

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 443**

51 Int. Cl.:

H04L 12/42 (2006.01)
H04L 12/46 (2006.01)
H04L 12/701 (2013.01)
H04L 12/753 (2013.01)
H04L 12/40 (2006.01)
H04L 12/437 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2013** **E 13186627 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018** **EP 2854345**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de comunicaciones de acoplamiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial que puede operarse de forma redundante**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.10.2018

73 Titular/es:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Strasse 1
80333 München, DE

72 Inventor/es:
WEICHLEIN, THOMAS;
KÖPKE, ANDREAS y
STROBEL, UWE

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 686 443 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 y dispositivo de comunicaciones de acoplamiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial que puede operarse de forma redundante.

5 En sistemas de automatización industriales distribuidos, en el caso de una detección, evaluación y transmisión de datos de medición y de control, debe asegurarse que datos completos y no modificados, en particular en procesos de producción industriales críticos en cuanto al tiempo, se encuentren presentes en tiempo real. Deben evitarse modificaciones intencionales, accidentales o provocadas debido a un error técnico.

10 Usualmente, un sistema de automatización industrial comprende una pluralidad de dispositivos de automatización industriales que están conectados en red unos con otros mediante una red de comunicaciones industrial, y que en el marco de una automatización de producción o del proceso se utilizan para controlar o regular instalaciones, máquinas, o bien dispositivos. Debido a las condiciones marco críticas en cuanto al tiempo en sistemas técnicos que están automatizados mediante dispositivos de automatización industriales, en las redes de comunicaciones industriales, para la comunicación entre dispositivos de automatización se utilizan mayormente protocolos de comunicación en tiempo real, como Profinet, Profibus o Real-Time-Ethernet.

15 Se consideran extremadamente problemáticas las interrupciones de conexiones de comunicación entre unidades de ordenador de un sistema de automatización industrial o de dispositivos de automatización industrial, ya que esto, junto con una pérdida de información, puede conducir por ejemplo a una repetición no deseada o innecesaria de una transmisión de una petición de servicio. Debido a ello se provoca una carga de trabajo adicional de las conexiones de comunicaciones del sistema de automatización industrial, lo cual puede conducir a otras perturbaciones o a errores del sistema. Además, mensajes no transmitidos o transmitidos de forma incompleta, pueden impedir por ejemplo un paso o permanencia de un sistema de automatización industrial a un estado de funcionamiento seguro. 20 En el peor de los casos, puede producirse una falla de una instalación de producción completa y un estado de detención costoso de la producción. Una problemática especial se presenta en sistemas de automatización industriales formados usualmente por un tráfico de mensajes comparativamente con muchos mensajes, pero relativamente cortos, debido a lo cual se acentúan los problemas antes mencionados.

Para poder compensar fallas de conexiones de comunicación o de dispositivos de comunicaciones han sido desarrollados protocolos de comunicaciones, como el protocolo de redundancia de medios, la redundancia transparente de alta disponibilidad, el protocolo de redundancia paralela o el protocolo de árbol de expansión (rápida), para redes de comunicaciones industriales, de alta disponibilidad, que pueden operarse de forma redundante. 30

El protocolo de redundancia de medios (MRP) está definido en el estándar IEC 62439 y posibilita una compensación de fallas de conexión individuales en redes con topología de anillo simple, en el caso de una transmisión de mensajes redundante, con choques. Los procedimientos de redundancia de medios con choques pueden realizarse en principio con una inversión relativamente reducida También PROFINET (IEC 61158 tipo 10) hace referencia al 35 protocolo de redundancia de medios como procedimiento de redundancia de medios con choques dentro de una red de comunicaciones con topología de anillo.

En la solicitud EP 1 067 787 B1 se describe una red de comunicaciones basada en Ethernet con propiedades de redundancia, en donde un gestor de redundancia conectado a extremos de líneas de la red de comunicaciones, a través de mensajes de prueba, verifica un estado de la red de comunicaciones. En el caso de una interrupción de la 40 red, el gestor de redundancia conecta los extremos de las líneas, asegurando de ese modo en el rango de milisegundos un funcionamiento posterior de la red.

Por la solicitud EP 1978 687 A2 se conoce un procedimiento para la configuración de dispositivos de comunicaciones en una red de comunicaciones de anillo, en donde los dispositivos de comunicaciones están conectados unos con otros dentro de una topología lineal lógica e intercambian mensajes en correspondencia con 45 un protocolo de redundancia. Cada dispositivo de comunicaciones presenta al menos dos interfaces para la conexión a la topología lineal. Partiendo de un dispositivo de comunicaciones operado como gestor de anillo se configura una aplicación del protocolo de redundancia a través de los dispositivos de comunicaciones restantes, mediante mensajes que comprenden datos de configuración. De este modo, los mensajes se suministran desde el gestor de anillo hacia la topología lineal.

50 En la solicitud DE 10 2008 017 192 A1 se describe un procedimiento para estructurar una red que comprende un primer participante de la red con un conjunto de puertos. Dichos puertos están conectados con puertos de otros participantes de la red. En un primer paso del procedimiento, los puertos asociados al primer participante de la red se pasan a un primer modo de funcionamiento. En el primer modo de funcionamiento, mediante los puertos pueden recibirse y enviarse mensajes de prueba. En correspondencia con otro paso del procedimiento, mensajes de prueba se envían mediante los puertos asociados al primer participante de la red. Además, los puertos asociados al primer 55

participante de la red se pasan a un segundo modo de funcionamiento en el caso de que ninguno de los mensajes de prueba de los mensajes de prueba enviados sea recibido nuevamente por el primer participante de la red. En el segundo modo de funcionamiento, mensajes que son recibidos mediante uno de los puertos asociados al primer participante de la red, son reenviados mediante los puertos restantes. De ese modo puede evitarse una formación de bucles de red en el caso de una conexión en redes o de una ampliación de redes complejas.

Por la solicitud US 7 602 706 B1 se conoce un procedimiento para la transmisión de mensajes en correspondencia con el protocolo de árbol de expansión rápida (RSTP), en donde mensajes con información de topología que se determina respectivamente en base a costes de ruta más reducidos hacia un puente raíz, son adaptados de forma sucesiva y son propagados a lo largo de una topología de árbol. De este modo, cada dispositivo de comunicaciones adecua sus estados del puerto en correspondencia con información de topología recibida de forma correspondiente y calculada en base a la misma. RSTP está definido en IEEE, estándar 802.1D-2004.

En "Performance Analysis of Media Redundancy Protocol (MRP)", de A. Giorgetti et al., IEEE Transactions on Industrial Informatics, IEEE Service Center, Tomo. 9, Nº 1, S. 218-227, ISSN 1551-3203, 01.02.2013, se describe una red de comunicaciones MRP para la cual se determinan parámetros del sistema que influyen en el rendimiento. Entre esos parámetros se encuentran el tiempo de offset y el tiempo de detección física.

El objeto de la presente invención consiste en crear un procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial que puede operarse de forma redundante, el cual posibilite un acoplamiento esencialmente sin repercusiones, configurado de forma automática, de dos subredes con topología de anillo, y en proporcionar un dispositivo de comunicaciones de acoplamiento adecuado para ejecutar el procedimiento.

De acuerdo con la invención, dicho objeto se soluciona a través de un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 1, así como a través de un dispositivo de comunicaciones de acoplamiento con las características indicadas en la reivindicación 12. En las reivindicaciones dependientes se indican perfeccionamientos ventajosos de la presente invención.

De acuerdo con el procedimiento según la invención para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial que puede operarse de forma redundante, la red de comunicaciones industrial comprende al menos una primera y una segunda subred que respectivamente comprenden dispositivos de comunicaciones conectados unos con otros dentro de una topología de anillo. Los dispositivos de comunicaciones presentan respectivamente al menos un elemento de acoplamiento, así como una primera y una segunda conexión de anillo. La primera y la segunda conexión de anillo pueden conectarse una con otra de forma conmutable a través del elemento de acoplamiento. La primera y la segunda subred comprenden respectivamente al menos un dispositivo de comunicaciones con una unidad de monitoreo y de control activada. La unidad de monitoreo y de control detecta una interrupción dentro de la respectiva topología de anillo, mediante primeros mensajes de prueba enviados a través del respectivo dispositivo de comunicaciones y recibido nuevamente. Además, la unidad de monitoreo y de control controla un reenvío de mensajes con datos útiles entre las conexiones de anillo del respectivo dispositivo de comunicaciones, en función de una interrupción detectada. Los mensajes se transmiten dentro de la primera y de la segunda subred en correspondencia con el protocolo de redundancia de medios (MRP), donde la unidad de monitoreo y de control realiza en particular un gestor de redundancia. Además, un primer dispositivo de comunicaciones de acoplamiento de la primera subred y un primer dispositivo de comunicaciones de acoplamiento de la segunda subred están conectados uno con otro para un acoplamiento de subred, mientras que un segundo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento de la primera subred y un segundo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento de la segunda subred están conectados uno con otro para el acoplamiento de subred. Los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento presentan adicionalmente una conexión de acoplamiento.

De acuerdo con la invención, los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, mediante un valor característico de prioridad asociado respectivamente a los mismos, seleccionan entre sí un dispositivo de comunicaciones de acoplamiento, cuya unidad de control de acoplamiento se activa, mientras que los otros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento desactivan su unidad de control de acoplamiento. El primer dispositivo de comunicaciones de acoplamiento de la primera subred y el primer dispositivo de comunicaciones de acoplamiento de la segunda subred intercambian entre sí segundos mensajes de prueba para detectar una interrupción entre los dos primeros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, mientras que el segundo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento de la primera subred y el segundo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento de la segunda subred intercambian entre sí terceros mensajes de prueba para detectar una interrupción entre los dos segundos dispositivos de comunicaciones de acoplamiento. La unidad de control de acoplamiento activada controla un reenvío de mensajes con datos útiles desde, o bien en la conexión de acoplamiento del respectivo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento en función de una interrupción detectada entre los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento asociados al primer acoplamiento de subred. De ese modo pueden evitarse repercusiones desventajosas en el caso de un acoplamiento de las dos subredes, en particular formaciones de bucles. No es necesaria una adaptación en procedimientos de redundancia aplicados en ambas subredes.

De acuerdo con la invención, los dispositivos de comunicaciones de la primera, o bien de la segunda subred, en base a una dirección MAC del respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado para una activación de su unidad de monitoreo y de control, determinan un identificador de subred de la respectiva subred. Esto posibilita una identificación y procesamiento seguros de mensajes asociados a las subredes individuales, para el control de las comunicaciones. Además, los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, en base a los identificadores de subred de la primera y de la segunda subred, determinan un identificador de acoplamiento para el acoplamiento de subred. De este modo, sólo dispositivos de comunicaciones de acoplamiento con identificador de acoplamiento asociado idéntico se incluyen en una selección del dispositivo de comunicaciones de acoplamiento con unidad de control de acoplamiento activada.

De acuerdo con un perfeccionamiento del procedimiento según la invención, la primera, o bien la segunda subred comprenden respectivamente varios dispositivos de comunicaciones con una unidad de monitoreo y de control activable. De este modo, los dispositivos de comunicaciones con una unidad de monitoreo y de control activable, mediante un valor característico de prioridad asociado respectivamente a los mismos, seleccionan entre sí un dispositivo de comunicaciones para la respectiva subred, cuya unidad de monitoreo y de control se activa. Los otros dispositivos de comunicaciones dentro de la respectiva subred, en cambio, desactivan su unidad de monitoreo y de control. Esto posibilita una configuración simplificada de los dispositivos de comunicaciones dentro de la red de comunicaciones industrial.

Por ejemplo, el respectivo identificador de subred, a través del respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado con unidad de monitoreo y de control activada, se inserta en los primeros mensajes de prueba. Además, el respectivo identificador de subred, a través de dispositivos de comunicaciones, puede insertarse también en mensajes sobre modificaciones del estado de conexión en una de sus conexiones, o bien sobre modificaciones de topología detectadas, como notificaciones de cambio de topología MRP o notificaciones de cambio de enlace MRP.

Mediante el identificador de subred, el respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado con unidad de monitoreo y de control activada, por ejemplo entre sus conexiones de anillo, puede impedir un reenvío de primeros mensajes de prueba asociados a su subred. Además, el respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado con unidad de monitoreo y de control activada, en correspondencia con otra variante del procedimiento según la invención, en el caso la recepción de un mensaje relativo a modificaciones del estado de conexión, asociado a su subred, puede al menos dividir por la mitad un intervalo de tiempo para el envío de primeros mensajes de prueba. De ese modo pueden acelerarse una detección y una eliminación de fallos en el caso de que falle un enlace o una conexión. De manera ventajosa, el respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado con unidad de monitoreo y de control activa rechaza mensajes sobre modificaciones del estado de conexión, asociados a una subred externa. Además, en correspondencia con otra forma de ejecución de la presente invención, el identificador de subred puede usarse de modo que los dispositivos de comunicaciones, en el caso de la recepción de un mensaje sobre modificaciones de topología, asociado a su respectiva subred, borren respectivamente su base de datos local de reenvíos, de forma selectiva y fiable.

Para una identificación y un procesamiento fiables, el identificador de acoplamiento, a través de los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, puede insertarse en los segundos y los terceros mensajes de prueba. En base a esto, por ejemplo los dos primeros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, para la detección de una interrupción entre los dos primeros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, evalúan sólo los segundos mensajes de prueba, mientras que los dos segundos dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, para la detección de una interrupción entre los dos segundos dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, evalúan sólo los terceros mensajes de prueba. De este modo, esas interrupciones pueden detectarse y asociarse de forma fiable.

Preferentemente, los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, respectivamente en el caso de la recepción de primeros mensajes de prueba asociados a una subred externa en su respectiva conexión de acoplamiento, participan en la selección del dispositivo de comunicaciones de acoplamiento con unidad de control de acoplamiento activada.

El dispositivo de comunicaciones de acoplamiento según la invención es adecuado para una ejecución de un procedimiento correspondiente a las ejecuciones anteriores para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial que puede operarse de forma redundante, la cual comprende al menos una primera y una segunda subred que respectivamente comprenden dispositivos de comunicaciones conectados unos con otros dentro de una topología de anillo. De este modo, el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento presenta al menos un elemento de acoplamiento, así como una primera y una segunda conexión de anillo y una conexión de acoplamiento, las cuales pueden conectarse unas con otras de forma conmutable a través del elemento de acoplamiento. A modo de ejemplo, el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento puede comprender un conmutador o un puente.

De acuerdo con la invención, el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento está conformado y configurado para transmitir mensajes en correspondencia con el protocolo de redundancia de medios y con otros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, mediante un valor característico de prioridad asociado respectivamente a los mismos, está conformado y configurado para seleccionar entre sí un dispositivo de comunicaciones de acoplamiento, cuya unidad de control de acoplamiento se activa, mientras que los otros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento desactivan su unidad de control de acoplamiento. Además, el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento, con un dispositivo de comunicaciones de acoplamiento asociado de una subred externa, está conformado y configurado para intercambiar mensajes de prueba para la detección de una interrupción entre los dos dispositivos de comunicaciones de acoplamiento. Además, el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento, en el caso de una unidad de control de acoplamiento activada, está conformado y configurado para controlar un reenvío de mensajes de datos útiles desde, o bien en la conexión de acoplamiento en función de una interrupción detectada entre dispositivos de comunicaciones de acoplamiento asociados a un acoplamiento de subred. Esto posibilita un acoplamiento de las dos subredes sin repercusiones.

Además, el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento según la invención está conformado y configurado para determinar un identificador de subred de su subred en base a una dirección MAC de un respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado para una activación de su unidad de monitoreo y de control, y para determinar un identificador de acoplamiento para un acoplamiento de subred en base a los identificadores de subred de su subred y de una subred externa. De este modo, sólo dispositivos de comunicaciones de acoplamiento con identificador de acoplamiento asociado idéntico se incluyen en una selección del dispositivo de comunicaciones de acoplamiento con unidad de control de acoplamiento activada.

A continuación, la presente invención se explicará en detalle a través de un ejemplo de ejecución, mediante el dibujo. La figura muestra

una representación esquemática de una red de comunicaciones industrial que puede operarse de forma redundante, la cual comprende varias subredes acopladas unas con otras, con topología de anillo.

En el presente ejemplo de ejecución, la red de comunicaciones industrial representada en la figura comprende tres subredes 1-3 que comprenden respectivamente dispositivos de comunicaciones 4, 5, 411-414, 421-422, 431-432 conectados unos con otros dentro de una topología de anillo. Los dispositivos de comunicaciones, como conmutadores 4, 411-414, 421-422, 431-432 o dispositivos de automatización 5 con procesador de comunicaciones, presentan respectivamente al menos un elemento de acoplamiento, así como una primera y una segunda conexión de anillo, las cuales pueden conectarse de forma conmutable una con otra a través del elemento de acoplamiento. Dentro de las tres subredes 1-3 se transmiten mensajes en correspondencia con el protocolo de redundancia de medios.

En el presente ejemplo de ejecución, los conmutadores 4, 411-414, 421-422, 431-432 comprenden respectivamente una unidad de monitoreo y de control 41 activable, denominada a continuación como gestor de redundancia, la cual en un estado activado detecta una interrupción dentro de la respectiva topología de anillo mediante mensajes de prueba de redundancia de anillo enviados a través del respectivo conmutador 4, 411-414, 421-422, 431-432 y recibidos nuevamente. Además, el gestor de redundancia 41, en el estado activado, controla un reenvío de mensajes con datos útiles entre las conexiones de anillo del respectivo conmutador 4, 411-414, 421-422, 431-432, en función de una interrupción detectada. De ese modo se impiden formaciones de bucles o mensajes circulares dentro de la respectiva subred 1-3. De este modo, las subredes 1-3 presentan en el plano lógico una topología lineal.

Los conmutadores 4, 411-414, 421-422, 431-432 con gestor de redundancia 41 activable, en un procedimiento de votación de gestor dentro de la respectiva subred 1-3, mediante un valor característico de prioridad asociado respectivamente a los mismos, seleccionan entre sí un conmutador 4, 411-414, 421-422, 431-432, cuyo gestor de redundancia 41 se activa. Los otros conmutadores 4, 411-414, 421-422, 431-432 dentro de la respectiva subred, en cambio, desactivan su gestor de redundancia 41. Además, los dispositivos de comunicaciones 4, 5 de las tres subredes 1-3, en base a una dirección MAC del conmutador 4 que, en correspondencia con el procedimiento de votación de gestor, activa su gestor de redundancia 41, determinan un identificador de subred de la respectiva subred, denominado a continuación como dominio UUID. El dominio UUID, a través del respectivo conmutador 4, 411-414, 421-422, 431-432 con gestor de redundancia 41 activado, se inserta en los mensajes de prueba de redundancia de anillo. Además, el dominio UUID, a través de los dispositivos de comunicaciones 4, 5; se inserta en mensajes relativos a modificaciones del estado de conexión en una de sus conexiones, y relativos a modificaciones de topología detectadas, denominadas a continuación como notificaciones de cambio de enlace, así como notificaciones de cambio de topología.

Mediante el dominio UUID en los mensajes de prueba de redundancia de anillo, el respectivo conmutador 4, 411-414, 421-422, 431-432 con gestor de redundancia 41 activado, entre sus conexiones de anillo, puede impedir un reenvío de mensajes de prueba de redundancia de anillo asociados a su subred, de modo que éstos no circulan de forma permanente dentro de la respectiva subred 1-3. Si el respectivo conmutador 4, 411-414, 421-422, 431-432 con

gestor de redundancia 41 activado recibe una notificación de cambio de enlace asociada a su subred 1-3 mediante el dominio UUID, entonces por ejemplo a través de una división a la mitad, éste reduce un intervalo de tiempo para el envío de mensajes de prueba de redundancia de anillo. De manera correspondiente se rechazan notificaciones de cambio de enlace asociadas a subredes externas. Además, los dispositivos de comunicaciones 4, 5; mediante el dominio UUID, en el caso de la recepción de una notificación de cambio de topología asociada a su respectiva subred 1-3, respectivamente pueden borrar su base de datos local de reenvíos, para reaccionar frente a modificaciones de topología.

En el presente ejemplo de ejecución, una primera subred 1, mediante un primer 12, así como un segundo acoplamiento de subred 13, está conectada a una segunda 2 y a una tercera subred 3. Entre la segunda 2 y la tercera subred 3, en cambio, no existe en este ejemplo de ejecución un acoplamiento de subred. En el primer acoplamiento de subred 12, un primer conmutador de acoplamiento 411 de la primera subred 1 y un primer conmutador de acoplamiento 421 de la segunda subred 2 están conectados uno con otro, mientras que un segundo conmutador de acoplamiento 412 de la primera subred 1 y un segundo conmutador de acoplamiento 422 de la segunda subred 2 están conectados uno con otro. De manera correspondiente, en el segundo acoplamiento de subred 13, un tercer conmutador de acoplamiento 413 de la primera subred 1 y un primer conmutador de acoplamiento 431 de la tercera subred 3 están conectados uno con otro, mientras que un cuarto conmutador de acoplamiento 414 de la primera subred 1 y un segundo conmutador de acoplamiento 432 de la tercera subred 3 están conectados uno con otro. Los conmutadores de acoplamiento 411-414, 421-422, 431-432 presentan adicionalmente una conexión de acoplamiento, así como una unidad de control de acoplamiento 42, denominada a continuación como gestor de interconexión.

Mediante un valor característico de prioridad asociado respectivamente a los mismos, los conmutadores de acoplamiento 411-414, 421-422; para cada acoplamiento de subred, seleccionan entre sí un conmutador de acoplamiento, cuyo gestor de interconexión 42 se activa. Los otros conmutadores de acoplamiento, en cambio, desactivan sus gestores de interconexión 42. Además, el primer conmutador de acoplamiento 411 de la primera subred 1 y el primer conmutador de acoplamiento 421 de la segunda subred 2 intercambian entre sí mensajes de prueba de interconexión para la detección de una interrupción entre los dos primeros conmutadores de acoplamiento 411, 421. Del mismo modo, el segundo conmutador de acoplamiento 412 de la primera subred 1 y el segundo conmutador de acoplamiento 422 de la segunda subred 2 intercambian entre sí mensajes de prueba de interconexión para la detección de una interrupción entre los dos segundos conmutadores de acoplamiento 412, 422.

De forma análoga, en el segundo acoplamiento de subred 13, el tercer conmutador de acoplamiento 414 de la primera subred 1 y el primer conmutador de acoplamiento 431 de la tercera subred 3, intercambian entre sí mensajes de prueba de interconexión para la detección de una interrupción. También el cuarto conmutador de acoplamiento 414 de la primera subred 1 y el segundo conmutador de acoplamiento 432 de la tercera subred 3 intercambian entre sí mensajes de prueba de interconexión para la detección de una interrupción. El gestor de interconexión 42 respectivamente activado controla un reenvío de mensajes con datos útiles desde, así como en la conexión de acoplamiento del respectivo conmutador de acoplamiento 411-414, 421-422, 431-432 en función de una interrupción detectada entre los conmutadores de acoplamiento asociados a un acoplamiento de subred 12, 13.

Además, los conmutadores de acoplamiento 411-414, 421-422, 431-432, en base a los dominios UUIDs de las respectivas subredes 1-3, determinan un identificador de acoplamiento, denominado a continuación como interconexión ID, para el primer 12, así como para el segundo acoplamiento de subred 13. Esa interconexión ID se inserta en los mensajes de prueba de interconexión y se utiliza por ejemplo para que sólo conmutadores de acoplamiento 411-414, 421-422, 431-432 con interconexión ID asociada idéntica se incluyan en una selección del conmutador de acoplamiento con unidad de control de acoplamiento activada, así como para que participen en un procedimiento de votación correspondiente. Además, la interconexión ID puede usarse para evaluar de forma selectiva sólo los mensajes de prueba de interconexión que afectan al acoplamiento de subred 12, 13; al cual se encuentra asociado el respectivo conmutador de acoplamiento 411-414, 421-422, 431-432.

Los conmutadores de acoplamiento 411-414, 421-422, 431-432 se inicializan con el gestor de interconexión 42 activado y con una interconexión ID estándar que puede reemplazarse por una interconexión ID determinada en el marco del procedimiento de votación antes mencionado. En el caso de la recepción de mensajes de prueba asociados a una subred 1-3 externa en su conexión de acoplamiento, los conmutadores de acoplamiento 411-414, 421-422, 431-432 participan respectivamente en la selección del conmutador de acoplamiento, cuyo gestor de interconexión 42 debe ser activado. De este modo pueden evitarse por ejemplo errores de reconexión, por ejemplo cuando el segundo conmutador de acoplamiento 412 de la primera subred 1 se conecta con el primer conmutador de acoplamiento 431 de la tercera subred 3, o cuando el tercer conmutador de acoplamiento 413 de la primera subred 1 se conecta con el segundo conmutador de acoplamiento 422 de la segunda subred 2.

A través de una configuración automática de una interconexión ID unívoca pueden en principio iniciarse de forma rápida y automática cualquier cantidad deseada de redes de anillo acopladas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial que puede operarse de forma redundante, en el cual

- 5 - la red de comunicaciones industrial comprende al menos una primera (1) y una segunda subred (2) que comprenden dispositivos de comunicaciones (4-5; 411-412; 421-422) conectados unos con otros respectivamente dentro de una topología de anillo, los cuales respectivamente presentan al menos un elemento de acoplamiento, así como una primera y una segunda conexión de anillo, donde la primera y la segunda conexión de anillo pueden conectarse una con otra de forma conmutable a través del elemento de acoplamiento,
- 10 - mensajes dentro de la primera y de la segunda subred se transmiten en correspondencia con el protocolo de medios,
- 15 - la primera y la segunda subred comprenden respectivamente al menos un dispositivo de comunicaciones con una unidad de monitoreo y de control (41) activada que detecta una interrupción dentro de la respectiva topología de anillo, mediante primeros mensajes de prueba enviados a través del respectivo dispositivo de comunicaciones y nuevamente recibidos, así como controla un reenvío de mensajes con datos útiles entre las conexiones de anillo del respectivo dispositivo de comunicaciones en función de una interrupción detectada,
- 20 - un primer dispositivo de comunicaciones de acoplamiento (411) de la primera subred y un primer dispositivo de comunicaciones de acoplamiento (421) de la segunda subred están conectados uno con otro para un acoplamiento de subred (12), mientras que un segundo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento (412) de la primera subred y un segundo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento de la segunda subred (422) están conectados uno con otro para el acoplamiento de subred, donde los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento presentan adicionalmente una conexión de acoplamiento,
- caracterizado porque
- 25 - los dispositivos de comunicaciones de la primera y de la segunda subred, en base a una dirección MAC del respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado para una activación de su unidad de monitoreo y de control (41), determinan un identificador de subred de la respectiva subred,
- 30 - los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento (411-412; 421-422), en base a los identificadores de subred de la primera y de la segunda subred, determinan un identificador de acoplamiento para el acoplamiento de subred (12),
- 35 - los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, mediante un valor característico de prioridad asociado respectivamente a los mismos, seleccionan entre sí un dispositivo de comunicaciones de acoplamiento, cuya unidad de control de acoplamiento (42) se activa, mientras que los otros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento desactivan su unidad de control de acoplamiento (42),
- 40 - sólo dispositivos de comunicaciones de acoplamiento con identificador de acoplamiento asociado idéntico se incluyen en una selección del dispositivo de comunicaciones de acoplamiento con unidad de control de acoplamiento activada,
- 45 - el primer dispositivo de comunicaciones de acoplamiento (411) de la primera subred y el primer dispositivo de comunicaciones de acoplamiento (421) de la segunda subred intercambian entre sí segundos mensajes de prueba para detectar una interrupción entre los dos primeros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento (422), mientras que el segundo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento (412) de la primera subred y el segundo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento (422) de la segunda subred intercambian entre sí terceros mensajes de prueba para detectar una interrupción entre los dos segundos dispositivos de comunicaciones de acoplamiento,
- 50 - la unidad de control de acoplamiento (42) activada controla un reenvío de mensajes con datos útiles desde y/o en la conexión de acoplamiento del respectivo dispositivo de comunicaciones de acoplamiento en función de una interrupción detectada entre los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento asociados al primer acoplamiento de subred.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la primera y/o la segunda subred comprenden respectivamente varios dispositivos de comunicaciones con una unidad de monitoreo y de control activable, y en donde los dispositivos de comunicaciones con una unidad de control y de monitoreo activable, mediante un valor característico

de prioridad asociado respectivamente a los mismos, seleccionan entre sí un dispositivo de comunicaciones para la respectiva subred, cuya unidad de monitoreo y de control se activa, mientras que los otros dispositivos de comunicaciones dentro de la respectiva subred desactivan su unidad de monitoreo y de control.

- 5 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en donde el respectivo identificador de subred, a través del respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado con unidad de monitoreo y de control activada, se inserta en los primeros mensajes de prueba.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el respectivo identificador de subred, a través de dispositivos de comunicaciones, se inserta en mensajes relativos a modificaciones del estado de conexión en una de sus conexiones y/o relativos a modificaciones de topología detectadas.
- 10 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado con unidad de monitoreo y de control activada entre sus conexiones de anillo, impide un reenvío de primeros mensajes de prueba asociados a su subred.
- 15 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado con unidad de monitoreo y de control activada, en el caso la recepción de un mensaje relativo a modificaciones del estado de conexión, asociado a su subred, al menos divide por la mitad un intervalo de tiempo para el envío de primeros mensajes de prueba.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en donde el respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado con unidad de monitoreo y de control activada, rechaza mensajes relativos a modificaciones del estado de conexión, asociados a una subred externa.
- 20 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en donde los dispositivos de comunicaciones, en el caso de la recepción de un mensaje relativo a modificaciones de la topología, asociados a su respectiva subred, borran respectivamente su base de datos de reenvíos.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en donde los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, respectivamente en el caso de la recepción de primeros mensajes de prueba asociados a una subred externa en su respectiva conexión de acoplamiento, participan en la selección del dispositivo de comunicaciones de acoplamiento con unidad de control de acoplamiento activada.
- 25 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el identificador de acoplamiento, a través de los dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, se inserta en los segundos y los terceros mensajes de prueba.
- 30 11. Procedimiento según la reivindicación 10, en donde los dos primeros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, para la detección de una interrupción entre los dos primeros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, evalúan sólo los segundos mensajes de prueba, mientras que los dos segundos dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, para la detección de una interrupción entre los dos segundos dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, evalúan sólo los terceros mensajes de prueba.
- 35 12. Dispositivo de comunicaciones de acoplamiento (411, 412, 421, 422) para ejecutar un procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial que puede operarse de forma redundante, la cual comprende al menos una primera y una segunda subred que respectivamente comprenden dispositivos de comunicaciones conectados unos con otros dentro de una topología de anillo, según una de las reivindicaciones 1 a 11, en donde
- 40
 - el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento está conformado y configurado para transmitir mensajes en correspondencia con el protocolo de redundancia de medios,
 - el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento presenta al menos un elemento de acoplamiento, así como una primera y una segunda conexión de anillo, y una conexión de acoplamiento, donde la primera y la segunda conexión de anillo, y la conexión de acoplamiento pueden conectarse una con otra de forma conmutable a través del elemento de acoplamiento,
- 45 caracterizado porque
 - el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento está conformado y configurado para determinar un identificador de subred de su subred en base a una dirección MAC de un respectivo dispositivo de comunicaciones seleccionado para una activación de su unidad de monitoreo y de control,

- el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento está conformado y configurado para determinar un identificador de acoplamiento para un acoplamiento de subred en base a los identificadores de subred de su subred y de una subred externa,

5 - el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento, con otros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento, mediante un valor característico de prioridad asociado respectivamente a los mismos, está conformado y configurado para seleccionar entre sí un dispositivo de comunicaciones de acoplamiento, cuya unidad de control de acoplamiento se activa, mientras que los otros dispositivos de comunicaciones de acoplamiento desactivan su unidad de control de acoplamiento, donde sólo dispositivos de comunicaciones de acoplamiento con identificador de acoplamiento asociado idéntico se incluyen en una selección del
10 dispositivo de comunicaciones de acoplamiento con unidad de control de acoplamiento activada,

- el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento, con un dispositivo de comunicaciones de acoplamiento asociado de una subred externa, está conformado y configurado para intercambiar mensajes de prueba para la detección de una interrupción entre los dos dispositivos de comunicaciones de acoplamiento,

15 - el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento, en el caso de una unidad de control de acoplamiento activada, está conformado y configurado para controlar un reenvío de mensajes de datos útiles desde y/o en la conexión de acoplamiento en función de una interrupción detectada entre dispositivos de comunicaciones de acoplamiento asociados a un acoplamiento de subred.

13. Dispositivo de comunicaciones de acoplamiento según la reivindicación 12, en donde el dispositivo de comunicaciones de acoplamiento comprende un conmutador o un puente.

20

