una primera trama redundante cargada (24b) recibida por el nodo de destino.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende
- el envío, por el nodo de destino (2), de las dos tramas redundantes (24a, 24b) del par y
 - la eliminación, por el nodo maestro (1), de las dos tramas redundantes (23a, 23b) y/o las dos tramas redundantes cargadas (24a, 24b) del par.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende
- el envío, por el nodo maestro (1), de la primera y segunda tramas redundantes de una pluralidad de pares de tramas redundantes al primer (2) y al segundo (5) nodo vecino del nodo maestro, respectivamente, en el que dos pares redundantes distintos incluyen campos de contenido útil (107) para nodos de origen distintos.
4. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que la red de comunicación del tipo anillo es parte de un sistema de Automatización de Subestaciones SA para una subestación de alta o media tensión de un sistema eléctrico, comprendiendo el método
- la inserción, por el nodo de origen, de datos de proceso que incluyen los datos de Valores Medidos Muestreados SMV proporcionados al nodo de origen por un sensor de intensidad o tensión conectado a la subestación.
5. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que un nodo (2-5) en el anillo se sincroniza con el nodo maestro (1) en base a la recepción sucesiva de una trama redundante (23a, 23b) del par de tramas redundantes.
6. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el nodo maestro (1) es un nodo maestro primario y en el que se conecta un nodo maestro de reserva al anillo de comunicación, comprendiendo el método
- la detección, por el nodo maestro de reserva, de un fallo del nodo maestro primario y el envío, por el nodo maestro de reserva, de una primera y una segunda tramas redundantes a los nodos vecinos del nodo maestro de reserva.
7. Una red de comunicación del tipo anillo con un nodo maestro (1), un nodo de origen (4) y un nodo de destino (2) conectados a los respectivos primer (2; 5; 3) y segundo (5; 3; 1) nodos vecinos de la red de comunicación, respectivamente, en la que
- el nodo maestro (1) está adaptado para generar y enviar una primera y una segunda tramas redundantes (23a, 23b) de un par de tramas redundantes al primer (2) y al segundo (5) nodo vecino del nodo maestro, respectivamente, **caracterizada por que**
 - el nodo de origen (4) está adaptado para insertar datos de proceso idénticos en un campo predeterminado (107-4) de cada una de las dos tramas redundantes (23a, 23b) del par de tramas redundantes y para enviar las tramas redundantes cargadas (24a, 24b) que incluyen dichos datos de proceso al primer (5) y al segundo (3) nodos vecinos del nodo de origen, respectivamente,
 - el nodo de destino (2) está adaptado para extraer los datos de proceso de una primera trama redundante cargada (24b) recibida por el nodo de destino.
8. La red de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizada por que** el nodo maestro (1) es un nodo maestro primario y **por que** se conecta un nodo maestro de reserva a la red de comunicación y se adapta para detectar activamente un fallo del nodo maestro primario.

Fig. 1

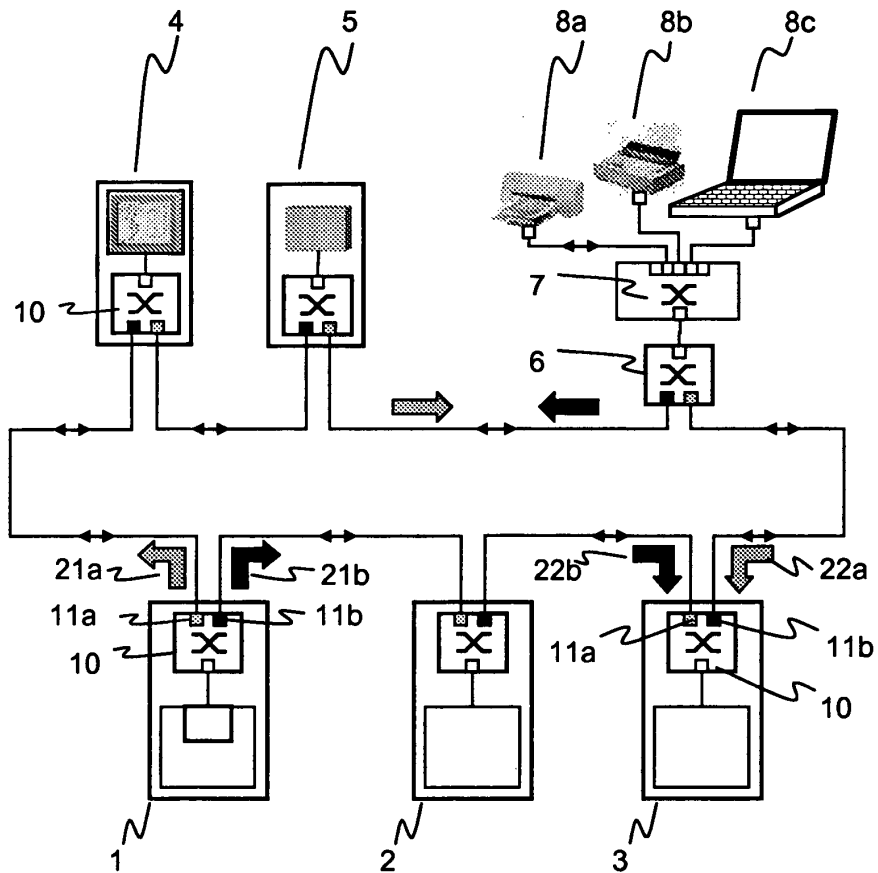


Fig. 2

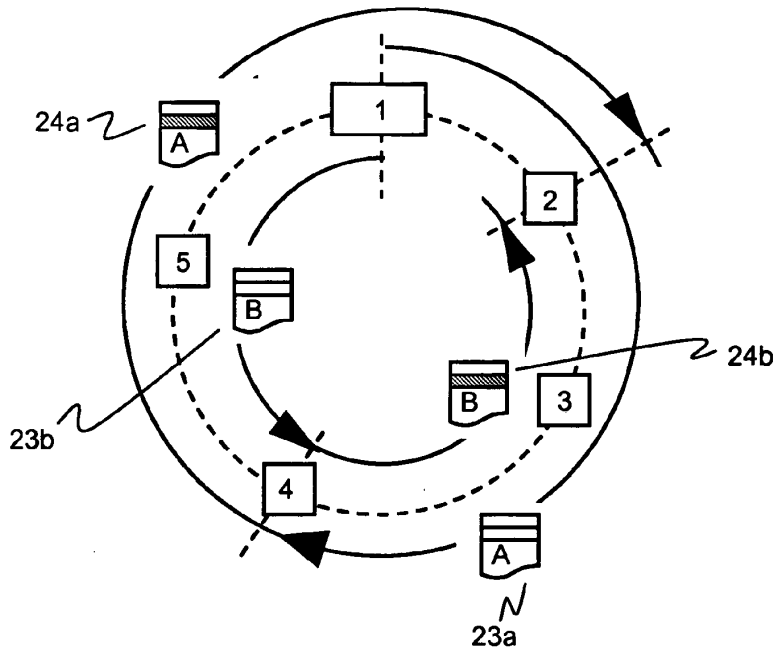


Fig. 3

