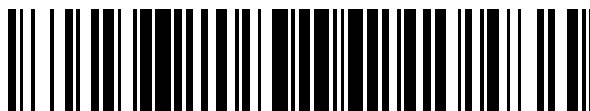


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 603**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/42** (2006.01)

**H04L 12/46** (2006.01)

**H04L 12/703** (2013.01)

**H04L 12/753** (2013.01)

**H04L 12/403** (2006.01)

**H04L 12/781** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2012 E 12177233 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2688249**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.08.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KIESSLING, MARCEL**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 579 603 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 que puede funcionar de forma redundante y aparato de comunicaciones para una red de comunicaciones industrial que puede funcionar de forma redundante.

5 Un sistema de automatización industrial comprende habitualmente un gran número de aparatos de automatización enlazados entre sí a través de una red de comunicaciones industrial y se usa, en el marco de una automatización de fabricación o procesamiento, para controlar o regular instalaciones, máquinas o aparatos. A causa de las condiciones reinantes que son críticas en cuanto al tiempo en sistemas técnicos automatizados mediante sistemas de automatización industriales se utilizan en redes de comunicaciones industriales, para las comunicaciones entre  
10 aparatos de automatización, predominantemente protocolos de comunicaciones en tiempo real como profinet, profibus o ethernet en tiempo real.

Las interrupciones de conexiones de comunicaciones entre unidades informáticas de un sistema de automatización industrial o aparatos de automatización pueden conducir a una repetición indeseada o innecesaria de una transmisión de una solicitud de servicio. Esto provoca una carga adicional de conexiones de comunicaciones del sistema.  
15 Además de esto, unos mensajes no transmitidos o no de forma completa pueden impedir por ejemplo una transición o una permanencia de un sistema de automatización industrial. Esto puede conducir finalmente a una avería de una instalación productiva completa y a una costosa parada de producción. Una problemática particular procede regularmente, en sistemas de automatización industrial, de un tráfico de mensajes consistente en relativamente abundantes mensajes, aunque relativamente cortos, con lo que se intensifican los problemas anteriores.

Del documento WO 2008/119649 A1 se conoce un procedimiento para reconfigurar una red de comunicaciones con conmutación de paquetes, que comprende una primera red parcial y una segunda red parcial. Mientras que en la primera red parcial se utiliza un primer protocolo de red, en la segunda red parcial se utiliza un segundo protocolo de red diferente del primer protocolo de red. Ambas redes parciales están unidas entre sí mediante al menos tres  
25 enlaces (del inglés link) de datos redundantes, de los que respectivamente solo uno está activado para el intercambio de datos útiles. A este respecto está activado preajustado un enlace de datos maestro (del inglés master), mientras que están desactivados preajustados al menos dos enlaces de datos esclavos (del inglés slave). Mediante un puente maestro de la segunda red parcial conectado al enlace de datos maestro se vigila una avería del enlace de datos maestro o de un enlace de datos esclavo. En el caso de una avería de este tipo el puente maestro genera un primer paquete de datos y lo transmite a un puente esclavo de la segunda red parcial, conectado a un  
30 enlace de datos esclavo. El puente esclavo se elige conforme a una regla de selección prefijable mediante el puente maestro. A continuación se trata el primer paquete de datos mediante el puente esclavo elegido. El primer paquete de datos comprende informaciones lógicas, en base a las cuales se producen una forma de realización al menos parcial del primer protocolo de red sobre un puerto del puente esclavo, conectado al enlace de datos esclavo, y una activación del enlace de datos esclavo mediante el primer protocolo de red realizado sobre el puerto del puente esclavo.

En el documento 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 a la misma. Mientras que en la primera red parcial se utiliza un protocolo de árbol de expansión, en la segunda red parcial se utiliza un segundo protocolo que se diferencia de la primera red parcial. El nodo de red está diseñado como un elemento para la segunda red parcial y está configurado para las comunicaciones dentro de la segunda red parcial. Además de esto el nodo de red está configurado y diseñado, mediante una funcionalidad de árbol de expansión, como un nodo principal de árbol de expansión, para monitorizar y controlar la segunda red parcial. De este modo la segunda red parcial puede tratarse  
40 mediante el protocolo de árbol de expansión utilizado en la primera red parcial como un nodo de red virtual, por medio de que el nodo de red como nodo principal de árbol de expansión para otros nodos de red de la segunda red parcial lleva a cabo una aplicación de protocolo de árbol de expansión.

Del documento WO 2010/105828 A1 se conoce un procedimiento para hacer funcionar una red de comunicaciones con características redundantes, que presenta una topología de red anular. Dentro de la red de comunicaciones unos aparatos de comunicaciones con sus puertos (del inglés ports) de datos están unidos entre sí a través de líneas de datos e intercambian, en base a protocolos de comunicaciones, datos de control así como datos útiles a través de las líneas de datos. Para evitar una circulación sinfín de mensajes en mallas de la red de comunicaciones, mediante los protocolos de comunicaciones se impide una transmisión de mensajes a través de puertos de datos seleccionados de aparatos de comunicaciones aislados, con excepción de mensajes para controlar o monitorizar la redundancia de medios. Dentro de la red de comunicaciones se aplican dos protocolos de comunicaciones diferentes mutuamente en paralelo en los aparatos de comunicaciones. Una aplicación paralela de los diferentes  
55 protocolos de comunicaciones se consigue por ejemplo, por medio de que se asigna un control sobre los puertos de datos a bloquear a un protocolo de comunicaciones aislado. Alternativamente a esto para los protocolos de comunicaciones pueden elegirse unos parámetros de tal manera que, mediante un primer protocolo de

comunicaciones, no se bloquee ninguna conexión que se considere activa de forma correspondiente a un segundo protocolo de comunicaciones.

El documento DE 10 2007 015 539 A1 revela un procedimiento para reconfigurar una red de comunicaciones, compuesta por una primera red parcial con topología de árbol y una segunda red parcial con topología anular.

5 El objeto de la presente invención consiste en especificar un procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial que puede funcionar de forma redundante con al menos dos redes parciales que, si se utilizan al menos dos protocolos de comunicaciones diferentes, haga posible una activación rápida de conexiones sustitutivas después de una avería de aparatos o conexiones, así como en producir un aparato de comunicaciones adecuado para llevar a cabo el procedimiento.

10 Este objeto es resuelto conforme a la invención mediante un procedimiento con las características expuestas en la reivindicación 1, así como un aparato de comunicaciones con las características expuestas en la reivindicación 13. En las reivindicaciones dependientes se exponen unos perfeccionamientos ventajosos de la presente invención. De forma correspondiente al procedimiento conforme a la invención se transmiten mensajes en una primera red parcial con topología de árbol, de forma correspondiente a un protocolo de árbol de expansión. A este respecto unos  
 15 aparatos de comunicaciones asociados a unos nodos de red de la primera red parcial intercambian entre ellos, para formar una topología de árbol, mensajes con informaciones topológicas. En base a las informaciones topológicas intercambiadas se establece un nodo de red raíz, como elemento base de una topología de árbol, mediante los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la primera red parcial. Partiendo del nodo de red raíz se establecen unas conexiones sin bucles con los restantes nodos de red de la primera red parcial. En una segunda  
 20 red parcial se transmiten mensajes de forma correspondiente a un protocolo de redundancia paralela o anular. La primera y la segunda red parcial están acopladas entre ellas a través de un gran número de aparatos de comunicaciones. Los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la primera o de la segunda red parcial son de forma preferida conmutadores (del inglés switches) o puentes (del inglés bridges). Los aparatos de comunicaciones asociados a nodos de red de la segunda red parcial intercambian entre ellos mensajes con  
 25 informaciones topológicas de la primera red parcial, de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular, y comparan las mismas con informaciones topológicas localmente presentes de la primera red parcial. En función de un resultado comparativo los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial establecen unas informaciones topológicas resultantes de la primera red parcial. Además de esto los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial adaptan, en base a las  
 30 informaciones topológicas resultantes establecidas de la primera red parcial, su configuración en cuanto a conexiones cerradas o abiertas a la primera de parcial.

Al contrario que en los planteamientos anteriores, dentro de la segunda red parcial no se produce conforme a la invención ninguna aplicación paralela de un protocolo de árbol de expansión y de un protocolo de redundancia  
 35 paralela o anular. De forma preferida se transmiten mensajes entre los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial exclusivamente de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular. De este modo no es necesario formar para la segunda red parcial ninguna topología de árbol mediante un protocolo de árbol de expansión. Esto contribuye decisivamente a una activación rápida de conexiones sustitutorias según averías de aparatos o conexiones. Además de esto se aplican el protocolo de árbol de expansión y el protocolo de redundancia paralela o anular, en la respectiva red parcial, fundamentalmente desacoplados uno  
 40 del otro. La segunda red parcial se representa, para una aplicación del protocolo de árbol de expansión en la primera red parcial, mediante un único aparato de comunicaciones que enlaza entre sí nodos de red en la primera red parcial. En total una aplicación del protocolo de árbol de expansión en la primera red parcial para aparatos de comunicaciones en la segunda red parcial y a la inversa se manifiesta como transparente. Se consigue un desacoplamiento de este tipo mediante una tunelación de informaciones topológicas de la primera red parcial  
 45 mediante la segunda red parcial, así como mediante un ajuste de las informaciones topológicas para formar informaciones topológicas resultantes en el sentido de una derivación de las mejores informaciones. Estas informaciones topológicas resultantes pueden usarse a su vez para una aplicación del protocolo de árbol de expansión en la primera red parcial.

Además de esto las informaciones topológicas resultantes de la primera red parcial se establecen uniformemente,  
 50 conforme a la invención, mediante todos los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial. A este respecto las informaciones topológicas para aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la primera red parcial se proporcionan para la aplicación del protocolo de árbol de expansión en la primera red parcial.

De forma correspondiente a una conformación preferida del procedimiento conforme a la invención las informaciones  
 55 topológicas de la primera red parcial comprenden datos sobre las conexiones existentes entre nodos de red de la primera red parcial, y se establecen unas conexiones sin bucles que parten del nodo de red raíz con los restantes nodos de red de la primera red parcial en base a un establecimiento de costes de ruta mínimos para el nodo de red raíz.

5 En el caso del protocolo de árbol de expansión puede tratarse por ejemplo del protocolo de árbol de expansión (del inglés spanning tree protocol) correspondiente a la IEEE 802.1d, del protocolo de árbol de expansión rápida (del inglés rapid spanning tree protocol) correspondiente a la IEEE 802.1w o del protocolo de árbol de expansión múltiple (del inglés multiple spanning tree protocol) correspondiente a la IEEE 802.1. Los mensajes con informaciones topológicas de la primera red parcial son preferiblemente unidades de datos de protocolo puente (del inglés bridge protocol data units (BPDU)), que pueden comprender por ejemplo respectivamente un vector de prioridad de puerto (del inglés port priority vector), que se intercambia y ajusta entre los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial.

10 El protocolo de redundancia paralela o anular es por ejemplo el protocolo de redundancia paralela (del inglés parallel redundancy protocol) correspondiente a la IEC 62439-3, cláusula (del inglés clause) 4, el protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad (del inglés high availability seamless redundancy-protocol) correspondiente a la IEC 62439-3, cláusula 5 o el protocolo de redundancia de medios (del inglés media redundancy protocol) correspondiente a la IEC 62439. Si se utiliza el protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad como protocolo de redundancia anular, los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial comprenden de forma preferida respectivamente al menos una primera y una segunda unidad de emisión y recepción, que presentan respectivamente una interfaz para una conexión de red de la primera red parcial. La segunda red parcial presenta en este caso una topología anular. Asimismo ambas unidades de emisión y recepción presentan una dirección de red idéntica y de forma preferida un identificador de aparato idéntico. Además de esto a las primeras y segundas unidades de emisión y recepción está conectada ventajosamente en cada caso una unidad de tratamiento de señales, que transmite los mensajes a enviar en paralelo a ambas unidades de emisión y detecta los mensajes redundantes recibidos por las unidades de recepción. Además de esto a las unidades de tratamiento de señales está conectado de forma preferida en cada caso un elemento de acoplamiento, a través del cual un nodo de red sintonizado de forma sencilla o una red parcial sin redundancia está conectado(a) a la unidad de tratamiento de señales. De forma correspondiente a otra conformación del procedimiento conforme a la invención los mensajes redundantes entre ellos se etiquetan mediante un número secuencial uniforme, en donde en una unidad de memoria asociada a la unidad de tratamiento de señales se archivan números secuenciales de mensajes ya recibidos sin errores. La unidad de tratamiento de señales puede comprobar de este modo, al recibir un nuevo mensaje, si su número secuencial coincide con un número secuencial ya archivado.

30 Si se utiliza el protocolo de redundancia de medios como protocolo de redundancia anular, de forma correspondiente a otra conformación ventajosa 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 paquetes de datos de prueba enviados, y controla una transmisión de paquetes de datos con datos útiles, que están dirigidos a una primera conexión del aparato de comunicaciones configurado como unidad de monitorización y control, en una segunda conexión de este aparato de comunicaciones.

40 El aparato de comunicaciones conforme a la invención está previsto y es adecuado para una red de comunicaciones industrial que puede funcionar de forma redundante, que comprende una primera red parcial con topología de árbol así como transmisión de mensajes de forma correspondiente a un protocolo de árbol de expansión, una segunda red parcial así como transmisión de mensajes de forma correspondiente a un protocolo de redundancia paralela o anular y un gran número de aparatos de comunicaciones, que acoplan ambas redes parciales. Como medios para transmitir mensajes dentro de la segunda red parcial, de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular, están previstas por ejemplo una primera y una segunda unidad de emisión y recepción, una unidad de tratamiento de señales con una unidad multiplexora y una unidad de tratamiento de redundancia, así como un elemento de acoplamiento conectado a la unidad de tratamiento de señales. El elemento de acoplamiento es de forma preferida un bus de alta velocidad, a través del cual puede conectarse a la unidad de tratamiento de señales por ejemplo nodos de red sintonizados de forma sencilla o redes parciales sin redundancia. El elemento de acoplamiento puede ser en particular un conmutador de plano trasero (del inglés backplane switch) con controlador asociado. Alternativamente a esto el elemento de acoplamiento puede estar realizado básicamente también mediante una red de conmutación matricial. La unidad de tratamiento de señales está realizada de forma preferida mediante un dispositivo de puertas programables por campo (del inglés field programmable gate arrays (FPGA)).

55 El aparato de comunicaciones conforme a la invención comprende asimismo unos medios para intercambiar mensajes con informaciones topológicas de la primera red parcial con otros aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial, de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular. Estos medios pueden estar realizados por ejemplo mediante la primera y la segunda unidad de emisión y recepción, la unidad de tratamiento de señales, el elemento de acoplamiento y un envoltorio (del inglés wrapper) de protocolo asociado a la unidad de tratamiento de señales. Las informaciones topológicas están previstas conforme a la invención para el establecimiento de un nodo de red raíz como elemento base de la topología de árbol. A este respecto el nodo de red raíz forma un punto de partida para el establecimiento de conexiones sin bucles con los restantes nodos de red de la primera red parcial. Además de esto están previstos unos medios para comparar mensajes intercambiados con informaciones topológicas de la primera red parcial con informaciones topológicas localmente presentes de la primera red local y para establecer informaciones topológicas resultantes de la primera

red local en función de un resultado comparativo. Estos medios pueden estar realizados por ejemplo mediante la unidad de tratamiento de señales.

Además de esto el aparato de comunicaciones conforme a la invención comprende unos medios para su adaptación de configuración en cuanto a conexiones cerradas o abiertas con la primera red parcial, en base a las informaciones topológicas resultantes establecidas de la primera red parcial. Estos medios pueden estar realizados por ejemplo mediante un controlador del elemento de acoplamiento. El aparato de comunicaciones conforme a la invención está diseñado para una transmisión de mensajes dentro de la segunda red parcial, exclusivamente de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular. Por ello el protocolo de árbol de expansión y el protocolo de redundancia paralela o anular pueden aplicarse, en la red parcial respectiva, fundamentalmente desacoplados uno del otro. Esto hace posible unos tiempos de recuperación (del inglés recovery) claramente reducidos después de averías de aparatos o conexión.

El protocolo de redundancia paralela o anular puede ser por ejemplo el protocolo de redundancia paralela, el protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad o el protocolo de redundancia de medios. Si en el protocolo de redundancia anular se trata del protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad, los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial comprenden de forma preferida respectivamente al menos una primera y una segunda unidad de emisión y recepción, que presentan respectivamente una interfaz para comunicaciones de red de la segunda red parcial. La segunda red parcial presenta en este caso una topología anular. Además de esto ambas unidades de emisión y recepción presentan una dirección de red idéntica y un identificador de aparato idéntico. De forma preferida a la primera y a la segunda unidad de emisión y recepción está unida una unidad de tratamiento de señales, que comprende una unidad multiplexora para la transmisión paralela de mensajes a enviar en ambas unidades de emisión y una unidad de tratamiento de redundancia para el tratamiento de mensajes recibidos en ambas unidades de recepción. Además de esto la unidad de tratamiento de redundancia presenta de forma preferida una unidad de filtro, que está diseñada para una detección de mensajes redundantes recibidos. A la unidad de tratamiento de señales puede estar conectado además un elemento de acoplamiento, a través del cual puede estar conectado a la unidad de tratamiento de señales por ejemplo un nodo de red sintonizado de forma sencilla o una red parcial sin redundancia.

De forma correspondiente a otra conformación del aparato de comunicaciones conforme a la invención los mensajes redundantes entre ellos están etiquetados mediante un número secuencial uniforme. A este respecto a la unidad de tratamiento de señales está asociada de forma preferida una unidad de memoria, que está diseñada para archivar números secuenciales de mensajes ya recibidos sin errores. La unidad de tratamiento de redundancia está diseñada para comprobar un número secuencial ya archivado al recibir un mensaje nuevo.

A continuación se explica con más detalle la invención con un ejemplo de realización, en base al dibujo. Aquí muestran

la figura 1 una red de comunicaciones industrial que puede funcionar de forma redundante, que comprende una primera red parcial con topología de árbol y una segunda red parcial con topología anular, en un estado de conexión sin errores,

la figura 2 la red de comunicaciones conforme a la figura 1 en un estado con un error de conexión en la segunda red parcial,

la figura 3 la red de comunicaciones conforme a la figura 1 en un estado con un error de conexión en la primera red parcial,

la figura 4 un aparato de comunicaciones, que está asociado a un nodo de red de la segunda red parcial,

la figura 5 un aparato de comunicaciones, que está asociado a un nodo de red de una red parcial, en el que se utiliza un protocolo de redundancia paralela.

La red de comunicaciones industrial representada en la figura 1 comprende una primera red parcial 1 con topología de árbol así como una transmisión de mensajes de forma correspondiente a un protocolo de árbol de expansión, y una segunda red parcial 2 con topología anular así como una transmisión de mensajes de forma correspondiente a un protocolo de redundancia anular. Los mensajes entre los aparatos de comunicaciones 201-206 asociados a los nodos de red de la segunda red parcial 2 se transmiten exclusivamente de forma correspondiente al protocolo de redundancia anular.

La primera 1 y la segunda red parcial 2 están acopladas entre ellas a través de un gran número de aparatos de comunicaciones 101, 104, 105, 110, 202, 203, 205, 206. Para evitar conexiones de bucle indeseadas se han activado en el presente ejemplo de realización solo tres conexiones entre los aparatos de comunicaciones 101, 104, 105, 110, 202, 203, 205, 206. Las conexiones desactivadas se han representado en las figuras mediante líneas a

trazos, mientras que las líneas continuas simbolizan conexiones activadas. Esto es aplicable a ambas redes parciales 1, 2.

Los aparatos de comunicaciones 101-110 asociados a los nodos de red de la primera red parcial 1 se intercambian entre ellos mensajes con informaciones topológicas, para formar una topología de árbol, y establecen, en base a las informaciones topológicas intercambiadas, un nodo de red raíz como elemento base de una topología de árbol. El protocolo de árbol de expansión es en el presente ejemplo de realización el protocolo de árbol de expansión rápida. Sin embargo, los modos de realización siguientes son igualmente válidos para el protocolo de árbol de expansión, el protocolo de árbol de expansión múltiple o protocolos de árbol de expansión comparables. En el presente ejemplo de realización el nodo de red asociado al aparato de comunicaciones 101 se ha determinado como nodo de red raíz en base al identificador de nodo y a la prioridad asociada, de forma correspondiente al protocolo de árbol de expansión rápida. El aparato de comunicaciones 101 representa de este modo un puente raíz (del inglés root bridge). Los mensajes 100 con informaciones topológicas de la primera red parcial 1, intercambiados entre los aparatos de comunicaciones 101-110 de la primera red parcial 1, pueden ser por ejemplo unidades de datos de protocolo puente (BPDU), mediante las cuales los aparatos de comunicaciones 101-110 de la primera red parcial 1 configuran sus estados de puerto. Mediante una configuración de los estados de puerto se activan o desactivan en particular conexiones entre nodos de red.

Partiendo del nodo de red raíz se establecen conexiones sin bucles con los restantes nodos de red de la primera red parcial 1. Esto es también aplicable a conexiones de tránsito a través de la segunda red parcial 2 con topología anular. Para ello intercambian entre ellos los aparatos de comunicaciones 201-206 asociados a los nodos de red de la segunda red parcial 2 mensajes 200 con informaciones topológicas de la primera red parcial 1, de forma correspondiente al protocolo de redundancia anular, y comparan los mismos con informaciones topológicas localmente presentes de la primera red local. Los mensajes 200 con informaciones topológicas de la primera red parcial 1, intercambiados entre los aparatos de comunicaciones 201-206 de la segunda red parcial 2, comprenden en el presente ejemplo de realización respectivamente un vector de prioridad de puerto (del inglés port priority vector), a partir de cuyo ajuste todos los aparatos de comunicaciones 201-206 establecen uniformemente, en función de un resultado comparativo, un vector de prioridad raíz (del inglés root priority vector) como informaciones topológicas resultantes de la primera red parcial 1. En base a las informaciones topológicas resultantes establecidas de la primera red parcial 1, los aparatos de comunicaciones 201-206 asociados a los nodos de red de la segunda red parcial 2 adaptan su configuración a la primera red parcial 1 en cuanto a conexiones cerradas o abiertas. Los aparatos de comunicaciones 101-110, 201-206 asociados a los nodos de red de la primera 1 y de la segunda red parcial 2 son en el presente ejemplo de realización conmutadores o puentes.

Las informaciones topológicas de la primera red parcial 1 resultantes, establecidas uniformemente por los aparatos de comunicaciones 201-206 de la segunda red parcial 2, se proporcionan también a los aparatos de comunicaciones 101-110 de la primera red parcial 1 para aplicar el protocolo de árbol de expansión en la primera red parcial 1. De este modo la segunda red parcial 2 puede representarse, para una aplicación del protocolo de árbol de expansión en la primera red parcial 1, mediante un único aparato de comunicaciones asociado que conecta entre sí nodos de red, en particular mediante un puente RSTP funcional, en la primera red parcial 1. Por ello las conexiones de tránsito a través de la segunda red parcial 2 son transparentes para los aparatos de comunicaciones de la primera red parcial 1.

Las informaciones topológicas de la primera red parcial 1 comprenden en particular datos sobre los enlaces existentes entre nodos de red de la primera red parcial 1 y sus costes de ruta. En base al establecimiento de unos costes de ruta mínimos para el nodo de red raíz, los aparatos de comunicaciones 101-110 de la primera red parcial establecen interactuando de forma autónoma unas conexiones sin bucles, que parten del nodo de red raíz, con los restantes nodos de red de la primera red parcial 1. Pueden deducirse más detalles sobre ello, con relación al protocolo de árbol de expansión rápida, por ejemplo de la IEEE 802.1w.

En un estado de conexión sin errores, para evitar conexiones con bucle, de forma correspondiente a la figura 1 están desactivadas las conexiones entre los aparatos de comunicaciones 103 y 104, 104 y 202, 203 y 204, 106 y 108, 107 y 108 así como 107 y 109. En el caso de un error de conexión representado en la figura 2, en la segunda red parcial 2 entre los aparatos de comunicaciones 201 y 202, se activa de forma correspondiente al protocolo de redundancia anular aplicado en la segunda red parcial 2 la conexión entre los aparatos de comunicaciones 203 y 204, sin que ello tenga efectos sobre la primera red parcial 1. De forma correspondiente un error de conexión entre los aparatos de comunicaciones 206 y 105 representado en la figura 3 tampoco tiene ninguna consecuencia de gran importancia sobre la segunda red parcial 2. Para el tratamiento de errores solo queda activada precisamente, de forma correspondiente al protocolo de árbol de expansión utilizado en la primera red parcial 1, la conexión entre los aparatos de comunicaciones 205 y 110, sin que ello tenga efectos sobre los restantes aparatos de comunicaciones 201-204, 206. Unas medidas de tratamiento de errores adicionales, precisamente una activación de las conexiones entre los aparatos de comunicaciones 106 y 108 así como 107 y 108 y una desactivación de la conexión entre los aparatos de comunicaciones 105 y 107, quedan limitadas a la primera red parcial 1. Un tratamiento de errores puede realizarse por lo tanto básicamente siempre en la red parcial afectada directamente por un error o una perturbación, sobre la base de un protocolo de comunicaciones allí utilizado.

En la figura 4 se han representado con más detalle un aparato de comunicaciones 201 asociado a un nodo de red de la segunda red parcial 2 y está conectado en una estructura anular a otros aparatos de comunicaciones 202-206. Básicamente también los restantes aparatos de comunicaciones 202-206 de la segunda red parcial 2 pueden estar estructurados de forma idéntica. Un aparato de comunicaciones 204 puede estar asociado por ejemplo a un sistema de adquisición de datos y control de supervisión (del inglés supervisory control and data acquisition (SCADA)) de un sistema industrial de automatización de fabricación o procesamiento.

Como medios para la transmisión de mensajes dentro de la segunda red parcial, el aparato de comunicaciones 201 comprende al menos una primera 11 y una segunda unidad de emisión y recepción 12, una unidad de tratamiento de señales 13 con una unidad multiplexora 131 y una unidad de tratamiento de redundancia 132 así como un elemento de acoplamiento 14 conectado a la unidad de tratamiento de señales 13. Ambas unidades de emisión y recepción 11, 12 presentan una dirección de red idéntica y un identificador de aparatos MAC idéntico. Si se utiliza una solución basada en PC con dos tarjetas de ampliación de red de comunicaciones, sin embargo, éstas pueden presentar diferentes direcciones MAC. En este caso una de las dos direcciones MAC es utilizada por ambas tarjetas de ampliación uniformemente para procesos de emisión o recepción, como dirección MAC común.

La unidad multiplexora 131 se usa para la transmisión paralela de paquetes de datos a enviar a ambas unidades de emisión 11, 12, mientras que la unidad de tratamiento de redundancia 132 está prevista para el tratamiento de los paquetes de datos 40, 41 recibidos por ambas unidades de recepción 11, 12. La unidad de tratamiento de redundancia 132 comprende además una unidad de filtro 133, que está diseñada para una detección de paquetes de datos redundantes recibidos.

La unidad de tratamiento de señales está reAalizada en el presente ejemplo de realización mediante un dispositivo de puertas programables por campo (FPGA). El elemento de acoplamiento 14 es un conmutador de plano trasero con controlador asociado y conecta varios aparatos de automatización 31-33 a la unidad de tratamiento de señales 13. Asimismo el elemento de acoplamiento 14 está conectado, a través de respectivamente una conexión inter-enlace (del inglés interlink), a los aparatos de automatización 31-33. La unidad de tratamiento de señales 13 presenta una unidad de memoria 135, en la que está archivada una tabla de nodo proximal (del inglés proxy node table) con datos sobre todos los aparatos de automatización 31-33 conectados al elemento de acoplamiento 14.

Como medios para intercambiar mensajes 200 de la primera red parcial 1, de forma correspondiente al protocolo de redundancia anular, el aparato de comunicaciones 201 representado en al figura 4 comprende la primera 11 y la segunda unidad de emisión y recepción 12, la unidad de tratamiento de señales 13, el elemento de acoplamiento 14 y un envoltorio de protocolo 136 asociado a la unidad de tratamiento de señales. Además de esto la unidad de tratamiento De señales 13 está prevista para comparar mensajes 200, con informaciones topológicas de la primera red local 1 intercambiadas, con unas informaciones topológicas presentes en el aparato de comunicaciones 201. Además de esto la unidad de tratamiento de señales 13 está conformada y diseñada, en el presente ejemplo de realización, para establecer informaciones topológicas resultantes de la primera red parcial 1 en función de un resultado comparativo.

Además de esto el controlador 142 del elemento de acoplamiento 14 está previsto ventajosamente para adaptar la configuración del aparato de comunicaciones 201 en cuanto a las conexiones cerradas o abiertas a la primera red parcial 1. La adaptación de configuración se realiza a este respecto en base a las informaciones topológicas resultantes establecidas de la primera red parcial 1.

El aparato de comunicaciones 201 está diseñado de forma preferida para una transmisión de mensajes tanto de forma correspondiente al protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad como de forma correspondiente al protocolo de redundancia de medios. Para una transmisión de mensajes de forma correspondiente al protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad, la unidad de tratamiento de redundancia 132 comprende una unidad de memoria 134, que está diseñada para archivar números secuenciales de mensajes ya recibidos sin errores. De este modo la unidad de tratamiento de redundancia 132, al recibir un nuevo mensaje, puede comprobar si su número secuencial coincide con un número secuencial ya archivado y, dado el caso, rechazar mensajes redundantes que están etiquetados mediante un número secuencial uniforme y se han detectado de forma correspondiente a ello.

Las características de los ejemplos de realización descritos anteriormente pueden estar realizadas tanto individualmente como en una combinación descrita unas con otras. En particular una aplicación de la presente invención no está limitada a una segunda red parcial, en la que se utilice un protocolo de redundancia anular, sino que los modos de realización anteriores son análogamente válidos también para una segunda red parcial, en la que se utilice un protocolo de redundancia paralela como el protocolo de redundancia paralela. En la figura 5 se ha representado a modo de ejemplo un aparato de comunicaciones 201 para una segunda red parcial, en el que se utiliza el protocolo de redundancia paralela. En este caso la segunda red parcial comprende por ejemplo dos redes locales 21, 22 mutuamente redundantes, a las que está conectada respectivamente una unidad de recepción y recepción 11, 12 del aparato de comunicaciones 201 representado en la figura 5, que por lo demás comprende unos componentes correspondientes como el aparato de comunicaciones 201 representado en al figura 4. Entre estos se encuentran en particular una unidad de tratamiento de señales 13 con unidad multiplexora 131, una unidad de

tratamiento de redundancia 132, una unidad de memoria 135 para una tabla de nodo proximal y un envoltorio de protocolo 135, así como un elemento de acoplamiento 14 con un controlador asociado. En cuanto a su funcionalidad estos componentes se corresponden, transferido al protocolo de redundancia paralela, con los del aparato de comunicaciones representado en la figura 4.



**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la transmisión de mensajes en una red de comunicaciones industrial que puede funcionar de forma redundante, en el que
- 5 - se transmiten mensajes en una primera red parcial (1) con topología de árbol, de forma correspondiente a un protocolo de árbol de expansión, en donde unos aparatos de comunicaciones (101-110) asociados a unos nodos de red de la primera red parcial intercambian entre ellos, para formar una topología de árbol, mensajes (100) con informaciones topológicas y, en base a las informaciones topológicas intercambiadas, se establece un nodo de red raíz como elemento base de una topología de árbol, mediante los aparatos de comunicaciones (101-110) asociados a los nodos de red de la primera red parcial, y en donde partiendo del nodo de red raíz se establecen unas conexiones sin bucles con los restantes nodos de red de la primera red parcial (1),
  - 10 - en una segunda red parcial (2) se transmiten mensajes de forma correspondiente a un protocolo de redundancia paralela o anular,
  - la primera y la segunda red parcial (1, 2) están acopladas entre ellas a través de un gran número de aparatos de comunicaciones (101, 104, 105, 110; 201, 203, 205, 206),
  - 15 - los aparatos de comunicaciones (201-206) asociados a los nodos de red de la segunda red parcial (2) intercambian entre ellos mensajes (200) con informaciones topológicas de la primera red parcial (1), de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular, comparan las mismas con informaciones topológicas localmente presentes de la primera red parcial (1) y, en función de un resultado comparativo establecen unas informaciones topológicas resultantes de la primera red parcial (1), en donde las informaciones topológicas resultantes de la primera red parcial (1) se establecen uniformemente, mediante todos los aparatos de comunicaciones (201-206) asociados a los nodos de red de la segunda red parcial (2),
  - 20 - los aparatos de comunicaciones (201-206) asociados a los nodos de red de la segunda red parcial (2) adaptan, en base a las informaciones topológicas resultantes establecidas de la primera red parcial (1), su configuración en cuanto a conexiones cerradas o abiertas a la primera de parcial (1),
  - 25 - mediante los aparatos de comunicaciones (201-206) asociados a los nodos de red de la segunda red parcial (2) se proporcionan unas informaciones topológicas resultantes uniformes para la aplicación del protocolo de árbol de expansión en la primera red parcial (1).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que las informaciones topológicas de la primera red parcial comprenden datos sobre los enlaces existentes entre nodos de red de la primera red parcial, y en el que se establecen unas conexiones sin bucles que parten del nodo de red raíz con los restantes nodos de red de la primera red parcial, en base a un establecimiento de costes de ruta mínimos para el nodo de red raíz.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que se transmiten mensajes entre los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial exclusivamente de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular.
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la segunda red parcial se representa, para una aplicación del protocolo de árbol de expansión en la primera red parcial, mediante un único aparato de comunicaciones que enlaza entre sí nodos de red en la primera red parcial.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el protocolo de árbol de expansión es el protocolo de árbol de expansión, el protocolo de árbol de expansión rápida o el protocolo de árbol de expansión múltiple.
- 40 6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que los mensajes con informaciones topológicas de la primera red parcial son unidades de datos de protocolo puente.
7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, en el que los mensajes con informaciones topológicas de la primera red parcial comprenden respectivamente un vector de prioridad de puerto, que se intercambia y ajusta entre los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial.
- 45 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la primera y/o de la segunda red parcial son conmutadores o puentes.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el protocolo de redundancia paralela o anular es el protocolo de redundancia paralela, el protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad o el protocolo de redundancia de medios.
- 5 10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la segunda red parcial presenta una topología anular, y en el que el protocolo de redundancia paralela o anular es el protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad, y en el que los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial comprenden respectivamente al menos una primera y una segunda unidad de emisión y recepción, que presentan respectivamente una interfaz para una conexión de red de la segunda red parcial, en donde ambas unidades de emisión y recepción presentan una dirección de red idéntica y un identificador de aparato idéntico, y en el que a las 10 primeras y segundas unidades de emisión y recepción está conectada en cada caso una unidad de tratamiento de señales, que transmite los mensajes a enviar en paralelo a ambas unidades de emisión y detecta los mensajes redundantes recibidos por las unidades de recepción, y en el que a las unidades de tratamiento de señales está conectado en cada caso un elemento de acoplamiento, a través del cual un nodo de red sintonizado de forma sencilla o una red parcial sin redundancia está conectado(a) a la unidad de tratamiento de señales.
- 15 11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que los mensajes redundantes entre ellos se etiquetan mediante un número secuencial uniforme, y en donde en una unidad de memoria asociada a la unidad de tratamiento de señales se archivan números secuenciales de mensajes ya recibidos sin errores, y en el que la unidad de tratamiento de señales puede comprobar, al recibir un nuevo mensaje, si su número secuencial coincide con un número secuencial ya archivado.
- 20 12. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la segunda red parcial presenta una topología anular, y en el que el protocolo de redundancia paralela o anular es el protocolo de redundancia de medios, y en el que en la segunda red parcial está configurado un aparato de comunicaciones como unidad de monitorización y control, que detecta una interrupción dentro de la topología anular, en base a paquetes de datos de prueba enviados, y controla una transmisión de paquetes de datos con datos útiles, que están dirigidos a una primera conexión del aparato de 25 comunicaciones configurado como unidad de monitorización y control, en una segunda conexión de este aparato de comunicaciones.
- 30 13. Aparato de comunicaciones para una red de comunicaciones industrial que puede funcionar de forma redundante, que comprende una primera red parcial (1) con topología de árbol así como transmisión de mensajes de forma correspondiente a un protocolo de árbol de expansión, una segunda red parcial (2) con transmisión de mensajes de forma correspondiente a un protocolo de redundancia paralela o anular y un gran número de aparatos de comunicaciones (101, 104, 105, 110; 202, 203, 205, 206), que acoplan ambas redes parciales, con
- unos medios para transmitir mensajes (11, 12) dentro de la segunda red parcial (2), de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular,
  - unos medios (11, 12) para intercambiar mensajes (100) con informaciones topológicas de la primera red parcial (1) con otros aparatos de comunicaciones (201-206) asociados a los nodos de red de la segunda red parcial (2), de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular, en donde las informaciones topológicas están previstas para el establecimiento de un nodo de red raíz como elemento base de la topología de árbol, y en donde el nodo de red raíz forma un punto de partida para el establecimiento de conexiones sin bucles con los restantes nodos de red de la primera red parcial (1),
  - unos medios (13) para comparar mensajes (100) intercambiados con informaciones topológicas de la primera red parcial (1) con informaciones topológicas localmente presentes de la primera red local y para el establecimiento uniforme dentro de la segunda red parcial (2) de informaciones topológicas resultantes de la primera red local (1) en función de un resultado comparativo, en donde mediante los aparatos de comunicaciones (201-206) asociados a los nodos de red de la segunda red parcial (2) se proporcionan unas informaciones topológicas resultantes uniformes para aplicar el protocolo de árbol de expansión en la primera red parcial (1),
  - unos medios (14) para adaptar la configuración del aparato de comunicaciones en cuanto a conexiones cerradas y/o abiertas a la primera de parcial (1), en base a las informaciones topológicas resultantes establecidas de la primera red parcial (1).
- 40 14. Aparato de comunicaciones según la reivindicación 13, en el que el aparato de comunicaciones está diseñado para una transmisión de mensajes dentro de la segunda red parcial, exclusivamente de forma correspondiente al protocolo de redundancia paralela o anular.
- 50 15. Aparato de comunicaciones según una de las reivindicaciones 13 ó 14, en el que el protocolo de árbol de expansión es el protocolo de árbol de expansión, el protocolo de árbol de expansión rápida o el protocolo de árbol de expansión múltiple.

16. Aparato de comunicaciones según la reivindicación 15, en el que los mensajes con informaciones topológicas de la primera red parcial son unidades de datos de protocolo puente.
17. Aparato de comunicaciones según la reivindicación 15 ó 16, en el que los mensajes con informaciones topológicas comprenden respectivamente un vector de prioridad de puerto, que se intercambia y ajusta entre los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial.
18. Aparato de comunicaciones según una de las reivindicaciones 13 a 17, en el que los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la primera y/o de la segunda red parcial son conmutadores o puentes.
19. Aparato de comunicaciones según una de las reivindicaciones 13 a 18, en el que el protocolo de redundancia paralela o anular es el protocolo de redundancia paralela, el protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad o el protocolo de redundancia de medios.
20. Aparato de comunicaciones según la reivindicación 19, en el que la segunda red parcial presenta una topología anular, y en el que el protocolo de redundancia paralela o anular es el protocolo de redundancia continua de alta disponibilidad, y en el que los aparatos de comunicaciones asociados a los nodos de red de la segunda red parcial comprenden respectivamente al menos una primera y una segunda unidad de emisión y recepción, que presentan respectivamente una interfaz para una conexión de red de la segunda red parcial, en donde ambas unidades de emisión y recepción presentan una dirección de red idéntica y un identificador de aparato idéntico, y en el que a las primeras y segundas unidades de emisión y recepción está conectada en cada caso una unidad de tratamiento de señales, y en el que la unidad de tratamiento de señales presenta una unidad multiplexora para la transmisión paralela de mensajes a enviar en ambas unidades de emisión y una unidad de tratamiento de redundancia para el tratamiento de mensajes recibidos en ambas unidades de recepción, en donde la unidad de tratamiento de redundancia comprende una unidad de filtro, que está diseñada para una detección de mensajes redundantes recibidos, y en el que a las unidades de tratamiento de señales está conectado respectivamente un elemento de acoplamiento, a través del cual está conectado a la unidad de tratamiento de señales un nodo de red sintonizado de forma sencilla o una red parcial sin redundancia.
21. Aparato de comunicaciones según la reivindicación 20, en el que los mensajes redundantes entre ellos se etiquetan mediante un número secuencial uniforme, y en el que está asociada una unidad de memoria a la unidad de tratamiento de señales, que está diseñada para archivar números secuenciales de mensajes ya recibidos sin errores, y en el que la unidad de tratamiento de redundancia está diseñada para comprobar, al recibir un nuevo mensaje, un número secuencial ya archivado.

FIG 1

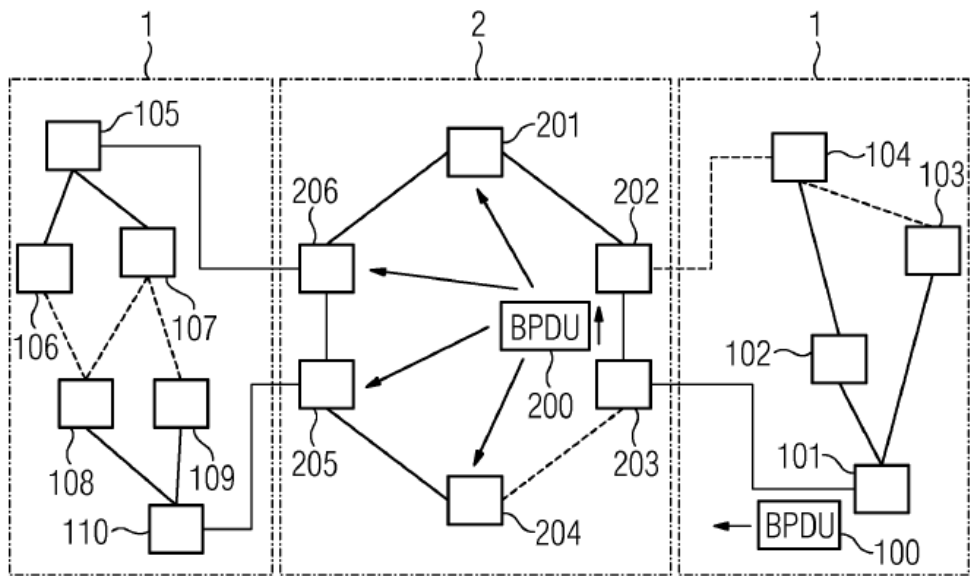


FIG 2

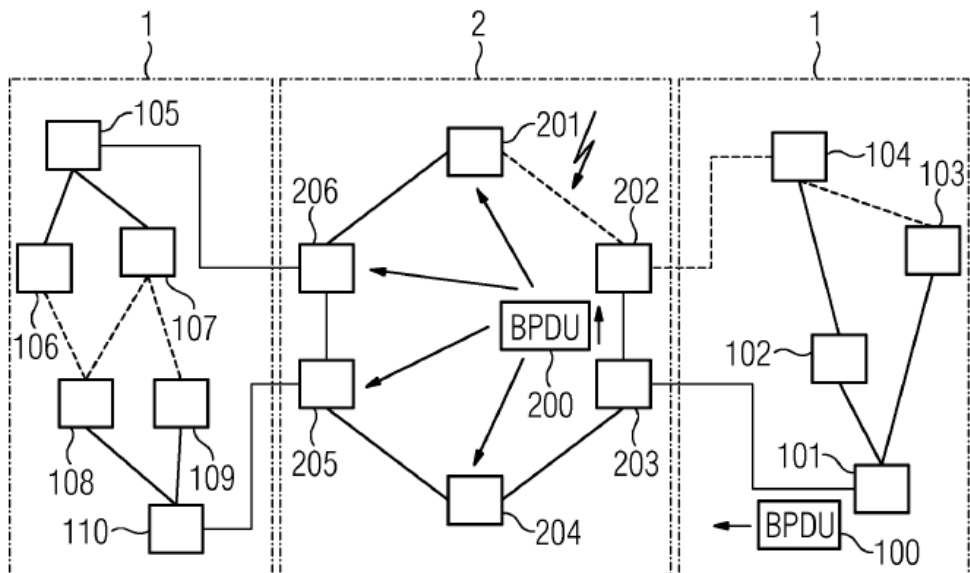


FIG 3

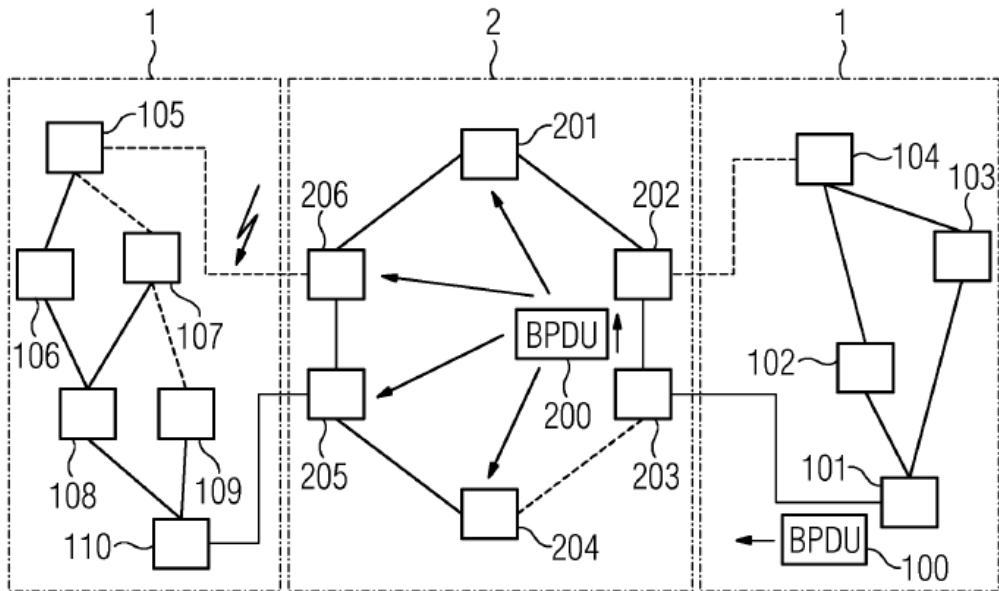


FIG 4

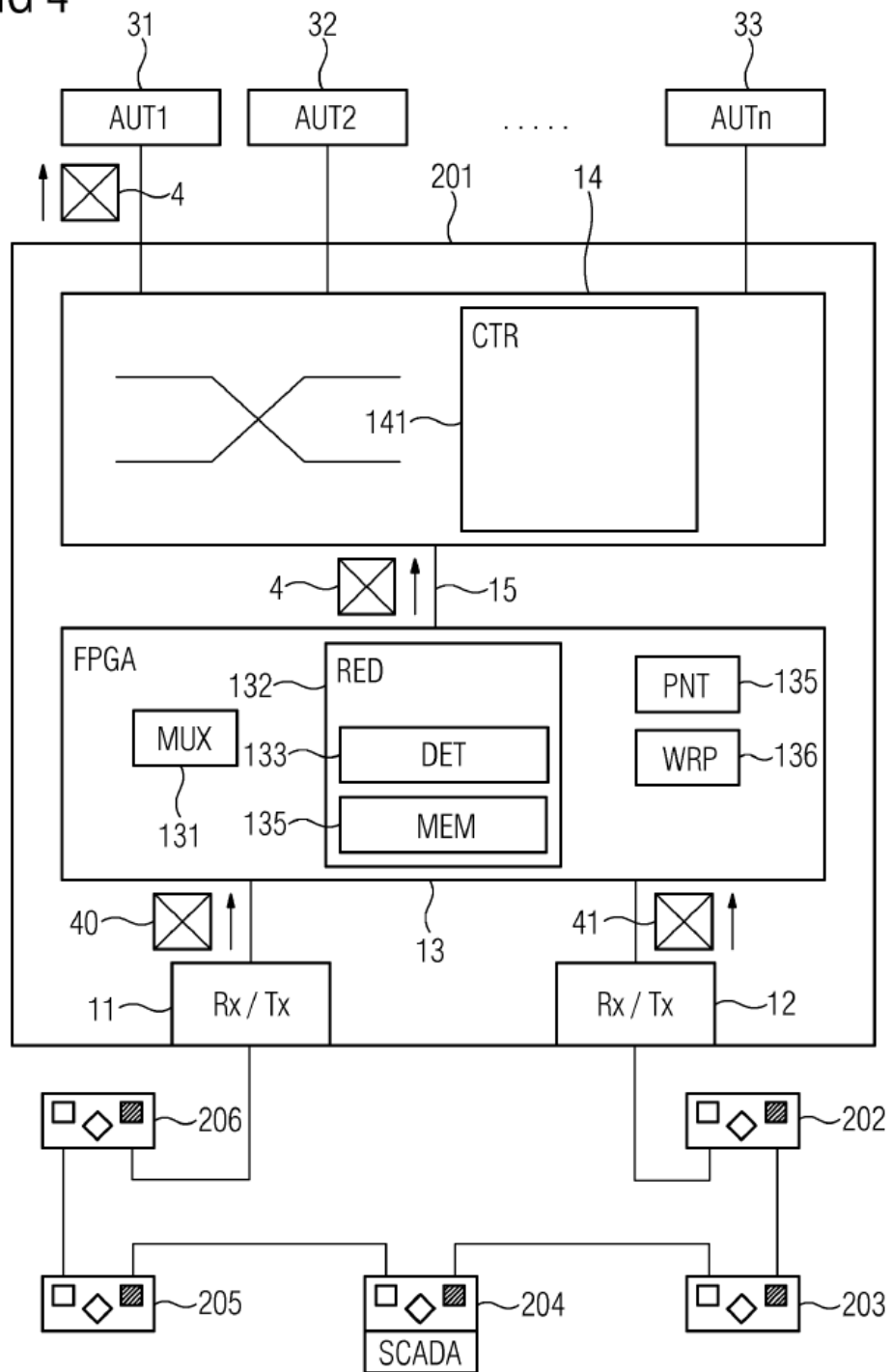


FIG 5

