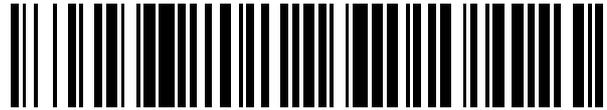


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 579**

51 Int. Cl.:

H04L 12/823 (2013.01)

H04L 12/939 (2013.01)

H04B 1/74 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2012 E 12166109 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 2661023**

54 Título: **Aparato de comunicación para una red de comunicación industrial que puede hacerse funcionar de forma redundante y procedimiento para hacer funcionar una red de comunicación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.03.2015

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**ANGST, HERMANN;
GÖTZ, FRANZ-JOSEF;
KASPER, MICHAEL y
LOHMEYER, JOACHIM**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 532 579 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

Aparato de comunicación para una red de comunicación industrial que puede hacerse funcionar de forma redundante y procedimiento para hacer funcionar una red de comunicación.

5 En los sistemas de automatización industriales distribuidos es necesario asegurar, en el caso de una detección, valoración y transmisión de datos de medición y control, que se presenten en tiempo real unos datos completos e invariables en especial en procesos de producción industriales críticos. Las variaciones intencionadas, no intencionadas o provocadas por un fallo técnico deben evitarse, ya que esto dentro de un sistema de automatización industrial puede conducir a unos estados de sistema inconsistentes y averías del sistema, con unos periodos de parada económicamente perjudiciales.

10 Un sistema de automatización industrial comprende habitualmente un gran número de aparatos de automatización integrados en red entre sí a través de una red de comunicación industrial y se usa, en el marco de una automatización de fabricación o proceso, para controlar o regular instalaciones, máquinas o aparatos. A causa de las condiciones marco críticas en sistemas técnicos automatizados mediante sistemas de automatización industriales se utilizan en las redes de comunicación industriales, para la comunicación ente aparatos de comunicación, sobre todo
15 protocolos de comunicación en tiempo real como Profinet, Profibus o Real-Time-Ethernet.

Las interrupciones de conexiones de comunicación entre unidades de ordenador de un sistema de automatización industrial o aparatos de automatización pueden conducir a una repetición indeseada o innecesaria de una transmisión de una solicitud de servicio. Esto causa una carga adicional de conexiones de comunicación del sistema de automatización industrial, lo que puede conducir a perturbaciones o fallos del sistema adicionales. Una
20 problemática especial se produce en sistemas de automatización industriales regularmente a causa de un tráfico de información con relativamente muchos, aunque relativamente cortos mensajes, con lo que se refuerzan los problemas anteriores.

Para poder compensar averías en conexiones o aparatos de comunicación se han desarrollado protocolos de comunicación como Media Redundancy Protocol, High-availability Seamless Redundancy o Paralell Redundancy
25 Protocol para redes de comunicación industriales de alta disponibilidad y que pueden hacerse funcionar de forma redundante. El Media Redundancy Protocol (MSR) está definido en el estándar IEC 62439 y hace posible una compensación de averías de conexión aisladas en redes con una topología anular sencilla, en el caso de una transmisión de paquetes de datos redundante afectada por irregularidades. De forma correspondiente, al Media Redundancy Protocol está asociado a un conmutador con dos puertos dentro de la topología anular un gestor de redundancia, que vigila las averías de conexión en la red y, dado el caso, aplica una medida de conmutación para una ciclización. En el estado de funcionamiento normal el gestor de redundancia comprueba, con base en paquetes
30 de datos de prueba, si dentro de la topología anular se ha producido una interrupción. Sin embargo el conmutador asociado al gestor de redundancia normalmente no transmite los paquetes de datos con datos útiles desde un puerto al otro puerto. De este modo se impide que circulen permanentemente dentro de la topología anular paquetes de datos con datos útiles. Si dentro de la topología anular se avería un conmutador o una conexión, los paquetes de datos de prueba enviados desde un puerto ya no se reciben en el otro puerto respectivo. Con base a esto el gestor de redundancia puede reconocer una avería y transmite, en caso de avería, paquetes de datos con datos útiles, a diferencia del estado de funcionamiento normal, desde un puerto al otro puerto y a la inversa. Aparte de esto el gestor de redundancia provoca una información del conmutador habitual sobre una variación de tipología causada
35 por la avería. De este modo se evita que se transmitan paquetes de datos a través de la conexión averiada.

Los procedimientos de redundancia de medio afectados por irregularidades pueden materializarse básicamente con una complejidad relativamente reducida. Sin embargo, existe el inconveniente de que, por un lado, pueden perderse
40 informaciones en caso de error y, por otro lado, durante una reconfiguración de una red de comunicación se presenta en primer lugar un estado de perturbación. Un estado de perturbación de este tipo tiene que protegerse mediante un protocolo de comunicación superpuesto, por ejemplo mediante TCP/IP en el plano de capa de conmutación o transporte, para evitar una interrupción de una conexión de comunicación.

También PROFINET (IEC 61158 Type 10) es una referencia de Media Redundancy Protocol como procedimiento de redundancia de medio afectado por irregularidades dentro de una red de comunicación con topología anular. La Media Redundancy Planned Duplication (MRPD) representa por el contrario una ampliación para una transmisión sin
50 irregularidades de datos en tiempo real isocrónicos. En el caso de Media Redundancy Planned Duplication no se trata sin embargo de un procedimiento de redundancia de medio sin irregularidades de aplicación neutra, sino de una ampliación específica de PROFINET.

La High-availability Seamless Redundancy (HSR) y el Parallel Redundancy Protocol (PRP) están definidos en el estándar IEC 62439-3 y hacen posible una transmisión redundante sin irregularidades de paquetes de datos con
55 unos tiempos de recuperación extremadamente cortos. De forma correspondiente a la High-availability Seamless Redundancy y al Parallel Redundancy Protocol, cada paquete de datos se duplica mediante un aparato de comunicación emisor y se envía, por dos vías diferentes, a un receptor. Mediante un aparato de comunicación en el

lado del receptor se extraen por filtrado, desde una corriente de datos recibida, unos paquetes de datos redundantes que representan duplicados.

En el documento DE 10 2008 017 192 A1 se describe un procedimiento para estructurar una red, que comprende un primer abonado de red con una serie de puertos. Estos puertos están conectados a puertos de otros abonados de red de la red. En un primer paso de procedimiento se conmutan los puertos asociados al primer abonado de red en un primer modo de funcionamiento. En el primer modo de funcionamiento pueden recibirse y enviarse telegramas de prueba a través de los puertos asociados al primer abonado de red. Aparte de esto, los puertos asociados al primer abonado de red se conmutan a un segundo modo de funcionamiento, en el caso de que el primer abonado de red no reciba ningún telegrama de prueba de los telegramas de prueba enviados. En el segundo modo de funcionamiento se transmiten los telegramas, que son recibidos a través de uno de los puertos asociados al primer abonado de red, a través de los puertos restantes. De este modo puede evitarse la formación de bucles de red durante una integración en red o ampliación de redes complejas.

En el documento EP 2 282 452 A1 se describe un procedimiento para la transmisión de datos dentro de una red de comunicación anular, en el que la transmisión de datos se realiza a través de High-availability Seamless Redundancy y la red de comunicación comprende al menos un nodo maestro, un nodo fuente y un nodo destino. Cada nodo presenta una primera y una segunda interfaz de comunicación con un respectivo primer y segundo nodo vecino. Además de esto, cada nodo recibe marcos de datos a través de la primera interfaz de comunicación y transmite el marco de datos recibido, modificado o sin modificar, a través de la segunda interfaz de comunicación sin un retraso adicional. El nodo maestro envía un primer y un segundo marco de datos redundante o un paquete de datos vacío a su primer o segundo nodo vecino. Al recibir los dos marcos de datos redundantes, el nodo fuente llena el marco de datos respectivo en un sector reservado predeterminado con datos de proceso. A continuación se transmite cada marco de datos llenado de forma inmediata e individual al primer o segundo nodo vecino del nodo fuente. El nodo destino extrae finalmente los datos de proceso desde el primer marco de datos llenado, recibido de una pareja de marcos de datos redundantes.

En el documento EP 2 343 857 A1 se describe un nodo de red para una red de comunicación, que comprende una primera red parcial y una segunda red parcial conectada a la primera red parcial. Mientras que en la primera red parcial se realiza una transmisión de datos de forma correspondiente a un protocolo de árbol de expansión, para la transmisión de datos en la segunda red parcial se utiliza un segundo protocolo, que se diferencia del protocolo utilizado en la primera red parcial. El nodo de red descrito en el documento EP 2 343 857 A1 se diseña como un elemento para la segunda red parcial y para la comunicación dentro de la segunda red parcial. Aparte de esto el nodo de red se diseña, mediante una función de árbol de expansión, como un nodo principal de árbol de expansión para el control y el mando de la segunda red parcial. Por medio de esto la segunda red parcial puede tratarse como nodo de red virtual, mediante el protocolo de árbol de expansión utilizado en la primera red parcial.

Del documento EP 2 413 538 A1 se conoce un procedimiento para la comunicación redundante en un sistema de comunicación, que comprende varias redes de comunicación. Las redes de comunicación están conectadas entre sí a través de al menos un nodo de acoplamiento. Se impide una retransmisión de datos que proceden de una primera red de comunicación, a causa de una información definida antes de la transmisión de datos, desde una segunda red de comunicación de vuelta hasta la primera red de comunicación.

En el documento US 400 718 B1 se describe un procedimiento para la transmisión de datos redundante, en el que un enlace de datos ATD activo (asynchronous transfer mode) se conmuta sin irregularidades, es decir fundamentalmente sin interrupción durante un periodo de reconfiguración, a un enlace de datos ATM de reserva o reposo. Durante un proceso de conmutación se mantiene la velocidad de transmisión de datos (available bit rate) mediante una memoria tampón interna del conmutador.

La presente invención se ha impuesto la tarea de indicar un aparato de comunicación para una red de comunicación industrial que puede hacerse funcionar de forma redundante, que haga posible por un lado la evitación de cortes de conexión en aplicaciones críticas y, por otro lado, un tratamiento de redundancia con complejidad reducida en aplicaciones no críticas, así como un procedimiento para hacer funcionar un aparato de comunicación de este tipo.

Esta tarea es resuelta conforme a la invención mediante un aparato de comunicación con las características indicadas en la reivindicación 1 y mediante un procedimiento con las particularidades indicadas en la reivindicación **11**. En las reivindicaciones subordinadas se indican unos perfeccionamientos ventajosos de la presente invención.

El aparato de comunicación conforme a la invención para una red de comunicación industrial que puede hacerse funcionar de forma redundante comprende al menos una primera y una segunda unidad de emisión y recepción, que presentan en cada caso una interfaz para una conexión de red de la red de comunicación industrial. Ambas unidades de emisión y recepción presentan una dirección de red idéntica y un identificador de aparato idéntico. A la primera y segunda unidad de emisión y recepción está unida una unidad de tratamiento de señales, para una transmisión de datos sin irregularidades dentro de la red de comunicación industrial. La unidad de tratamiento de

señales presenta una unidad multiplexora para la transmisión paralela de los paquetes de datos a enviar a ambas unidades de emisión, así como una unidad de tratamiento de redundancia para tratar los paquetes de datos recibidos por ambas unidades de recepción. **Aparte de esto está prevista al menos una conexión de red para un aparato de automatización, conectada a la unidad de tratamiento de señales a través del elemento de**

5 **acoplamiento.** Un paquete de datos puede ser por ejemplo un marco en el plano de la capa de protección, un paquete en el plano de la capa de conmutación o un segmento en el plano de la capa de transporte. La unidad de tratamiento de redundancia comprende una unidad de filtro, que está diseñada para la detección de paquetes de datos redundantes recibidos.

10 Además de esto la primera o segunda unidad de emisión y recepción está diseñada conforme a la invención tanto para una transmisión de datos afectada por irregularidades como para una sin irregularidades, dentro de la red de comunicación industrial, y puede conmutarse selectivamente a un modo de transmisión afectado por irregularidades o sin irregularidades. **Con ello sólo en el modo de transmisión sin irregularidades se duplica cada paquete de datos mediante un aparato de comunicación emisor y se envía a un receptor por dos vías diferentes.** A la primera o segunda unidad de emisión y recepción está unida una unidad de valoración, que está diseñada para la detección de paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades dentro de la red de comunicación industrial. Con ello un paquete de datos afectado por irregularidades o sin irregularidades presenta, en al menos un campo de datos predeterminado, una caracterización para un modo de transmisión respectivo. Asimismo la unidad de tratamiento de redundancia y la unidad de filtro están desactivadas durante la detección de un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades. **La unidad de tratamiento de redundancia está diseñada para una transmisión sin almacenamiento intermedio de paquetes de datos recibidos por ambas unidades de recepción. De este modo puede prescindirse de una regulación completa, hasta ahora habitual, de paquetes de datos recibidos mediante la unidad de tratamiento de señales o la unidad de tratamiento de redundancia, incluyendo la gestión de paquetes de datos con almacenamiento intermedio.** Aparte de esto a la

15

20

25 una primera o segunda unidad de emisión y recepción está asociada una unidad de memoria, que está diseñada para una regulación de al menos un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades, durante un periodo de tiempo prefijado, en el modo de transmisión afectado por irregularidades.

30 En total el aparato de comunicación conforme a la invención hace posible, mediante una capacidad de conmutación selectiva a un modo de transmisión afectado por irregularidades y a uno sin irregularidades, por un lado impedir un excesivo retraso de informaciones críticas a transmitir sin irregularidades, en especial en el caso de una elevada carga de red. Por otro lado la unidad de memoria puede dimensionarse más pequeña para regular paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades, mediante una división en paquetes de datos a transmitir sin irregularidades y afectados por irregularidades.

35 El aparato de comunicación conforme a la invención puede ser por ejemplo, como módulo de comunicación, un componente de un aparato de automatización modular para controlar o regular instalaciones, máquinas o aparatos. Un aparato de automatización modular de este tipo puede alojar, aparte de un módulo de comunicación, uno o varios módulos adicionales o de función, para aportar o ampliar funciones del aparato de automatización. Los módulos adicionales o de función de esta clase pueden ser por ejemplo módulos de entrada/salida, módulos de abastecimiento de energía o bien un módulo de mando central. Con ello las instalaciones, máquinas o los aparatos a controlar o regular pueden estar unidos a módulos de entrada/salida, módulos de comunicación o a un módulo de mando central. Un módulo de mando central puede ser con ello en especial un componente fijo de un aparato de automatización modular. Aparte de esto, un aparato de automatización modular puede comprender también unas unidades de control designadas como periféricos descentralizados, permutados o dispuestos próximos al proceso.

40

45 Para conexiones de comunicación entre los módulos adicionales o de función de un aparato de automatización modular puede estar prevista por ejemplo una pletina de bus, para la transmisión de datos en serie o en paralelo. Los módulos adicionales o de función están fijados ventajosamente de forma desmontable al aparato de automatización. En cuanto se fija un módulo adicional o de función a la pletina de bus, éste puede responder a otros módulos adicionales o de función a través de la placa de bus, de forma preferida en tiempo real.

50 El aparato de comunicación conforme a la invención puede estar configurado y diseñado para una utilización tanto en redes alámbricas como inalámbricas. El aparato de comunicación conforme a la invención puede presentar una interfaz Ethernet, una interfaz WLAN, una interfaz para una red HART o una red WirelessHART o una interfaz para un sistema de bus de campo, como Profinet o Profibus.

55 De forma correspondiente a un perfeccionamiento ventajoso del aparato de comunicación conforme a la invención, la unidad de tratamiento de señales está diseñada para la adjudicación de un número secuencial a un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades, respectivamente la adición de una información redundante a un paquete de datos a transmitir sin irregularidades, solamente en el caso de detectarse un paquete de datos a transmitir sin irregularidades. De este modo puede evitarse específicamente, en el caso de unos paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades, una complejidad de tratamiento necesaria para un tratamiento de redundancia en el caso de unos paquetes de datos a transmitir sin irregularidades. De forma correspondiente a esto,

la unidad de tratamiento de redundancia está diseñada de forma preferida para un filtrado de duplicado solamente en el caso de un paquete de datos a transmitir sin irregularidades.

La red de comunicación industrial presenta, de forma correspondiente a una configuración preferida de la presente invención una topología anular. Aparte de esto en este caso está prevista una unidad de vigilancia y control, que está diseñada para detectar una interrupción dentro de la tipología anular con base en paquetes de datos de prueba enviados. Además de esto, la unidad de vigilancia y control está diseñada ventajosamente para el control de una transmisión de paquetes de datos con datos útiles, que están dirigidos a una primera conexión de la primera o segunda unidad de emisión y recepción, a una segunda conexión de la primera o segunda unidad de emisión y recepción. De esta forma pueden materializarse con poca complejidad unos procedimientos de tratamiento de redundancia para paquetes de datos a transmitir sin interrupciones.

Los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades están caracterizados, de forma correspondiente a una configuración especialmente preferida del aparato de comunicación conforme a la invención, por un registro respectivo en un campo EtherType de un marco de datos Ethernet. Esto hace posible una detección fiable y sencilla de paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades así como su tratamiento correspondiente. Aparte de esto, una caracterización de un paquete de datos como a transmitir afectado por irregularidades o sin irregularidades puede depender de un protocolo de comunicación a aplicar en cada caso en el plano de la capa de protección. Esto hace posible una división sencilla y rápida en paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades y sin irregularidades. De forma preferida la prioridad de paquetes de datos a transmitir sin irregularidades es superior a la de paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades. Por medio de esto se reduce ulteriormente el riesgo de una transmisión retardada de un paquete de datos a transmitir sin irregularidades. Se obtiene una aplicación especialmente no problemática si a los paquetes a transmitir sin irregularidades se asocia en cada caso un tag VLAN con prioridad 6, de forma correspondiente al estándar IEEE 802.1Q.

De forma correspondiente a otra configuración ventajosa del aparato de comunicación conforme a la invención, la unidad de tratamiento de señales está unida a través de una primera y una segunda interfaz al elemento de acoplamiento. En este caso la primera interfaz está prevista para una transmisión de paquetes de datos recibidos mediante la primera unidad de recepción, mientras que la segunda interfaz está prevista para una transmisión de paquetes de datos recibidos mediante la segunda unidad de recepción. La unidad de tratamiento de redundancia comprende de forma preferida adicionalmente una unidad de caracterización, que está diseñada para añadir un indicador de redundancia a un paquete de datos redundante recibido.

De forma correspondiente al procedimiento conforme a la invención para hacer funcionar un aparato de comunicación en una red de comunicación industrial redundante, el aparato de comunicación comprende al menos una primera y una segunda unidad de emisión y recepción, que en cada caso presentan una interfaz para una conexión de red de la red de comunicación industrial. Con ello ambas unidades de emisión y recepción presentan una dirección de red idéntica y un identificador de aparato idéntico. A la primera y segunda unidad de emisión y recepción está unida una unidad de tratamiento de señales para una transmisión de datos sin irregularidades dentro de la red de comunicación industrial, que transmite los paquetes de datos a enviar a ambas unidades de emisión y detecta los paquetes de datos redundantes recibidos por las unidades de recepción. **Aparte de esto está prevista al menos una conexión de red, conectada a través de un elemento de acoplamiento a la unidad de tratamiento de datos, para un aparato de automatización.**

Además de esto la primera o segunda unidad de emisión y recepción transmite, de forma correspondiente al procedimiento conforme a la invención, unos paquetes de datos dentro de la red de comunicación industrial a elección afectados por irregularidades o sin irregularidades y se conmuta, selectivamente, a un modo de transmisión afectado por irregularidades o sin irregularidades. **Sólo en el modo de transmisión sin irregularidades se duplica cada paquete de datos mediante un aparato de comunicación emisor y se envía a un receptor por dos vías diferentes.** A la primera o segunda unidad de emisión y recepción está unida una unidad de valoración, que detecta los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades dentro de la red de comunicación industrial. Con ello un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades o sin irregularidades presenta, en al menos un campo de datos predeterminado, una caracterización para un modo de transmisión respectivo, que se valora mediante la unidad de valoración. Asimismo se desactivan una unidad de tratamiento de redundancia, para el tratamiento de paquetes de datos recibidos por ambas unidades de recepción, y una unidad de filtro para la detección de paquetes de datos redundantes recibidos, durante la detección de un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades. **La unidad de tratamiento de redundancia transmite sin almacenamiento intermedio los paquetes de datos recibidos por ambas unidades de recepción al elemento de acoplamiento. De este modo puede prescindirse de una regulación completa de paquetes de datos recibidos mediante la unidad de tratamiento de señales o la unidad de tratamiento de redundancia.** Aparte de esto a la primera o segunda unidad de emisión y recepción está asociada una unidad de memoria, que regula al menos un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades, durante un periodo de tiempo prefijado, en el modo de transmisión afectado por irregularidades.

El procedimiento conforme a la invención reduce de este modo, por un lado, retrasos de informaciones críticas a transmitir sin irregularidades. Por otro lado puede utilizarse una unidad de memoria de dimensiones menores para regular paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades.

5 La unidad de tratamiento de señales adjudica de forma preferida un número secuencial al paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades, sólo si se detecta un paquete de datos a transmitir sin irregularidades, respectivamente añade una información de redundancia al paquete de datos a transmitir sin irregularidades. De forma correspondiente a esto la unidad de tratamiento de redundancia filtra, de forma correspondiente a otra configuración del procedimiento conforme a la invención, duplicados de paquetes de datos redundantes recibidos sólo si se detecta un paquete de datos a transmitir sin irregularidades.

10 La red de comunicación industrial puede presentar por ejemplo una topología anular. En este caso está prevista ventajosamente una unidad de vigilancia y control, que detecta una interrupción dentro de la tipología anular con base en paquetes de datos de prueba enviados. Además de esto, la unidad de vigilancia y control puede activar en una segunda conexión de la primera o segunda unidad de emisión y recepción una transmisión de paquetes de datos con datos útiles, que están dirigidos a una primera conexión de la primera o segunda unidad de emisión y recepción.

15 Los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades se caracterizan, de forma correspondiente a un perfeccionamiento ventajoso del procedimiento conforme a la invención, mediante un registro respectivo en un campo Ethertype de un marco de datos Ethernet. Por ejemplo pueden caracterizarse paquetes de datos como a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades en función de un protocolo de comunicación a aplicar en cada caso en el plano de la capa de protección. Asimismo a los paquetes de datos a transmitir sin irregularidades puede asignarse una prioridad superior a la de los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades. Esto produce un menor riesgo de una transmisión retardada de un paquete de datos a transmitir sin irregularidades.

20 De forma correspondiente a otra configuración del procedimiento conforme a la invención, la unidad de tratamiento de redundancia comprende una unidad de caracterización, que en cada caso añade un indicador de redundancia a los paquetes de datos redundantes recibidos.

La presente invención se explica con más detalle a continuación, con un ejemplo de ejecución con base en el dibujo. Aquí muestra la

30 figura una representación esquemática de un aparato de comunicación par una red de comunicación industrial que puede hacerse funcionar de forma redundante.

En la figura se ha representado una red de comunicación industrial 2 que, aparte de un aparato de comunicación 1 que se describe a continuación en detalle, comprende varios nodos de red 51-55 conectados entre sí en una estructura anular a través de unas conexiones de red 211-216. Entre estos puede contarse por ejemplo un nodo de red 54, que está asociado a un sistema SCADA (supervisory control and data acquisition) de un sistema de automatización de fabricación o proceso industrial.

35 El aparato de comunicación 1 para una red de comunicación industrial 2 que puede hacerse funcionar de forma redundante comprende una primera 11 y una segunda unidad de emisión y recepción 12, que presentan en cada caso una interfaz para una conexión de red 211, 212 de la red de comunicación industrial 2. Ambas unidades de emisión y recepción 11, 12 presentan una dirección de red idéntica y una dirección MAC idéntica. A la primera y segunda unidad de emisión y recepción 11, 12 está unida una unidad de tratamiento de señales 13, materializada mediante un Field Programmable Gate Array (FPGA), dentro de la red de comunicación industrial 2. La unidad de tratamiento de señales 13 presenta una unidad multiplexora 131 para una transmisión de datos sin irregularidades, para la transmisión paralela de los paquetes de datos a enviar a ambas unidades de emisión 11, 12, así como una unidad de tratamiento de redundancia 132 para tratar los paquetes de datos 40, 41 recibidos por ambas unidades de recepción 11, 12. La unidad de tratamiento de redundancia 132 comprende una unidad de filtro 133, que está diseñada para la detección de paquetes de datos redundantes recibidos.

40 La primera y segunda unidad de emisión y recepción 11, 12 están diseñadas para una transmisión de datos afectados por irregularidades o sin irregularidades, a elección, dentro de la red de comunicación industrial 2 y pueden conmutarse selectivamente, mediante una unidad de selección de modo de funcionamiento 137 asociada a la unidad de tratamiento de señales 13, a un modo de transmisión afectado por irregularidades o sin irregularidades. A la unidad de tratamiento de señales 13 está asociada además una unidad de valoración 138, que detecta paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades dentro de la red de comunicación industrial 2. Con ello un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades o sin irregularidades presenta, en al menos un campo de datos predeterminado, una caracterización para un modo de transmisión respectivo, que se
55 valora mediante la unidad de valoración 138.

Los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades están caracterizados por un registro respectivo en un campo Ethertype de un marco de datos Ethernet. Los paquetes de datos se caracterizan de forma preferida, en función de un protocolo de comunicación a aplicar en cada caso en el plano de la capa de protección (plano 2 correspondiente al modelo de comunicación ISO/OSI), como a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades. Para evitar retrasos de transmisión se asocia a los paquetes de datos a transmitir sin irregularidades una prioridad superior a las de los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades. Por ejemplo a los paquetes a transmitir sin irregularidades se asocia en cada caso un tag VLAN con prioridad 6, de forma correspondiente al estándar IEEE 802.1Q.

En el caso de detectarse un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades se desactivan la unidad de tratamiento de redundancia 132 y la unidad de filtro 133 mediante la unidad de selección de modo de transmisión 137. La unidad de tratamiento de señales 13 comprende además una unidad de memoria 139, que para la primera y segunda unidad de emisión y recepción 11, 12 regula los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades, durante un periodo de tiempo prefijado, en el modo de transmisión afectado por irregularidades.

A la unidad de tratamiento de señales 13 está asociado en el presente ejemplo de ejecución un gestor de redundancia 130, que detecta una interrupción dentro de la topología anular de la red de comunicación 2, con base a los paquetes de datos enviados, y controla una transmisión de paquetes de datos de paquetes de datos con datos útiles, que se reciben mediante la primera unidad de emisión y recepción 11, a la segunda unidad de emisión y recepción 12. Esto se realiza por ejemplo de forma correspondiente al Media Redundancy Protocol o a un protocolo de comunicación funcionalmente comparable.

A través de un elemento de acoplamiento 14 materializado por un Backplane Switch están unidos varios aparatos de automatización 31-33 a la unidad de tratamiento de señales 13. El elemento de acoplamiento 14, que presenta un controlador 141 asociado, está unido a los aparatos de automatización 31-33 a través de en cada caso una conexión de Internet. Además de esto la unidad de tratamiento de señales 13 presenta una unidad de memoria 136, en la que está archivada una tabla (proxy node table) con datos sobre todos los aparatos de automatización 31-33 unidos al elemento de acoplamiento 14.

La unidad de tratamiento de datos 13 materializada mediante un Field Programmable Gate Array está unida al elemento de acoplamiento 14 a través de una primera y una segunda interfaz 15, 16. Con ello la primera interfaz 15 en el modo de transmisión sin irregularidades está prevista exclusivamente para una transmisión de paquetes de datos 40 recibidos mediante la primera unidad de recepción 11, mientras que la segunda interfaz 16 en el modo de transmisión sin irregularidades está prevista exclusivamente para una transmisión de paquetes de datos 41 recibidos mediante la segunda unidad de recepción 12. En el caso de una transmisión afectada por irregularidades sólo se utiliza una de las dos interfaces 15, 16. Esto se controla mediante la unidad de selección de modo de funcionamiento 137.

La unidad de tratamiento de redundancia 132 asociada a la unidad de tratamiento de señales 13 comprende una unidad de caracterización 134, que está diseñada para añadir un indicador de redundancia a un paquete de datos redundante 40, 41 recibido en el modo de transmisión sin irregularidades. En el presente ejemplo de ejecución un paquete de datos comprende al menos un marco de datos. El indicador de redundancia está formado, en el modo de transmisión sin irregularidades, por la adición de una fecha inválida en un marco de datos. Aparte de esto la unidad de tratamiento de señales 13 transmite sin almacenamiento intermedio, en el modo de transmisión sin irregularidades, paquetes de datos 40, 41 recibidos mediante ambas unidades de recepción 11, 12 al elemento de acoplamiento 14. De forma correspondiente al presente ejemplo de ejecución, en el modo de transmisión sin irregularidades no se realiza un rechazo de un paquete de datos redundante hasta llegar al elemento de acoplamiento 14.

Los paquetes de datos 40, 41 recibidos mediante ambas unidades de recepción 11, 12 se diferencian de los paquetes de datos 400, 401, transmitidos en el modo de transmisión sin irregularidades al elemento de acoplamiento 14 a través de la primera y segunda interfaz 15, 16, solamente en un duplicado, y precisamente en una fecha inválida añadida. La unidad de tratamiento de redundancia 132 filtra, solamente si se detecta un paquete de datos a transmitir sin irregularidades, duplicados de paquetes de datos redundantes recibidos. De forma correspondiente la unidad de tratamiento de señales 13 adjudica un número secuencial al paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades, sólo si se detecta un paquete de datos a transmitir sin irregularidades, y añade una información de redundancia al paquete de datos a transmitir sin irregularidades.

Básicamente es suficiente si en una unidad de memoria 135 asociada a la unidad de tratamiento de señales 13, en el modo de transmisión sin irregularidades, sólo se archivan números secuenciales de paquetes de datos ya recibidos sin fallos. Para caracterizar paquetes de datos redundantes recibidos en el modo de transmisión sin irregularidades la unidad de tratamiento de señales 13 comprueba, al recibirse un nuevo paquete de datos, sencillamente si su número secuencial coincide con un número secuencial ya archivado. Los indicadores de redundancia en los paquetes de datos recibidos, como una fecha inválida, se valoran en el modo de transmisión sin irregularidades de forma preferida mediante una unidad de detección 142, que está asociada al controlador 141 del

elemento de acoplamiento 14 y rechaza paquetes de datos con indicadores de redundancia. Esto puede realizarse por ejemplo sobre la base de una comprobación de redundancia cíclica (cyclic redundancy check).

5 Al controlador 141 del elemento de acoplamiento 14 está asociada además una unidad de conteo 143, que detecta paquetes de datos recibidos sin fallos y afectados por fallos. Una unidad de valoración 144 asociada al controlador 141 del elemento de acoplamiento 14 señala, en el caso de una diferencia situada por debajo de un valor umbral prefijable entre paquetes de datos recibidos sin fallos y afectados por fallos, un estado de red redundante sin fallos. Los paquetes de datos recibidos afectados por fallos se establecen de forma preferida mediante una comprobación de redundancia cíclica.

10 En el caso de un número creciente de paquetes de datos recibidos sin fallos y un número al mismo tiempo fundamentalmente estancado de paquetes de datos recibidos afectados por fallos, la unidad de valoración 144 señala un estado de red con pérdida de redundancia. La unidad de valoración 144 señala una avería de red en el caso de un número estancado de paquetes de datos recibidos sin irregularidades y afectados por irregularidades.

Las particularidades de los ejemplos de ejecución descritos anteriormente pueden estar materializadas tanto individualmente como en la combinación descrita entre ellas.

15

REIVINDICACIONES

1. Aparato de comunicación para una red de comunicación industrial que puede hacerse funcionar de forma redundante, con

5 - al menos una primera y una segunda unidad de emisión y recepción (11, 12), que presentan en cada caso una interfaz para una conexión de red de la red de comunicación industrial (2), en donde ambas unidades de emisión y recepción presentan una dirección de red idéntica y un identificador de aparato idéntico,

10 - una unidad de tratamiento de señales (13) unida a la primera y segunda unidad de emisión y recepción para una transmisión de datos sin irregularidades dentro de la red de comunicación industrial, en donde la unidad de tratamiento de señales presenta una unidad multiplexora (131) para la transmisión paralela de los paquetes de datos a enviar a ambas unidades de emisión, así como una unidad de tratamiento de redundancia (132) para tratar los paquetes de datos recibidos por ambas unidades de recepción, y en donde la unidad de tratamiento de redundancia comprende una unidad de filtro (133), que está diseñada para la detección de paquetes de datos redundantes recibidos,

15 - **al menos una conexión de red para un aparato de automatización (31-33), conectada a la unidad de tratamiento de señales a través de un elemento de acoplamiento (14).**

caracterizado porque

20 - la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción están diseñadas tanto para una transmisión de datos afectada por irregularidades como para una sin irregularidades, dentro de la red de comunicación industrial, y puede conmutarse selectivamente a un modo de transmisión afectado por irregularidades o sin irregularidades, **en donde sólo en el modo de transmisión sin irregularidades se duplica cada paquete de datos mediante un aparato de comunicación emisor y se envía a un receptor por dos vías diferentes.**

25 - a la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción está unida una unidad de valoración (138), que está diseñada para la detección de paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades dentro de la red de comunicación industrial, en donde un paquete de datos afectado por irregularidades o sin irregularidades presenta, en al menos un campo de datos predeterminado, una caracterización para un modo de transmisión respectivo,

- la unidad de tratamiento de redundancia y la unidad de filtro están desactivadas durante la detección de un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades,

30 - **la unidad de tratamiento de redundancia está diseñada para una transmisión sin almacenamiento intermedio de paquetes de datos, recibidos por ambas unidades de recepción, al elemento de acoplamiento.**

- a la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción está asociada una unidad de memoria (139), que está diseñada para una regulación de al menos un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades, durante un periodo de tiempo prefijado, en el modo de transmisión afectado por irregularidades.

35 2. Aparato de comunicación según la reivindicación 1, en el que la unidad de tratamiento de señales está diseñada para la adjudicación de un número secuencial a un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades, y/o la adición de una información redundante a un paquete de datos a transmitir sin irregularidades, solamente en el caso de detectarse un paquete de datos a transmitir sin irregularidades.

40 3. Aparato de comunicación según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la unidad de tratamiento de redundancia está diseñada para un filtrado de duplicado solamente en el caso de detectarse un paquete de datos a transmitir sin irregularidades.

45 4. Aparato de comunicación según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la red de comunicación industrial presenta una topología anular, y en el que está prevista una unidad de vigilancia y control (130), que está diseñada para detectar una interrupción dentro de la tipología anular con base en paquetes de datos de prueba enviados, y para el control de una transmisión de paquetes de datos con datos útiles, que están dirigidos a una primera conexión de la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción, a una segunda conexión de la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción.

5. Aparato de comunicación según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades están caracterizados por un registro respectivo en un campo Ethertype de un marco de datos Ethernet.

6. Aparato de comunicación según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que una caracterización de un paquete de datos como a transmitir afectado por irregularidades o sin irregularidades depende de un protocolo de comunicación a aplicar en cada caso en el plano de la capa de protección.
- 5 7. Aparato de comunicación según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que a los paquetes de datos a transmitir sin irregularidades se asocia una prioridad superior a la de los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades.
8. Aparato de comunicación según la reivindicación 7, en el que a los paquetes a transmitir sin irregularidades se asocia en cada caso un tag VLAN con prioridad 6, de forma correspondiente al estándar IEEE 802.1Q.
- 10 9. Aparato de comunicación según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la unidad de tratamiento de señales está unida a través de una primera y una segunda interfaz (15, 16) al elemento de acoplamiento, en donde la primera interfaz está prevista para una transmisión de paquetes de datos recibidos mediante la primera unidad de recepción, y en donde la segunda interfaz está prevista para una transmisión de paquetes de datos recibidos mediante la segunda unidad de recepción.
- 15 10. Aparato de comunicación según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la unidad de tratamiento de redundancia comprende una unidad de caracterización (134), que está diseñada para añadir un indicador de redundancia a un paquete de datos redundante recibido.
11. Procedimiento para hacer funcionar un aparato de comunicación en una red de comunicación industrial redundante, en el que
- 20 - el aparato de comunicación (1) comprende al menos una primera y una segunda unidad de emisión y recepción (11, 12), que presentan en cada caso una interfaz para una conexión de red (211, 212) de la red de comunicación industrial (2), en donde ambas unidades de emisión y recepción presentan una dirección de red idéntica y un identificador de aparato idéntico,
- a la primera y segunda unidad de emisión y recepción está unida una unidad de tratamiento de señales (13) para una transmisión de datos sin irregularidades dentro de la red de comunicación industrial, que transmite los paquetes de datos a enviar en paralelo a ambas unidades de emisión y detecta los paquetes de datos redundantes recibidos desde las unidades de recepción,
- 25 - **está prevista al menos una conexión de red para un aparato de automatización (31-33), conectada a la unidad de tratamiento de señales a través de un elemento de acoplamiento (14).**
- caracterizado porque**
- 30 - la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción transmiten a elección paquetes de datos afectados por irregularidades o sin irregularidades, dentro de la red de comunicación industrial, y se conmutan selectivamente a un modo de transmisión afectado por irregularidades o sin irregularidades, **en donde sólo en el modo de transmisión sin irregularidades se duplica cada paquete de datos mediante un aparato de comunicación emisor y se envía a un receptor por dos vías diferentes.**
- 35 - a la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción está unida una unidad de valoración (138), que detecta paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades dentro de la red de comunicación industrial, en donde un paquete de datos afectado por irregularidades o sin irregularidades presenta, en al menos un campo de datos predeterminado, una caracterización para un modo de transmisión respectivo, que se valora mediante la unidad de valoración,
- 40 - una unidad de tratamiento de redundancia (132) para tratar paquetes de datos recibidos por ambas unidades de recepción y una unidad de filtro (133) para detectar paquetes de datos redundantes recibidos, se desactivan durante la detección de un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades,
- **la unidad de tratamiento de redundancia transmite sin almacenamiento intermedio los paquetes de datos, recibidos por ambas unidades de recepción, al elemento de acoplamiento.**
- 45 - a la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción está asociada una unidad de memoria (139), que regula al menos un paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades, durante un periodo de tiempo prefijado, en el modo de transmisión afectado por irregularidades.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la unidad de tratamiento de señales adjudica un número secuencial al paquete de datos a transmitir afectado por irregularidades y/o añade una información redundante al paquete de datos a transmitir sin irregularidades, solamente en el caso de detectarse un paquete de datos a transmitir sin irregularidades.
- 5 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 ó 12, en el que la unidad de tratamiento de redundancia filtra duplicados de paquetes de datos redundantes recibidos, solamente si se detecta un paquete de datos a transmitir sin irregularidades.
- 10 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 13, en el que la red de comunicación industrial presenta una topología anular, y en el que está prevista una unidad de vigilancia y control (130), que detecta una interrupción dentro de la tipología anular con base en paquetes de datos de prueba enviados, y controla una transmisión de paquetes de datos con datos útiles, que están dirigidos a una primera conexión de la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción, a una segunda conexión de la primera y/o segunda unidad de emisión y recepción.
- 15 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 14, en el que los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades se caracterizan mediante un registro respectivo en un campo Ethertype de un marco de datos Ethernet.
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 15, en el que se caracterizan paquetes de datos como a transmitir afectados por irregularidades o sin irregularidades, en función de un protocolo de comunicación a aplicar en cada caso en el plano de la capa de protección.
- 20 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 16, en el que a los paquetes de datos a transmitir sin irregularidades se asocia una prioridad superior a la de los paquetes de datos a transmitir afectados por irregularidades.
18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 17, en el que la unidad de tratamiento de redundancia comprende una unidad de caracterización (134), que añade en cada caso un indicador de redundancia a los paquetes de datos redundantes recibidos.
- 25

