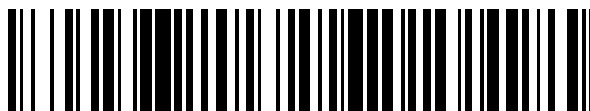


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 269**

51 Int. Cl.:

H04L 12/715	(2013.01) H04L 12/437	(2006.01)
H04L 12/721	(2013.01) H04L 12/703	(2013.01)
H04L 12/46	(2006.01) H04L 12/707	(2013.01)
G05B 19/042	(2006.01) H04L 12/753	(2013.01)
G05B 19/418	(2006.01)	
H04L 12/42	(2006.01)	
H04L 12/70	(2013.01)	
H04L 12/24	(2006.01)	
H04L 1/22	(2006.01)	
H04L 12/40	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2012 E 12182594 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018 EP 2704370**

54 Título: **Procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante y aparato de comunicaciones para una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.05.2018

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
DILGER, MARCO

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 668 269 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante y aparato de comunicaciones para una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante.

5 Un sistema de automatización industrial comprende habitualmente un gran número de aparatos de automatización interconectados a través de una red de comunicaciones industrial y se utiliza, en el contexto de la fabricación o automatización de procesos, para el control o regulación de equipos, máquinas y/o aparatos. Debido a las condiciones temporalmente críticas en los sistemas industriales automatizados por sistemas de automatización industrial, en las redes de comunicaciones industriales para las comunicaciones entre aparatos de automatización se utilizan principalmente protocolos de comunicaciones en tiempo real, como Profinet, Profibus o Real-Time Ethernet.

15 Las interrupciones de las conexiones de comunicaciones entre unidades de cálculo de un sistema o aparato de automatización industrial pueden conducir a una repetición no deseada o innecesaria de una transmisión de una solicitud de servicio. Esto provoca una carga adicional de las conexiones de comunicaciones del sistema de automatización industrial, lo que podría conllevar perturbaciones o fallos adicionales en el sistema. Además, los mensajes transmitidos pueden no evitar o no completamente, por ejemplo, una transición o permanencia de un sistema de automatización industrial en un estado de operación seguro. Esto puede provocar finalmente un fallo de toda la planta de producción y una costosa detención de la producción. Un problema particular surge en los sistemas de automatización industrial regularmente por un tráfico de mensajes con relativamente muchos mensajes, pero relativamente cortos, lo que refuerza los problemas anteriores.

20 Para poder compensar fallos de las conexiones o aparatos de comunicaciones, se han desarrollado protocolos de comunicaciones, como el protocolo de redundancia de medios (Media Redundancy Protocol), el protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad (High-availability Seamless Redundancy Protocol) o el protocolo de redundancia paralela (Parallel Redundancy Protocol), para redes de comunicaciones industriales de alta disponibilidad, operables de manera redundante. El protocolo de redundancia de medios (Media Redundancy Protocol (MSR)) se define en la norma IEC 62439 y permite una compensación de fallos individuales de conexión en redes con topología anular sencilla, en el caso de una transmisión redundante con perturbaciones de paquetes de datos. Conforme al protocolo de redundancia de medios, a un conmutador con dos puertos dentro de la topología anular se le asigna un administrador de redundancia, que monitoriza la red en busca de fallos de conexión y, si fuera necesario, inicia una acción de conmutación para el cierre de un anillo. En estado de operación normal, el administrador de redundancia verifica, en base a los paquetes de datos de prueba, si dentro de la topología anular se ha producido una interrupción. Sin embargo, los paquetes de datos con datos de usuario no los transmite el conmutador asignado al administrador de redundancia normalmente de un puerto al otro. Por consiguiente, se evita, que los paquetes de datos con datos de usuario circulen permanentemente dentro de la topología anular. Si dentro de la topología anular fallara un conmutador o una conexión, los paquetes de datos de prueba emitidos por un puerto dejarían de recibirse en el otro puerto. En función de esto, el administrador de redundancia puede detectar un fallo y transmitir, en caso de fallo, paquetes de datos con datos de usuario, a diferencia del estado de operación normal, de un puerto al otro y viceversa. Por otra parte, el administrador de redundancia origina una notificación de los demás conmutadores a través de un cambio de topología vinculado a fallos. De este modo se evita que se transmitan paquetes de datos a través de la conexión que ha fallado.

40 Los métodos de redundancia de medios con perturbaciones se pueden implementar, en principio, con relativamente poco esfuerzo. Sin embargo, un inconveniente es que, por una parte, los mensajes pueden perderse en caso de fallo y, por otra parte, durante una reconfiguración de una red de comunicaciones, existe primero un estado de fallo. Un estado de fallo tal se tiene que asegurar mediante un protocolo de comunicaciones de mayor nivel, por ejemplo, por medio de TCP/IP a nivel de capa de intercambio y/o de transporte, para evitar una interrupción de una conexión de comunicaciones.

50 También PROFINET (IEC 61158 Tipo 10) hace referencia al Protocolo de Redundancia de Medios como un método de redundancia de medios con perturbaciones dentro de una red de comunicaciones de topología anular. Por el contrario, la duplicación planificada de redundancia de medios (Media Redundancy Planned Duplication (MRPD)) proporciona una extensión para una transmisión sin interrupciones de datos isócronos en tiempo real. Sin embargo, la duplicación planificada de redundancia de medios no es una técnica de redundancia de medios sin problemas de aplicación, sino una extensión específica de PROFINET.

55 Los protocolos de redundancia continua de alta disponibilidad (High-availability Seamless Redundancy-Protocol (HSR)) y de redundancia paralela (Parallel Redundancy Protocol (PRP)) se definen en la norma IEC 62439-3 y permiten una transmisión redundante sin perturbaciones de paquetes de datos con tiempos de recuperación extremadamente bajos. Conforme al protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad y de redundancia paralela, cada paquete de datos es duplicado por un aparato de comunicaciones emisor y se envía a un receptor por

dos vías diferentes. A través de un aparato de comunicaciones del lado del receptor se filtran del flujo de datos recibido los paquetes de datos redundantes que representan duplicados.

Gracias a la WO 2008/119649 A1 se conoce un procedimiento para reconfigurar una red de comunicaciones por conmutación de paquetes, que comprende una primera red parcial y una segunda red parcial. Mientras que en la primera red parcial se emplea un primer protocolo de red, en la segunda red parcial se usa un segundo protocolo de red diferente del primer protocolo de red. Ambas redes parciales están interconectadas por al menos tres enlaces de datos redundantes, de los cuales solo uno está activado para el intercambio de datos de usuario. Además, se activa por defecto un enlace de datos principal, mientras que al menos dos enlaces de datos servidores se desactivan por defecto. A través de un puente principal de la segunda red parcial conectado con el enlace de datos principal se monitoriza un fallo del enlace de datos principal o de un enlace de datos servidor. En el caso de un fallo tal, el puente principal genera un primer paquete de datos y lo transmite a un puente servidor de la segunda red parcial conectado con un enlace de datos servidor. El puente servidor se selecciona conforme a una regla de selección preseleccionada por el puente principal. A continuación, el primer paquete de datos es procesado por el puente servidor seleccionado. El primer paquete de datos comprende información lógica, en base a la cual se lleva a cabo una ejecución al menos parcial del primer protocolo de red en un puerto del puente servidor conectado con el enlace de datos servidor y una activación del enlace de datos servidor mediante el protocolo de red aplicado en el puerto del puente servidor.

En la EP 2 343 857 A1 se describe un nodo de red para una red de comunicaciones, que comprende una primera red parcial y una segunda red parcial conectada con ésta. Mientras que en la primera red parcial se usa un protocolo de árbol de expansión, en la segunda red parcial se utiliza un segundo protocolo diferente del protocolo de la primera red parcial. El nodo de red está configurado como un elemento para la segunda red parcial y diseñado para las comunicaciones dentro de la segunda red parcial.

Por otra parte, el nodo de red está diseñado y configurado por medio de una funcionalidad de árbol de expansión como un nodo principal del árbol de expansión para monitorizar y controlar la segunda red parcial. Por lo tanto, la segunda red parcial puede tratarse por el protocolo de árbol de expansión utilizado en la primera red parcial como un nodo de red virtual, al implementar el nodo de red como nodo principal del árbol de expansión para los otros nodos de red de la segunda red parcial una aplicación del protocolo de árbol de expansión.

Gracias a la WO 2010/105828 A1 se conoce un procedimiento para operar una red de comunicaciones con propiedades de redundancia, que presenta una topología de red anular. Dentro de la red de comunicaciones, los aparatos de comunicaciones con sus puertos de datos están conectados entre sí a través de líneas de datos e intercambian, en base a protocolos de comunicaciones, datos de control, así como datos de usuario, a través de las líneas de datos. Para evitar un círculo de mensajes sinfín en mallas de la red de comunicaciones, por medio de los protocolos de comunicaciones se impide una transmisión de mensajes a través de puertos seleccionados de aparatos de comunicaciones a excepción de los mensajes para controlar o monitorizar la redundancia de medios. Dentro de la red de comunicaciones se utilizan dos protocolos de comunicaciones diferentes paralelamente en los aparatos de comunicaciones. Un empleo en paralelo de los diferentes protocolos de comunicaciones se obtiene, por ejemplo, asignando un control sobre los puertos de datos a bloquear a un solo protocolo de comunicaciones. Alternativamente, se pueden seleccionar parámetros para los protocolos de comunicaciones de modo que no esté bloqueada por un primer protocolo de comunicaciones ninguna conexión, que se considere activa conforme a un segundo protocolo de comunicaciones.

En el anterior registro de patente europea con el número de solicitud 12177233.9 se describe un procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones operable de manera redundante, que comprende una primera red parcial con topología en árbol y una segunda red parcial. En la primera red parcial, los mensajes se transmiten conforme a un protocolo de árbol de expansión. Además, los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la primera red parcial intercambian entre ellos, para formar una topología en árbol, mensajes con información de topología. En la segunda red parcial, los mensajes se transmiten conforme a un protocolo de redundancia paralela o anular. Los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial intercambian entre ellos mensajes con información de topología de la primera red parcial conforme al protocolo de redundancia paralela o anular y comparan ésta con la información de topología localmente disponible de la primera red parcial. En función de un resultado de la comparación, los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial determinan la información de topología resultante de la primera red parcial.

A partir de la solicitud de patente europea anterior con el número de solicitud 12178677.6 se conoce un procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante, que comprende una primera red parcial con topología en árbol y una segunda red parcial. En la primera red parcial, los mensajes se transmiten conforme a un protocolo de árbol de expansión. Además, los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la primera red parcial, para formar una topología en árbol, intercambian entre ellos mensajes con información de topología. En la segunda red parcial, los mensajes se transmiten conforme a un protocolo de redundancia paralela o anular. Como nodo de red raíz de la primera red

parcial se configura un nodo de red virtual, que está conectado en cada caso a través de una conexión virtual no interrumpible por un fallo con todos los nodos de red de la segunda red parcial.

5 En la US 2009/109841 A1 se revela un aparato de acoplamiento para una red de comunicaciones, que interconecta redes parciales, en las que se usan diferentes protocolos de redundancia. El aparato de acoplamiento controla un protocolo de redundancia de una red parcial subordinada a través de terminales y conexiones virtuales, para vincular la red parcial subordinada de manera redundante a una red parcial de nivel superior. Tan pronto se modifiquen las rutas de comunicaciones en la red parcial subordinada, se borrarán las direcciones MAC aprendidas de la red parcial de nivel superior, para conmutar las rutas de comunicaciones a mayor velocidad.

10 La presente invención se basa en el objeto de especificar un procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante con al menos una red parcial de árbol de expansión y una red parcial de redundancia paralela o anular, que posibilite, por un lado, una eficaz separación entre ambas redes parciales y, por otro lado, una accesibilidad mutua entre ambas redes parciales, así como producir un aparato de comunicaciones apropiado para la ejecución del procedimiento.

15 Este objeto se resuelve, conforme a la invención, con un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 1, así como con un aparato de comunicaciones con las características indicadas en la reivindicación 14. En las reivindicaciones dependientes se indican perfeccionamientos favorables de la presente invención.

20 Acorde al procedimiento conforme a la invención, los mensajes se transmiten en una primera red parcial con topología en árbol conforme a un protocolo de árbol de expansión. Además, los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la primera red parcial intercambian entre ellos, para formar una topología en árbol, mensajes con información de topología. En base a la información de topología intercambiada, se determina un nodo de red raíz como elemento básico de una topología en árbol mediante los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la primera red parcial. Partiendo del nodo de red raíz se construyen conexiones sin bucles a los demás nodos de red de la primera red parcial. En una segunda red parcial, los mensajes se transmiten conforme a un protocolo de redundancia paralela o anular. La primera y la segunda redes parciales están acopladas a través de una pluralidad de aparatos de comunicaciones. Los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la primera y/o segunda red(es) parcial(es) son preferentemente conmutadores (Switches) o puentes (Bridges).

30 El protocolo de árbol de expansión es, conforme a la invención, el protocolo de árbol de expansión (Spanning Tree Protocol) conforme a la IEEE 802.1d, el protocolo de árbol de expansión rápida (Rapid Spanning Tree Protocol) conforme a la IEEE 802.1D-2004, capítulo 17 "Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)" o el protocolo de árbol de expansión múltiple (Multiple Spanning Tree Protocol) conforme a la IEEE 802.1Q-2011, capítulo 13 "Spanning Tree Protocols". Los mensajes con información de topología de la primera red parcial son unidades de datos de protocolo de puente (Bridge Protocol Data Units (BPDU)) y/o incluyen en cada caso un vector de prioridad de puerto (Port Priority Vector), que se intercambia y compara entre los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial.

35 Conforme a la invención se establecen, para los aparatos de comunicaciones vinculados a la primera y a la segunda redes parciales, un primer y un segundo grupos de conexiones. Además, los terminales de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones se emplean para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de árbol de expansión dentro de la primera red parcial, mientras que los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones se utilizan para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de redundancia paralela o anular dentro de la segunda red parcial. El primer y el segundo grupos de conexiones pueden establecerse preferentemente en cada caso formando una red virtual local. Dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera y a la segunda redes parciales, los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones conforme a la invención se conectan con un terminal de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones, que, para una conexión de comunicaciones al nodo de red raíz de la primera red parcial, de entre los terminales de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones, tiene los menores costes de trayecto.

50 El procedimiento conforme a la invención puede integrarse de manera sencilla en conmutadores (Switches) o enrutadores (Routers) existentes y posibilita, por un lado, una eficaz separación de las redes parciales, sin que esto produzca un detrimento de la disponibilidad mutua entre la al menos una primera red parcial y la segunda red parcial. En general, el procedimiento conforme a la invención posibilita una alta disponibilidad en una red de comunicaciones industrial, particularmente mediante tiempos de conmutación bajos en las reconfiguraciones de red.

55 Preferentemente, dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera y a la segunda redes parciales sólo se conectan con el terminal de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial. Conforme a otra ordenación favorable del procedimiento conforme a la invención, dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera y a la segunda redes

parciales, los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones se conectan con un terminal de aparato de comunicaciones, al que únicamente está conectado un dispositivo final de comunicaciones. Además, es suficiente si dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera y a la segunda redes parciales sólo se conectan con el terminal de aparato de comunicaciones para el dispositivo final de comunicaciones los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial. Esto posibilita una implementación especialmente eficiente de un procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante.

Más favorablemente, un fallo de un terminal de aparato de comunicaciones asignado a un nodo de red de la segunda red parcial o de una conexión entre dos nodos de red de la segunda red parcial se trata exclusivamente conforme al protocolo de redundancia paralela o anular. Por lo tanto, los cambios topológicos en la segunda red parcial no tienen, en principio, ningún efecto en la configuración y el funcionamiento de la primera red parcial. Particularmente, los errores o perturbaciones en la segunda red parcial pueden tratarse rápido en base al protocolo de redundancia paralela o anular allí usado. Una reconfiguración asociada a ello de la segunda red parcial no tiene esencialmente ningún efecto en la primera red parcial.

Conforme a otra ordenación de la presente invención puede preverse una primera red parcial adicional con topología en árbol, dentro de la cual se transmitan los mensajes conforme a un protocolo de árbol de expansión. Además, la primera adicional y la segunda redes parciales están acopladas a través de una pluralidad de aparatos de comunicaciones. Para los aparatos de comunicaciones vinculados a la primera adicional y a la segunda redes parciales se establece además un grupo de conexiones adicional. Además, se utilizan terminales de aparato de comunicaciones del grupo de conexiones adicional para una transmisión de los mensajes conforme al protocolo de árbol de expansión dentro de la primera red parcial adicional. Dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera adicional y a la segunda redes parciales, los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones se conectan con un terminal de aparato de comunicaciones del grupo de conexiones adicional, que, para una conexión de comunicaciones al nodo de red raíz de la primera red parcial adicional, de entre los terminales de aparato de comunicaciones del grupo de conexiones adicional, tenga los menores costes de trayecto. Este procedimiento puede continuar, en principio, para un número cualquiera de primeras redes parciales con topología en árbol. Por lo tanto, se pueden realizar grandes redes parciales de árbol de expansión acopladas a través de una red parcial de redundancia paralela o anular.

Los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial intercambian preferentemente entre ellos mensajes con información de topología de la al menos una primera red parcial conforme al protocolo de redundancia paralela o anular y comparan ésta con la información de topología localmente disponible de la primera red parcial. En función de un resultado de la comparación, los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial determinan la información de topología resultante de la primera red parcial. Además, los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial pueden, en base a la información de topología de la primera red parcial resultante determinada, adaptar su configuración en lo que se refiere a las conexiones cerradas y/o abiertas a la primera red parcial. Conforme a otra ordenación del procedimiento conforme a la invención, los mensajes se transmiten entre los terminales de aparato de comunicaciones asignados a la segunda red parcial exclusivamente conforme al protocolo de redundancia paralela o anular. Por consiguiente, para la segunda red parcial no se tiene que formar ninguna topología en árbol por medio de un protocolo de árbol de expansión. Esto contribuye decisivamente a una rápida activación de las conexiones de reemplazo tras fallos de aparato o de conexión. Por otra parte, el protocolo de árbol de expansión y el protocolo de redundancia paralela o anular se utilizan esencialmente desacoplados entre sí en la respectiva red parcial. Además, los costes de trayecto al respectivo nodo de red raíz de la al menos una primera red parcial pueden determinarse de manera sencilla en base a la información de topología resultante.

Conforme a una ordenación preferente del procedimiento conforme a la invención, la información de topología de la al menos una primera red parcial incluye descripciones de las conexiones existentes entre los nodos de red de la al menos una primera red parcial. Las conexiones sin bucles que parten del nodo de red raíz a los demás nodos de red de la al menos una primera red parcial pueden construirse, por consiguiente, rápido en base a una determinación de los costes de trayecto mínimos al nodo de red raíz.

El protocolo de redundancia paralela o anular es, conforme a la invención, el protocolo de redundancia paralela conforme a la IEC 62439-3, capítulo 4, el protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad (High-availability Seamless Redundancy-Protocol conforme a la IEC 62439-3, capítulo 5 o el protocolo de redundancia de medios (Media Redundancy Protocol) conforme a la IEC 62439.

Cuando se utiliza el protocolo de redundancia de medios como protocolo de redundancia anular, conforme a otra ordenación favorable de la presente invención, en la segunda red parcial está configurado un aparato de comunicaciones como unidad de monitorización y control. La segunda red parcial presenta en este caso una topología anular. La unidad de monitorización y control detecta una interrupción dentro de la topología anular en base a los paquetes de datos de prueba enviados y controla una transmisión de paquetes de datos con datos de

usuario, que están dirigidos a un primer terminal del aparato de comunicaciones configurado como unidad de monitorización y control, a un segundo terminal de este aparato de comunicaciones.

El aparato de comunicaciones conforme a la invención está previsto y es apropiado para una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante, que comprenda al menos una primera red parcial con topología en árbol, así como transmisión de mensajes conforme a un protocolo de árbol de expansión, una segunda red parcial, así como transmisión de mensajes conforme a un protocolo de redundancia paralela o anular y una pluralidad de aparatos de comunicaciones vinculados a ambas redes parciales. Como medios para la transmisión de mensajes dentro de la al menos una primera red parcial conforme al protocolo de árbol de expansión se prevé, por ejemplo, una unidad emisora y receptora. Además, el aparato de comunicaciones conforme a la invención comprende medios para intercambiar información de topología dentro de la primera red parcial para formar una topología en árbol. Además, la información de topología se prevé para determinar un nodo de red raíz como elemento básico de la topología en árbol. El nodo de red raíz forma un punto inicial para una construcción de conexiones sin bucles a los demás nodos de red de la primera red parcial.

El protocolo de árbol de expansión es, conforme a la invención, el protocolo de árbol de expansión (Spanning Tree Protocol conforme a la IEEE 802.1d, el protocolo de árbol de expansión rápida (Rapid Spanning Tree Protocol conforme a la IEEE 802.1D-2004, capítulo 17 "Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)" o el protocolo de árbol de expansión múltiple (Multiple Spanning Tree Protocol) conforme a la IEEE 802.1Q-2011, capítulo 13 "Spanning Tree Protocols". Los mensajes con información de topología de la primera red parcial son unidades de datos de protocolo puente (Bridge Protocol Data Units (BPDU)) y/o incluyen en cada caso un vector de prioridad de puerto (Port Priority Vector), que se intercambia y compara entre los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial.

Como medios para la transmisión de mensajes dentro de la segunda red parcial conforme al protocolo de redundancia paralela o anular, el aparato de comunicaciones conforme a la invención comprende, por ejemplo, una primera y segunda unidad emisora y receptora, una unidad de procesamiento de señales con un multiplexor y una unidad de tratamiento de la redundancia, así como un elemento de acoplamiento conectado con la unidad de procesamiento de señales. El elemento de acoplamiento es preferentemente un bus de alta velocidad, a través del cual pueden estar conectados, por ejemplo, nodos de red simplemente conectados o redes parciales libres de redundancia con la unidad de procesamiento de señales. El elemento de acoplamiento puede ser particularmente un conmutador de placa base (Backplane Switch) con controlador asignado. Alternativamente, el elemento de acoplamiento puede estar implementado, en principio, también por medio de una red de conmutación matricial. La unidad de procesamiento de señales está implementada preferentemente por medio de una matriz de puertas programable en campo (Field Programmable Gate Arrays (FPGA)).

Además, el aparato de comunicaciones conforme a la invención comprende medios para establecer al menos un primer y un segundo grupo de conexiones para la primera y la segunda redes parciales. Además, los terminales de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones se prevén para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de árbol de expansión dentro de la primera red parcial, mientras que los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones se prevén para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de redundancia paralela o anular dentro de la segunda red parcial. Estos medios pueden estar implementados, por ejemplo, mediante un controlador asignado al elemento de acoplamiento. Además, se prevén medios para la conexión de los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones con un terminal de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones, que, para una conexión de comunicaciones al nodo de red raíz de la primera red parcial, de entre los terminales de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones, tenga los menores costes de trayecto. Estos medios pueden estar implementados asimismo mediante un controlador asignado al elemento de acoplamiento. En conjunto, el aparato de comunicaciones conforme a la invención posibilita tiempos de recuperación significativamente reducidos tras fallos de aparato o de conexión.

Más favorablemente, el aparato de comunicaciones puede estar instalado y configurado de tal manera que sólo se conecten con el terminal de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial. Además, el aparato de comunicaciones puede estar instalado y configurado de tal manera que los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones se conecten con un terminal de aparato de comunicaciones, al que únicamente esté conectado un dispositivo final de comunicaciones. Por otra parte, el aparato de comunicaciones puede estar instalado y configurado de tal manera que sólo se conecten con el terminal de aparato de comunicaciones para el dispositivo final de comunicaciones los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial. En este caso, el aparato de comunicaciones está instalado y configurado preferentemente de tal manera, que el primer y el segundo grupo de conexiones se instalen en cada caso formando una red virtual local. Esto posibilita una realización especialmente sencilla de un aparato de comunicaciones para una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante.

5 Conforme a una ordenación especialmente preferente del aparato de comunicaciones conforme a la invención, se prevén medios para el tratamiento de un fallo de un terminal de aparato de comunicaciones asignado a un nodo de red de la segunda red parcial o de una conexión entre dos nodos de red de la segunda red parcial exclusivamente conforme al protocolo de redundancia paralela o anular. Los medios para el tratamiento de un fallo de un aparato de comunicaciones asignado a un nodo de red de la segunda red parcial o de una conexión entre dos nodos de red de la segunda red parcial estarán formados preferentemente por la unidad de tratamiento de la redundancia asignada a la unidad de procesamiento de señales.

10 Conforme a un perfeccionamiento favorable, el aparato de comunicaciones conforme a la invención comprende medios para intercambiar mensajes con información de topología de la primera red parcial con los otros aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial conforme al protocolo de redundancia paralela o anular. Estos medios pueden estar implementados, por ejemplo, mediante la primera y segunda unidades emisoras y receptoras, la unidad de procesamiento de señales, el elemento de acoplamiento y una envoltura de protocolo asignada a la unidad de procesamiento de señales. Además, se prevén preferentemente medios para comparar los mensajes intercambiados con información de topología de la primera red parcial con la información de topología localmente disponible de la primera red parcial y para determinar la información de topología resultante de la primera red parcial en función de un resultado de la comparación. Estos medios pueden estar implementados, por ejemplo, mediante la unidad de procesamiento de señales.

20 Además, el aparato de comunicaciones conforme a la invención puede, conforme a un perfeccionamiento preferente, comprender medios para adaptar su configuración, en lo que se refiere a las conexiones cerradas y/o abiertas con la primera red parcial, en base a la información de topología resultante determinada de la primera red parcial. Estos medios pueden estar implementados, por ejemplo, mediante un controlador del elemento de acoplamiento. El aparato de comunicaciones está instalado preferentemente para una transmisión de mensajes dentro de la segunda red parcial exclusivamente conforme al protocolo de redundancia paralela o anular. Por tanto, el protocolo de árbol de expansión y el protocolo de redundancia paralela o anular pueden utilizarse esencialmente desacoplados entre ellos en la respectiva red parcial.

25 Conforme a un perfeccionamiento favorable, el aparato de comunicaciones está instalado y configurado de tal manera que los costes de trayecto al respectivo nodo de red raíz de la al menos una primera red parcial se determinen en base a la información de topología resultante. Esto posibilita una determinación especialmente sencilla y rápida de los costes de trayecto.

30 La presente invención se describe a continuación más a fondo usando un ejemplo de ejecución en base a los dibujos. Muestra la

Figura 1 una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante, que comprende dos primeras redes parciales con topología en árbol y una segunda red parcial con topología anular, en un estado de conexión libre de fallos,

35 Figura 2 la red de comunicaciones conforme a la Figura 1 en un estado con una variación de topología en una de ambas primeras redes parciales,

Figura 3 una representación esquemática de un aparato de comunicaciones para una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante.

40 La red de comunicaciones industrial representada en la Figura 1 comprende dos primeras redes parciales 101, 102 con topología en árbol, así como transmisión de mensajes conforme a un protocolo de árbol de expansión y una segunda red parcial 2 con topología anular, así como transmisión de mensajes conforme a un protocolo de redundancia anular. En el presente ejemplo de ejecución, el protocolo de redundancia anular es el protocolo de redundancia de medios. En principio, en la segunda red parcial 2 podría usarse, en vez del protocolo de redundancia anular, también un protocolo de redundancia paralela. Las siguientes ejecuciones sirven igualmente para este caso.

45 Ambas primeras redes parciales 101, 102 y la segunda red parcial 2 están acopladas entre sí a través de una pluralidad de aparatos de comunicaciones 201-203. En el presente ejemplo de ejecución, para prevenir las conexiones en bucle, las conexiones de comunicaciones entre los aparatos de comunicaciones 201 y 202, entre el aparato de comunicaciones 202 y la red parcial 102, así como entre el aparato de comunicaciones 203 y la red parcial 102 están desactivadas. Las conexiones desactivadas están representadas en las Figuras con líneas discontinuas, mientras que las líneas continuas simbolizan las conexiones activadas.

50 Los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de las primeras redes parciales 101, 102 intercambian entre ellos, para formar una topología en árbol, mensajes con información de topología y determinan, en base a la información de topología intercambiada, un nodo de red raíz para cada primera red parcial 101, 102 como elemento básico de una topología en árbol. El protocolo de árbol de expansión es, en el presente ejemplo de

ejecución, el protocolo de árbol de expansión rápida (Rapid Spanning Tree Protocol). Sin embargo, las siguientes ejecuciones sirven igualmente para el protocolo de árbol de expansión (Spanning Tree Protocol), el protocolo de árbol de expansión múltiple (Multiple Spanning Tree Protocol) o protocolos de árbol de expansión comparables.

5 Los mensajes con información de topología de las primeras redes parciales 101, 102, intercambiados entre los aparatos de comunicaciones de las primeras redes parciales 101, 102 pueden ser unidades de datos de protocolo de puente (Bridge Protocol Data Units (BPDU)), por medio de los cuales los aparatos de comunicaciones de las primeras redes parciales 101, 102 configuran sus estados de puerto. Mediante una configuración de los estados de puerto se activan y/o desactivan particularmente las conexiones entre los nodos de red. La información de topología de las primeras redes parciales 101, 102 incluye particularmente descripciones de las conexiones existentes entre los nodos de red de las primeras redes parciales 101, 102 y sus costes de trayecto. Esto es también válido para las conexiones de tránsito a través de la segunda red parcial 2 con topología anular. En base a una determinación de los costes de trayecto mínimos al respectivo nodo de red raíz, los aparatos de comunicaciones de las primeras redes parciales 101, 102 establecen conexiones sin bucles, que interactúan de manera autónoma y que parten del respectivo nodo de red raíz a los restantes nodos de red de la respectiva primera red parcial 101, 102. Pueden encontrarse más detalles de esto respecto al protocolo de árbol de expansión rápida (Rapid Spanning Tree Protocol), por ejemplo, IEEE 802.1D-2004, capítulo 17 "Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)".

20 Para los aparatos de comunicaciones 201-203, que acoplan ambas primeras redes parciales 101, 102 y la segunda red parcial 2, se instalan dos primeros grupos de conexiones y un segundo grupo de conexiones. Esto se lleva a cabo formando en total 3 redes virtuales locales. Los terminales de aparato de comunicaciones 211, 221, 222, 232 de ambos primeros grupos de conexiones se usan para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de árbol de expansión dentro de ambas primeras redes parciales 101, 102, mientras que los terminales de aparato de comunicaciones 212, 214, 223, 224, 231, 233 del segundo grupo de conexiones se utilizan para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de redundancia paralela o anular dentro de la segunda red parcial 2. Los mensajes entre los terminales de aparato de comunicaciones 212, 214, 223, 224, 231, 233 asignados a la segunda red parcial 2 solamente se transmiten, en el presente ejemplo de ejecución, conforme al protocolo de redundancia paralela o anular.

30 Por otra parte, se conectan dentro de los aparatos de comunicaciones 201-203 vinculados a las redes parciales 101, 102, 2, los terminales del aparato de comunicaciones 212, 214, 223, 224, 231, 233 del segundo grupo de conexiones, en cada caso, con un terminal del aparato de comunicaciones 211, 221 de uno de ambos primeros grupos de conexiones 101, 102, que, para una conexión de comunicaciones con el nodo de red raíz de la respectiva primera red parcial 101, 102, de entre los terminales de aparato de comunicaciones del respectivo primer grupo de conexiones, tenga los menores costes de trayecto. Además, sólo se conectan de manera efectiva con el terminal de aparato de comunicaciones 211, 221 del respectivo primer grupo de conexiones 101, 102 los terminales de aparato de comunicaciones 214, 223, 224, 231, 233 del segundo grupo de conexiones, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial 2. En el terminal de aparato de comunicaciones 212, este no es, por ejemplo, el caso, pues éste es desplazado para prevenir una conexión en bucle dentro de la segunda red parcial por medio de un administrador de redundancia asignado al aparato de comunicaciones 201 a un estado, en el que está bloqueada una transmisión de los mensajes recibidos.

40 En el presente ejemplo de ejecución se supone que el terminal del aparato de comunicaciones 222 se lleva, como terminal de reserva para el terminal del aparato de comunicaciones 221, primero a un estado, en el que una transmisión de los mensajes recibidos esté bloqueada, y que el terminal del aparato de comunicaciones 232 tiene mayores costes de trayecto al nodo de red raíz de la primera red parcial 102 que el terminal del aparato de comunicaciones 221. Por este motivo, el terminal del aparato de comunicaciones 221 se conecta con la segunda red parcial 2.

45 Por otra parte, se conectan los terminales de aparato de comunicaciones 212, 214, 223, 224, 231, 233 del segundo grupo de conexiones dentro de un aparato de comunicaciones 201-203 con un terminal de aparato de comunicaciones 213, 234, al que únicamente esté conectado un dispositivo final de comunicaciones. Esto se aplica, en el presente ejemplo de ejecución, a ambos terminales de aparato de comunicaciones 213, 234, que están conectados en cada caso con un ordenador 301, 302. Tal y como se ha mencionado ya respecto a los terminales de aparato de comunicaciones 211, 221 de las primeras redes parciales 101, 102, en el escenario representado en la Figura 1 sólo los terminales de aparato de comunicaciones 214, 223, 224, 231, 233 del segundo grupo de conexiones se conectan de manera efectiva con los terminales de aparato de comunicaciones 213, 234, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial 2.

55 Un fallo de un terminal de aparato de comunicaciones asignado a un nodo de red de la segunda red parcial o de una conexión entre dos nodos de red de la segunda red parcial se tratará preferentemente sólo conforme al protocolo de redundancia paralela o anular. Si se produjera una variación de la topología en la primera red parcial 102 respecto al escenario conforme a la Figura 1, por ejemplo, representada en la Figura 2, en la que se desplazan el terminal de aparato de comunicaciones 221 a un estado bloqueado y el terminal de aparato de comunicaciones 222 a un estado de reenvío, ambos terminales de aparato de comunicaciones 221, 222 estarán separados de la segunda red parcial

2, si el terminal de aparato de comunicaciones 232 tuviera los menores costes de trayecto al nodo de red raíz de la primera red parcial 102. En este caso, el terminal de aparato de comunicaciones 232 se conectaría a través de los terminales de aparato de comunicaciones 231, 233 con la segunda red parcial.

5 Dentro de la segunda red parcial 2 se intercambian mensajes con información de topología de ambas primeras redes parciales 101, 102 conforme al protocolo de redundancia paralela o anular, se comparan con la información de topología localmente disponible de las primeras redes parciales 101, 102 y, en función de un resultado de la comparación, se determina la información de topología resultante. En base a la información de topología resultante determinada de las primeras redes parciales 101, 102, los aparatos de comunicaciones 201-203 adaptan su configuración, en lo que se refiere a las conexiones cerradas y/o abiertas con las primeras redes parciales 101, 102.
10 Más favorablemente se determinan también los costes de trayecto al respectivo nodo de red raíz de ambas primeras redes parciales 101, 102, en base a la información de topología resultante.

15 En la Figura 3 se representa con más detalle el aparato de comunicaciones 201 asignado a un nodo de red de la segunda red parcial 2 y que está conectado en una estructura anular con los aparatos de comunicaciones 202-203. En principio, los demás aparatos de comunicaciones 202-203 de la segunda red parcial 2 pueden construirse también de forma idéntica. Un aparato de comunicaciones puede estar asignado, por ejemplo, a un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos - Supervisory Control And Data Acquisition) de un sistema industrial de fabricación o de automatización de procesos.

20 Como medios para la transmisión de mensajes dentro de ambas primeras redes parciales 101, 102 y dentro de la segunda red parcial 2, el aparato de comunicaciones 201 comprende varias unidades emisoras y receptoras, que incluyen los terminales de aparato de comunicaciones 211-214 y están conectadas con una unidad de procesamiento de señales 21. La unidad emisora y receptora asignada al terminal de aparato de comunicaciones 211 sirve particularmente como medio para el intercambio de información de topología dentro de la primera red parcial 101 para formar una topología en árbol.

25 La unidad de procesamiento de señales se implementa preferentemente por medio de una matriz de puertas programable en campo (Field Programmable Gate Arrays (FPGA)) y comprende un multiplexor 22 para una transmisión de mensajes conforme a un protocolo de redundancia paralela o anular sin perturbaciones, un administrador de redundancia 24 para una transmisión de mensajes conforme a un protocolo de redundancia de medios o anular propenso a las perturbaciones y una unidad de procesamiento 25 para información de topología de ambas primera redes parciales 101, 102. Esta información de topología puede estar compuesta particularmente por unidades de datos de protocolo de puente (Bridge Protocol Data Units (BPDU)).
30

35 El multiplexor 22 está conectado con una unidad de tratamiento de la redundancia 23 y sirve para la transmisión de mensajes a enviar a dos terminales de aparato de comunicaciones, que se prevén para una transmisión de mensajes conforme a un protocolo de redundancia paralela o anular sin perturbaciones. La unidad de tratamiento de la redundancia 23 sirve para detectar y procesar los mensajes redundantes recibidos a través de estos terminales de aparato de comunicaciones conforme a un protocolo de redundancia paralela o anular sin perturbaciones.

40 El administrador de redundancia 24 detecta, durante una transmisión de mensajes conforme a un protocolo de redundancia de medios o anular propenso a las perturbaciones, una interrupción dentro de una topología anular en base a los paquetes de datos de prueba enviados. Además, el administrador de redundancia 24 controla una transmisión de mensajes con datos de usuario, que se reciben a través del terminal de aparato de comunicaciones 212, al terminal de aparato de comunicaciones 214 y/o a la inversa, por ejemplo, conforme al protocolo de redundancia de medios o a un protocolo de comunicaciones funcionalmente comparable.

45 Como medios adicionales para la transmisión de mensajes dentro de ambas primeras redes parciales 101, 102 y de la segunda red parcial 2, el aparato de comunicaciones comprende un elemento de acoplamiento 26 conectado con la unidad de procesamiento de señales 21. En el presente ejemplo de ejecución, el elemento de acoplamiento 26 es un conmutador de placa base (Backplane Switch) con controlador 27 asignado. Alternativamente, el elemento de acoplamiento 26 puede implementarse en principio también por medio de una red de conmutación matricial.

50 Además, el aparato de comunicaciones 201 representado en la Figura 3 comprende medios para establecer un primer y un segundo grupos de conexiones para la primera y la segunda redes parciales. Estos medios están implementados en el presente ejemplo de ejecución mediante el controlador 27 del elemento de acoplamiento 26. Además, el controlador sirve como medio para la conexión de los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones con un terminal de aparato de comunicaciones de un primer grupo de conexiones previsto para tener los menores costes de trayecto de entre los terminales de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones, para una conexión de comunicaciones con el nodo de red raíz de la respectiva primera red parcial.

ES 2 668 269 T3

Las características de los ejemplos de ejecución descritos anteriormente pueden realizarse tanto individualmente como también en la combinación descrita.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante, en el que

5 - los mensajes se transmiten en al menos una primera red parcial (101, 102) con topología en árbol conforme a un protocolo de árbol de expansión, donde el protocolo de árbol de expansión es el protocolo de árbol de expansión (Spanning Tree Protocol), protocolo de árbol de expansión rápida (Rapid Spanning Tree Protocol) o el protocolo de árbol de expansión múltiple (Multiple Spanning Tree Protocol),

10 - los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la primera red parcial para formar una topología en árbol intercambian entre ellos mensajes con información de topología y, en base a la información de topología intercambiada, se determina un nodo de red raíz como elemento básico de una topología en árbol mediante los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la primera red parcial, donde partiendo del nodo de red raíz se construyen conexiones sin bucles a los restantes nodos de red de la primera red parcial y los mensajes con información de topología de la primera red parcial son unidades de datos de protocolo de puente (Bridge Protocol Data Units),

15 - los mensajes se transmiten en una segunda red parcial (2) conforme a un protocolo de redundancia paralela o anular, y

- la primera y la segunda red parcial están acopladas a través de una pluralidad de aparatos de comunicaciones (201-203),

caracterizado porque

20 - el protocolo de redundancia paralela o anular es el protocolo de redundancia paralela (Parallel Redundancy Protocol), protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad (High-availability Seamless Redundancy-Protocol) o el protocolo de redundancia de medios (Media Redundancy Protocol),

25 - para los aparatos de comunicaciones vinculados a la primera y a la segunda redes parciales se establecen un primer y un segundo grupos de conexiones, donde los terminales de aparato de comunicaciones (211, 221, 222, 232) del primer grupo de conexiones se usan para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de árbol de expansión dentro de la primera red parcial, y donde los terminales de aparato de comunicaciones (212, 214, 223, 224, 231, 233) del segundo grupo de conexiones se utilizan para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de redundancia paralela o anular dentro de la segunda red parcial,

30 - dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera y a la segunda redes parciales, los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones se conectan con un terminal de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones, que, para una conexión de comunicaciones con el nodo de red raíz de la primera red parcial, de entre los terminales de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones, tenga el menor coste de trayecto,

35 - los mensajes con información de topología de la primera red parcial incluyen en cada caso un vector de prioridad del puerto (Port Priority Vector), que se intercambia y ajusta entre los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial.

40 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera y a la segunda redes parciales sólo se conectan con el terminal de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que, dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera y a la segunda redes parciales, los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones se conectan con un terminal de aparato de comunicaciones, al que únicamente está conectado un dispositivo final de comunicaciones.

45 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera y a la segunda redes parciales sólo se conectan con el terminal de aparato de comunicaciones para el dispositivo final de comunicaciones los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el primer y el segundo grupo de conexiones se establecen en cada caso formando una red virtual local.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que un fallo de un terminal de aparato de comunicaciones asignado a un nodo de red de la segunda red parcial o de una conexión entre dos nodos de red de la segunda red parcial se trata exclusivamente conforme al protocolo de redundancia paralela o anular.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que los mensajes se transmiten en una primera red parcial adicional con topología en árbol conforme a un protocolo de árbol de expansión, y en el que la primera adicional y la segunda redes parciales están acopladas a través de una pluralidad de aparatos de comunicaciones, y en el que para los aparatos de comunicaciones vinculados a la primera adicional y segunda redes parciales se establece un grupo de conexiones adicional, donde los terminales de aparato de comunicaciones del grupo de conexiones adicional se utilizan para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de árbol de expansión dentro de la primera red parcial adicional, y en el que dentro de un aparato de comunicaciones vinculado a la primera adicional y a la segunda redes parciales los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones se conectan con un terminal de aparato de comunicaciones del grupo de conexiones adicional, que, para una conexión de comunicaciones con el nodo de red raíz de la primera red parcial adicional, tenga el menor coste de trayecto de entre los terminales de aparato de comunicaciones del grupo de conexiones adicional.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial intercambian entre ellos mensajes con información de topología de la al menos una primera red parcial conforme al protocolo de redundancia paralela o anular, la comparan entre ellos con la información de topología localmente disponible de la al menos una primera red parcial y, en función de un resultado de la comparación, determinan la información de topología resultante de la al menos una primera red parcial.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial, en base a la información de topología resultante determinada de la al menos una primera red parcial, adaptan su configuración en lo que se refiere a las conexiones cerradas y/o abiertas con al menos una primera red parcial.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 ó 9, en el que los costes de trayecto al respectivo nodo de red raíz de la al menos una primera red parcial se determinan en base a la información de topología resultante.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la información de topología de la al menos una primera red parcial comprende descripciones de las conexiones existentes entre los nodos de red de la al menos una primera red parcial, y en el que las conexiones sin bucles que parten del respectivo nodo de red raíz a los restantes nodos de red de la al menos una primera red parcial se construyen en base a una determinación de los costes de trayecto mínimos al respectivo nodo de red raíz.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que los mensajes entre los terminales de aparato de comunicaciones asignados a la segunda red parcial solamente se transmiten conforme al protocolo de redundancia paralela o anular.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la primera y/o segunda red parcial son conmutadores (Switches) o puentes (Bridges).
14. Aparato de comunicaciones para una red de comunicaciones industrial operable de manera redundante, que comprenda al menos una primera red parcial con topología en árbol, así como transmisión de mensajes conforme a un protocolo de árbol de expansión, una segunda red parcial con transmisión de mensajes conforme a un protocolo de redundancia paralela o anular y una pluralidad de aparatos de comunicaciones vinculados a ambas redes parciales, donde el aparato de comunicaciones comprende
- medios para la transmisión de mensajes (211-214, 26) dentro de la al menos una primera red parcial (101, 102) conforme al protocolo de árbol de expansión, donde el protocolo de árbol de expansión es el Spanning Tree Protocol, Rapid Spanning Tree Protocol o Multiple Spanning Tree Protocol,
 - medios (25) para el intercambio de mensajes con información de topología, que se prevé para determinar un nodo de red raíz como elemento básico de la topología en árbol, dentro de la primera red parcial, para formar una topología en árbol, donde el nodo de red raíz forma un punto inicial para una construcción de conexiones sin bucles con los restantes nodos de red de la primera red parcial y los mensajes con información de topología de la primera red parcial son Bridge Protocol Data Units, y

- medios (22, 23) para la transmisión de mensajes dentro de la segunda red parcial (2) conforme al protocolo de redundancia paralela o anular,

donde el aparato de comunicaciones está **caracterizado porque**

5 - el protocolo de redundancia paralela o anular es el Parallel Redundancy Protocol, High-availability Seamless Redundancy- Protocol o Media Redundancy Protocol,

10 - el aparato de comunicaciones comprende medios (27) para establecer al menos un primer y un segundo grupo de conexiones para la primera y la segunda redes parciales, donde los terminales de aparato de comunicaciones (211, 221, 222, 232) del primer grupo de conexiones se prevén para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de árbol de expansión dentro de la primera red parcial y donde los terminales de aparato de comunicaciones (212, 214, 223, 224, 231, 233) del segundo grupo de conexiones se prevén para una transmisión de mensajes conforme al protocolo de redundancia paralela o anular dentro de la segunda red parcial,

15 - el aparato de comunicaciones comprende medios (27) para la conexión de los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones con un terminal de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones, que presenta los menores costes de trayecto de entre los terminales de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones para una conexión de comunicaciones con el nodo de red raíz de la primera red parcial,

- y los mensajes con información de topología de la primera red parcial incluyen en cada caso un vector de prioridad de puerto (Port Priority Vector), que se intercambia y ajusta entre los aparatos de comunicaciones asignados a los nodos de red de la segunda red parcial.

20 15. Aparato de comunicaciones según la reivindicación 14, en el que el aparato de comunicaciones está instalado y configurado de tal manera que sólo se conecten con el terminal de aparato de comunicaciones del primer grupo de conexiones los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial.

25 16. Aparato de comunicaciones según una de las reivindicaciones 14 ó 15, en el que el aparato de comunicaciones está instalado y configurado de tal manera, que los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones se conecten con un terminal de aparato de comunicaciones, al que únicamente está conectado un dispositivo final de comunicaciones.

30 17. Aparato de comunicaciones según una de las reivindicaciones 14 a 16, en el que el aparato de comunicaciones está instalado y configurado de tal manera, que sólo se conecten con el terminal de aparato de comunicaciones para el dispositivo final de comunicaciones los terminales de aparato de comunicaciones del segundo grupo de conexiones, que estén en un estado, en el que los mensajes recibidos se transmitan dentro de la segunda red parcial.

35 18. Aparato de comunicaciones según una de las reivindicaciones 14 a 17, en el que el aparato de comunicaciones está instalado y configurado de tal manera, que el primer y el segundo grupo de conexiones se establecen respectivamente formando una red virtual local.

19. Aparato de comunicaciones según una de las reivindicaciones 14 a 18, en el que se prevén medios para el tratamiento de un fallo de un terminal de aparato de comunicaciones asignado a un nodo de red de la segunda red parcial o de una conexión entre dos nodos de red de la segunda red parcial sólo conforme al protocolo de redundancia paralela o anular.

40 20. Aparato de comunicaciones según una de las reivindicaciones 14 a 19, en el que se prevén medios para intercambiar mensajes con información de topología de la primera red parcial con otros aparatos de comunicaciones asignados a nodos de red de la segunda red parcial conforme al protocolo de redundancia paralela o anular.

45 21. Aparato de comunicaciones según la reivindicación 20, en el que se prevén medios para comparar los mensajes intercambiados con la información de topología de la primera red parcial con la información de topología localmente disponible de la primera red parcial y para determinar la información de topología resultante de la primera red parcial en función de un resultado de la comparación, y en el que se prevén medios para adaptar la configuración del aparato de comunicaciones, en lo que se refiere a conexiones cerradas y/o abiertas con la primera red parcial, en base a la información de topología resultante determinada de la primera red parcial.

22. Aparato de comunicaciones según una de las reivindicaciones 20 ó 21, en el que el aparato de comunicaciones está instalado y configurado de tal manera que los costes de trayecto al respectivo nodo de red raíz de la al menos una primera red parcial se determinan en base a la información de topología resultante.

FIG 1

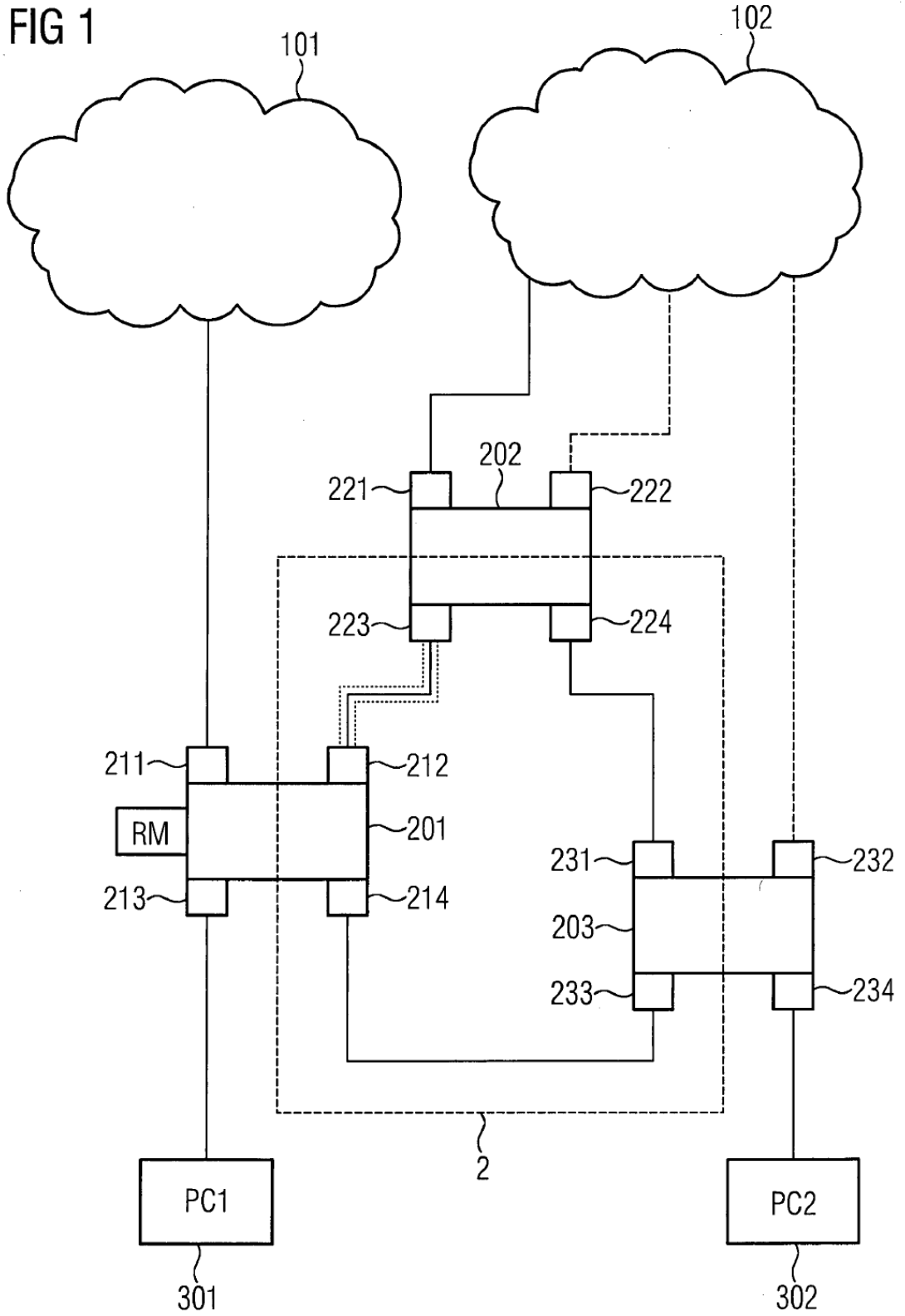


FIG 2

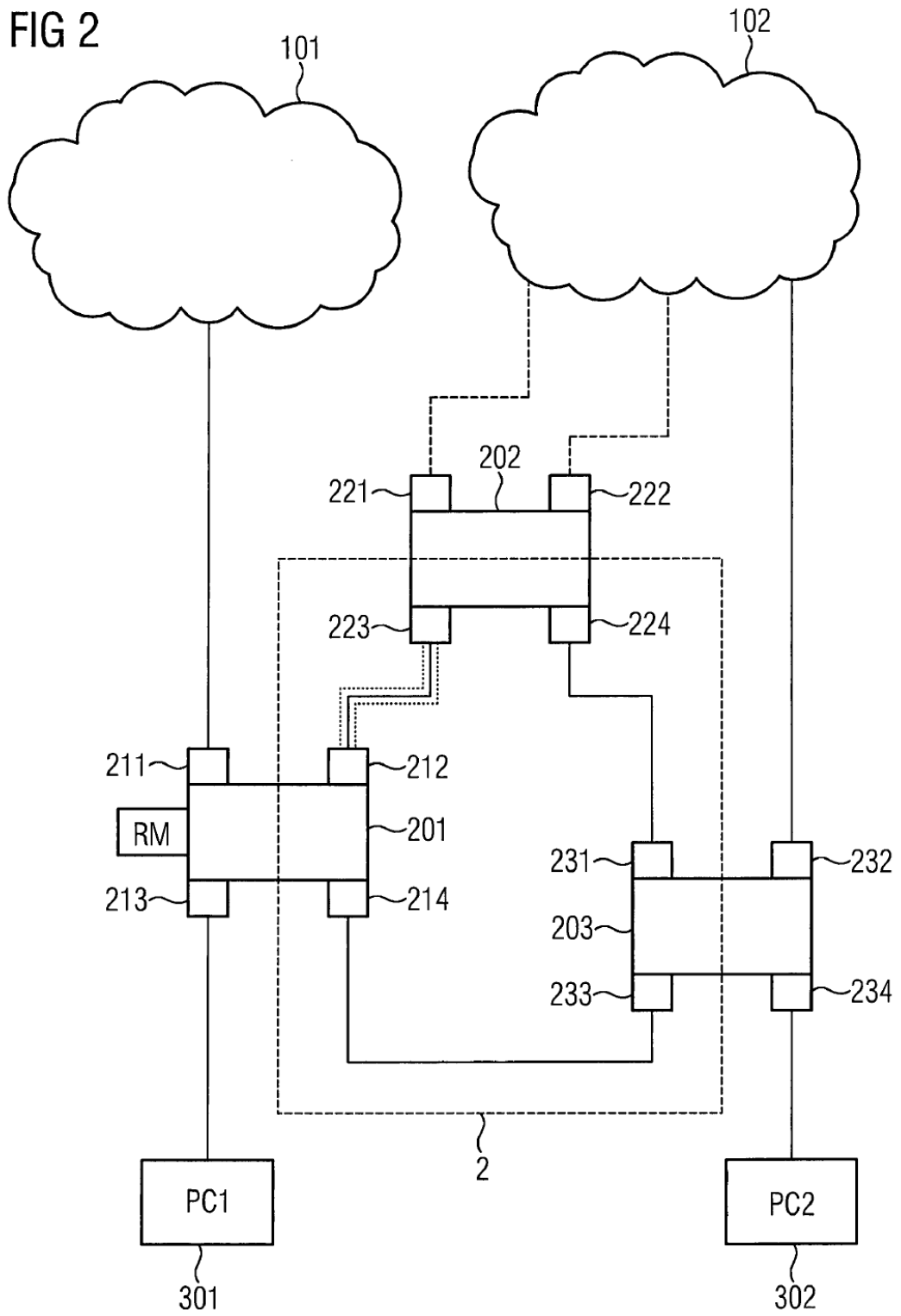


FIG 3

