

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 498**

51 Int. Cl.:

H04L 12/26 (2006.01)

H04L 29/08 (2006.01)

H04L 12/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.04.2014 PCT/EP2014/058191**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2015 WO15161871**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2014 E 14722594 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 3092748**

54 Título: **Procedimiento y sistema para diagnosticar averías de transmisión en una red según el estándar opc ua**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.03.2021

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**KERSCHBAUM, SVEN;
HELLER, MATTHIAS y
VOLKMANN, FRANK**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 809 498 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para diagnosticar averías de transmisión en una red según el estándar opc ua

- 5 PROFINET (Process Field Network, red de campo para procesos) es el estándar industrial abierto de Ethernet de Profibus & Profinet International (PI) para la automatización. PROFINET utiliza estándares TCP/IP e IT, puede funcionar en Ethernet en tiempo real y permite la integración de sistemas de bus de campo. Se trata de un protocolo industrial capaz de funcionar en tiempo real que con el tiempo se ha difundido muy ampliamente para transmitir datos de proceso.
- 10 Se diferencia entre PROFINET IRT (Isochronous-Real-Time, tiempo real isócrono) y RT (Real Time, tiempo real). PROFINET IRT ofrece, contrariamente a RT, capacidad de estricto tiempo real.
- 15 La comunicación PROFINET IRT está compuesta por una parte de comunicación isócrona en tiempo real y una parte de comunicación no en tiempo real (Non-Real-Time, NRT). La parte IRT está planificada con antelación, al asignarse ranuras de tiempo a diversos emisores. No obstante, esta zona de tiempo no llena en un 100% la zona de tiempo disponible (por cada ciclo). El resto puede utilizarse para tráfico NRT.
- 20 La comunicación IRT se caracteriza, entre otras, por las siguientes particularidades:
La transmisión de los datos se realiza en intervalos de tiempo equidistantes. Cada intervalo de tiempo se divide en un intervalo IRT (canal IRT) y un intervalo abierto (canal abierto). Al inicio de cada intervalo de tiempo se realiza una sincronización en el tiempo.
- 25 Una trama (frame) IRT se caracteriza por su posición en el tiempo dentro del canal IRT. La sincronización en el tiempo se realiza en IRT con ayuda del protocolo de precisión de reloj transparente (Precision Transparent Clock Protocol, PTCP) o bien PTP (según IEEE 1588).
- 30 Para garantizar las exigencias en cuanto a tiempo, se necesitan conmutadores (switches) especiales. Mediante la sincronización en el tiempo, se comunica a todos los conmutadores el instante de arranque para dar el paso a telegramas IRT.
- 35 Cuando se utiliza PROFINET IRT, se fija con la máxima precisión para toda la red (todos los abonados IRT) offline previamente, mediante la herramienta de ingeniería utilizada (por ejemplo el llamado portal TIA ofrecido por la firma Siemens), el envío de los datos de proceso según una secuencia exacta fijada. La máxima desviación permitida del comienzo de un ciclo de bus es de 1 μ s. Por lo tanto en la comunicación no existe ningún tiempo de espera. Para esta transmisión de datos ajustada para el máximo rendimiento, han de tomarse precauciones especiales de hardware PROFINET IRT, en particular controladores de Ethernet, que son adecuados para apoyar la sincronización de reloj.
- 40 Mediante la planificación previa de la parte IRT y la vigilancia mediante el hardware IRT, queda excluido que la parte de comunicación IRT se vea perturbada por NRT.
- 45 En secciones de comunicación que no precisan de ninguna comunicación IRT, puede combinarse la red con componentes de red estándar, no presuponiendo PROFINET RT ningún hardware especial. Sobre estas secciones de comunicación puede utilizarse comunicación PROFINET RT.
- 50 Pero debido a ello tampoco se realiza ninguna planificación previa, ya que ello presupondría una vigilancia de los intervalos de tiempo mediante el hardware. PROFINET RT utiliza más bien los mecanismos estándar definidos por IEEE 802.3. De esta manera se logra que PROFINET RT pueda coexistir con comunicación Ethernet estándar (NRT) y el correspondiente hardware. La comunicación RT debe transmitirse con preferencia respecto a la comunicación estándar, para que la comunicación RT pueda cumplir con las exigencias de tiempo real; evidentemente son menores estas exigencias que las de IRT. Esta preferencia se logra utilizando los niveles de prioridad de Ethernet.
- 55 Puesto que en PROFINET RT la separación entre comunicación RT y NRT no es tan efectiva como en PROFINET IRT, deben formularse exigencias a la comunicación NRT, aún cuando IEEE 802.3 no las exija.
- 60 PROFINET exige de todos los participantes que no envíen más de 3 Kbyte/mseg. En IEEE 802.3 por el contrario no existe unja tal exigencia, existiendo más bien ampliaciones contrarias a esa exigencia, por ejemplo, la llamada transmisión Burst-Mode (modo de ráfagas) o Jumbo-Frames, es decir, frames no estandarizadas y de gran tamaño.
- 65 Ello puede dar lugar entonces a que se rechacen frames RT al desbordarse las colas de espera en los elementos de red, ya que el componente de red por ejemplo está bloqueado debido a Jumbo-Frames recién transmitidos de la comunicación NRT. La comunicación RT ya no puede mantenerse entonces correctamente, con lo que en consecuencia la tarea técnica de automatización subyacente ya no puede ejecutarse libre de faltas. Es difícil diagnosticar esta problemática en la red real, ya que las posibilidades

ES 2 809 498 T3

de diagnóstico en la red (por ejemplo, mediante SNMP – Simple Network Management Protocol, protocolo simple de administración de red) son demasiado lentas para ello.

5 En un caso se construiría una red PROFINET RT para transmitir los datos en tiempo real en una instalación industrial. En el curso de la vida útil de la instalación se ampliaría la instalación, cuando se realizase el mantenimiento, en componentes para transmitir contenidos de pantalla mediante VNC (Virtual Network Computing, informática virtual en red). VNC es un software conocido en general que muestra el contenido de la pantalla de un ordenador remoto (server o servidor) en un ordenador local (client o cliente) y envía en sentido contrario movimientos del teclado y del ratón del ordenador local al ordenador remoto.
10 Esto da lugar a que la instalación quede parada esporádicamente, con elevados costes para el cliente. La razón de la parada era la transmisión en ráfaga de los contenidos de la pantalla, que ha originado la pérdida de frames RT en un componente de red.

15 Se generan costes elevados al resultar complejo y pesado el diagnóstico o averiguación del causante de la avería. Para encontrar al causante se registraron durante mucho tiempo de funcionamiento protocolos de red en diversos puntos de la red y se confeccionaron análisis SNMP. Puesto que las informaciones SNMP, como por ejemplo pérdida de paquetes y anchura de banda, se promedian cíclicamente a lo largo de un intervalo de tiempo mayor, esto da lugar a que las ráfagas (bursts) que se presentan ya no se perciban como tales. Las mismas se "diluyen" a lo largo de varios registros. Con ayuda de herramientas de registro en la red, como por ejemplo Wireshark y SNMP-Clientes, se intenta así entender el comportamiento en la red.
20

25 Por el documento US 2003/0149919 A1 se conoce ya un procedimiento para diagnosticar averías de transmisión en una red de datos, en particular con protocolo IP, realizándose el diagnóstico de la falta por ejemplo mediante SNMP Polling (consulta remota síncrona).

30 Las exigencias ampliadas de PROFINET RT no pueden detectarse mediante el sistema (la propia red). Además el software/hardware estándar, como por ejemplo VNC o videocámaras, presta atención exclusivamente al cumplimiento de la exigencia de Ethernet estándar (IEEE 802.3), pero no al cumplimiento de exigencias IRT.

35 Hasta ahora se percibía y analizaba el problema sólo cuando se daba cuenta el operador de la instalación (parada de la instalación), para eliminar la falta o la fuente de averías. Cuando la instalación se encuentra en la fase de producción, no son de esperar variaciones en la red, a excepción de la introducción de aparatos adicionales para mantenimiento y diagnóstico. Los costes más importantes no los origina la primera aparición aislada del problema, sino más bien el pesado diagnóstico para encontrar la fuente de la avería.

40 Es por lo tanto objetivo de la invención indicar un procedimiento que permita determinar lo más rápidamente posible dónde se encuentra la fuente de la avería.

El objetivo se logra mediante un procedimiento según las características de la reivindicación 1.

45 El objetivo se logra además mediante un sistema según las características de la reivindicación 9.

50 El procedimiento diagnostica perturbaciones en la transmisión en una red de datos, incluyendo la red de datos al menos una primera clase de elementos de red, que envían y/o reciben paquetes de datos exclusivamente según un estándar de transmisión de datos para realizar comunicación en tiempo real, el estándar PROFINET RT y una segunda clase de elementos de red que envían y/o reciben paquetes de datos no o no exclusivamente según un estándar de transmisión de datos para realizar comunicación en tiempo real, introduciéndose paquetes de datos de diagnóstico, selectivamente, en la red de datos e inundándose selectivamente la red de datos con paquetes de datos de diagnóstico, tal que se logra un grado de ocupación de la red de datos del 100 %.

55 Puesto que al presentarse el problema se desechan paquetes PROFINET RT, que tienen una alta prioridad, se desechan en particular también todos los paquetes con menor prioridad.

60 La red se inunda, para lograr el diagnóstico rápido, con paquetes de la más baja prioridad, precisamente tal que la red queda ocupada casi en un 100 %. Esta inundación sucede de forma orientada entre un conjunto de abonados. Los paquetes "conocen" su trayectoria y contienen un contador que es inequívoco por cada paquete de datos de diagnóstico enviado y que permite por lo tanto determinar cuántos paquetes de datos se han perdido y cuáles son.

65 Si ahora se pierden paquetes, entonces puede determinarse la existencia de un problema inmediatamente tras presentarse el problema y sin otra pérdida de tiempo. Mediante análisis adicionales de los paquetes de datos de diagnóstico que faltan, ventajosamente por medio de los contadores incluidos en los paquetes de datos de diagnóstico, puede realizarse una detección de los componentes de red en los que se ha presentado la pérdida de paquetes.

ES 2 809 498 T3

Cuando se han encontrado varios puntos de fallo, puede deducirse en base a ello la vía que han recorrido los paquetes de datos de diagnóstico perturbados, o al menos el primer y el último conmutador (switch) y con ello identificarse en definitiva según el procedimiento reivindicado la fuente de la avería con elevada seguridad.

5

En el siguiente ejemplo de ejecución, que no ha de entenderse limitativamente, se indica el análisis de la medición cruzada de radio a modo de ejemplo en pseudocódigo:

- 1 Inicialización del conjunto de puertos averiados: $S = \{ \}$
- 10 2 Para cada enlace de comunicación de la medición cruzada (inicio, destino)
- 3 ¿Está averiado el enlace de comunicación inicio \rightarrow destino?
- 4 Si ES sí, existe avería:
- 5 Agregar todos los puertos que retransmiten paquetes del enlace de comunicación desde el inicio hasta el destino al conjunto de puertos averiados S, ya que en estos
- 15 puertos puede existir potencialmente una avería.
- 6 CASO CONTRARIO no, no existe avería:
- 7 retirar todos los puertos que retransmiten paquetes del enlace de comunicación desde el inicio hasta el destino del conjunto de puertos averiados S, ya que en estos puertos con una probabilidad muy grande no puede existir ninguna avería.
- 20 8 el conjunto de los puertos averiados S contiene ahora todos los puertos que están averiados. En base a los puertos, puede así concluirse inmediatamente qué aparatos están averiados.

Este procedimiento detecta las pérdidas de paquetes que ocurren en la red ventajosamente de forma inmediata y detecta a la vez la/s fuente/s de avería causante/s.

25

Se evita así la pesada búsqueda de la fuente de la avería, que genera las grandes pérdidas monetarias debidas a fallos de gran alcance de la red de datos.

30

Mediante la rápida identificación de la fuente de la avería, pueden además excluirse rápidamente también otros componentes sospechosos de ser los causantes.

A continuación, se describirá la invención mediante figuras:

- 35 figura 1 muestra una estructura de red que funciona actualmente con PROFINET RT,
- figura 2 muestra un PG alojado en la estructura de red de la figura 1 con una comunicación VNC (transmisión de pantalla) desde el HMI1 al PG,
- figura 3 muestra la transmisión de datos VNC de la figura 2 que origina perturbación del tráfico RT y
- figura 4 muestra la detección de la avería mediante "medición cruzada" según el procedimiento reivindicado.

40

La red de datos NET está compuesta aquí por varios nodos de conmutación, también denominados switch, SW1 – SW4, conectados entre sí. A través de estos elementos de red realizan intercambio entre sí los otros elementos de red conectados. En el ejemplo representado en la figura 1 se trata al respecto de varios sistemas de control programables en memoria SPS1 – SPS3 de un sistema de automatización. Además, un Manufacturing Execution System (sistema de ejecución de la fabricación) MES, una interfaz de usuario Human Machine HMI1 y otro aparato PC.

45

Dos de los sistemas de control programables en memoria SPS1 y SPS3 intercambian paquetes de datos DTA_RT, siendo clara la trayectoria del paquete de datos dentro de la red como sigue: SW2 – SW1 – SW3.

50

En la figura 2 se introduce a continuación otro aparato de red PG en la red de datos ya descrita en la figura 1, por ejemplo para ejecutar trabajos de mantenimiento procedentes en el sistema de automatización que sirve de base. El mismo envía igualmente un tráfico de datos DATA_IRT a través de otra vía definida dentro de la red: SW1 – SW3 – SW4.

55

En un ejemplo se utiliza ahora el Virtual Network Computing, abreviadamente VNC. Al respecto se trata de un software que muestra el contenido de la pantalla de un ordenador remoto (server) en un ordenador local (client) y envía en sentido contrario movimientos del teclado y del ratón del ordenador local al ordenador remoto. Con ello, uno puede trabajar sobre un ordenador remoto como si se sentase directamente delante. En la figura 3 se representa que, debido al VNC, se transmiten en una ráfaga un número inusualmente grande de paquetes de datos no planificados, ya que se ha presentado un suceso inesperado.

60

Puesto que los elementos de red SW1 y SW3 tienen que gestionar tanto el tráfico de datos regular entre SPS1 y SPS3 como también los paquetes de datos que genera el VNC, resultan aquí perturbaciones en la transmisión de datos.

65

La figura 4 muestra, basándose en la situación descrita en la figura 3, cómo mediante el procedimiento correspondiente a la invención se inunda toda la red NET con paquetes de datos de diagnóstico D_DATA. Complementariamente se representan y diferencian los respectivos elementos de red ventajosamente con puertos de datos adicionales P-PC, P-MES, P-etc., es decir, atributos adicionales de direccionamiento.

5

Puede verse por ejemplo que el tráfico de datos del protocolo VNC, DATA_IRT, del elemento de red SW3 se conduce a través del puerto P_SW33 y por el contrario el otro tráfico de datos DATA_RT se sigue conduciendo a través del puerto P_SW31.

10

El siguiente ejemplo se basa sólo en los elementos de red, pero no en la información de puertos.

La tabla muestra en qué enlaces “flooding” (de inundación) se pierden paquetes. Al respecto se listan en esta tabla sólo los correspondientes puntos terminales de los enlaces, es decir, emisor y receptor.

Hacia desde	PC	MES	SPS3	HMI1	SPS2	SPS1
PC	o			x	x	x
MES		o		x	x	x
SPS3			o	x	x	x
HMI1				o		
SPS2				x	x	
SPS1				x	x	o

15

De esta tabla y del conocimiento de la red de datos que sirve de base, puede deducirse ahora que los elementos de red/conmutadores SW1, SW3 y SW4 (no incluidos en la tabla) se ven afectados.

20

Observando el enlace PC-MES se ve que ciertamente transcurre a través del conmutador SW1 realmente afectado, pero se utilizan aquí otros puertos emisores y receptores distintos de la “fuente de perturbaciones”, con lo que este enlace no se toma como averiado.

25

Bajo la hipótesis de que los conmutadores disponen de una cola de envío por cada puerto, resulta además también un sentido de envío del que puede deducirse que la fuente de la avería tiene que estar conectada a SW1 y el sumidero de la avería tiene que ser el panel HMI.

Esto puede detectarse al no ser simétrica la tabla: Así se ha señalado el enlace de PC a HMI1 como averiado, pero la vía de retorno de HMI a PC, no.

30

Con esta información queda claro que la fuente de la avería ha de ser bien el PC1 o bien el PG. Analizando más con ayuda de SNMP, el Simple Network Management Protocol (protocolo simple de administración de red) en el conmutador SW1, puede ahora identificarse claramente el elemento de red PG como fuente inicial de la avería.

35

El análisis de la tabla de resultados de la medición cruzada de radio puede evaluarse también de forma automatizada mediante un programa. El algoritmo para el análisis se indicó ya bastante más arriba en forma de pseudocódigo.

Lista de referencias

40

- DATA_NRT Data Non-Realtime (dato no en tiempo real)
- DATA_RT Data Realtime (dato en tiempo real)
- F filtro
- HMI1 Human Machine Interface (interfaz humano máquina)
- 45 HW AP Hardware PROFINET Access Plug (enchufe de acceso ...)
- MES Manufacturing Execution System (sistema de ejecución de la fabricación)
- NET red
- P ... puerto de comunicación de un elemento de red
- PC Personal Computer
- 50 PG aparato de fabricación
- SW2, 3, 4 switch (conmutador)
- SP1, 2, 3 sistema de control programable en memoria
- S memoria

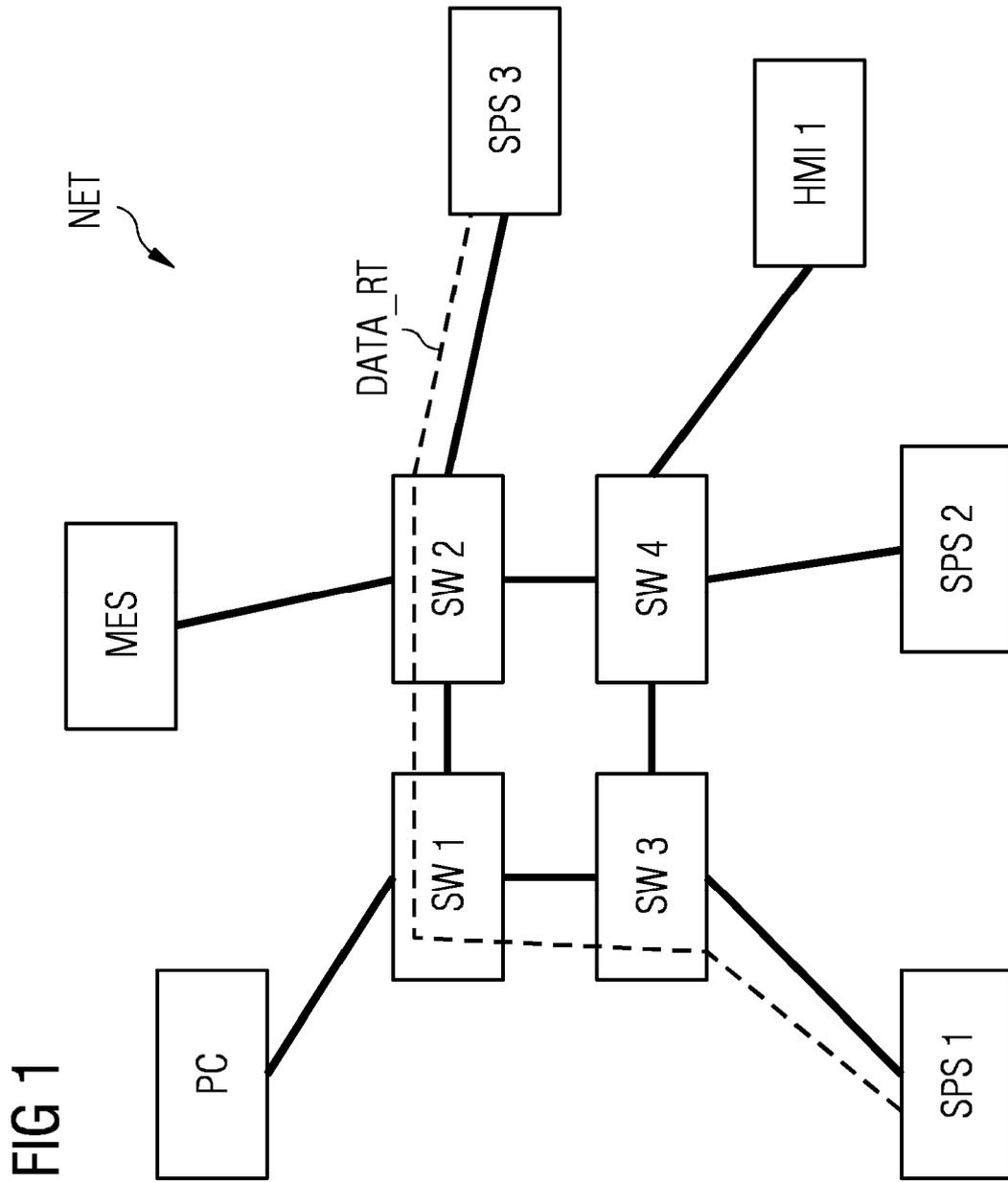
REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para diagnosticar averías en la transmisión en una red de datos (NET), incluyendo la red de datos al menos una primera clase de elementos de red (SPS1, 2, 3, HMI1), que envían y/o reciben paquetes de datos (DATA_RT) exclusivamente según un estándar de transmisión de datos para realizar comunicación en tiempo real, según el estándar PROFINET RT, con elevada prioridad y sincronizados en el tiempo y una segunda clase de elementos de red (PC, MES) que envían y/o reciben paquetes de datos (DATA_NRT) no o no exclusivamente según un estándar de transmisión de datos para realizar comunicación en tiempo real,

10 **caracterizado porque** cuando se pierden paquetes de datos de la primera clase (DATA_RT), se introducen en la red de datos, selectivamente, paquetes de datos de diagnóstico (D_DATA) con la más baja prioridad no o no exclusivamente según el estándar de transmisión de datos para realizar comunicación en tiempo real tal que se conoce la trayectoria de los paquetes de datos de diagnóstico a través de la red de datos y la red de datos se inunda selectivamente con paquetes de datos de diagnóstico (D_DATA), tal que se logra un grado de ocupación de la red de datos del 100 %, con las siguientes etapas:

 - Enviar un paquete de datos de diagnóstico (D_DATA) desde un primer elemento de red (MES, HMI1, PG, SPS, ...) a un segundo elemento de red,
 - determinar si el paquete de datos de diagnóstico se recibe en el segundo elemento de red,
 - 20 - cuando el paquete de datos de diagnóstico tiene perturbaciones:
 - determinar todos los puertos del elemento de red (P-...) que son atravesados por el paquete de datos de diagnóstico en la trayectoria desde el primer elemento de red hasta el segundo elemento de red y marcar esos puertos como potencialmente averiados y
 - cuando el paquete de datos de diagnóstico no tiene perturbaciones:
 - 25 - determinar todos los puertos del elemento de red (P-...) que son atravesados por el paquete de datos de diagnóstico en la trayectoria desde el primer elemento de red hasta el segundo elemento de red y eliminar de esos puertos la marca como potencialmente averiados.
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** para detectar el componente de red (PG) que provoca las averías en la transmisión, se realiza una evaluación en base a los paquetes de datos de diagnóstico (D_DATA) recibidos.
- 35 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** para detectar el componente de red (PG) que provoca las averías en la transmisión, se realiza una evaluación en base a los paquetes de datos de diagnóstico (D_DATA) que se han perdido.
- 40 4. Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado porque** los paquetes de datos de diagnóstico (D_DATA) contienen un primer campo de datos con un respectivo contador inequívoco, un segundo campo de datos con una dirección de inicio y un tercer campo de datos con una dirección de destino.
- 45 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** cuando se detecta el componente de red (PG) que provoca las averías en la transmisión, se determinan al menos dos componentes de red que originan la pérdida de paquetes de datos de diagnóstico (D_DATA) en la trayectoria que han recorrido los paquetes de datos de diagnóstico y se cierran.
- 50 6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** cuando se detecta el componente de red (PG) que provoca las averías en la transmisión, se determinan al menos dos trayectorias y en base a esas trayectorias determinadas, se forma una intersección.
- 55 7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en base a los puertos del elemento de red (P-...) marcados, se determina un elemento de red averiado.
- 60 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los paquetes se envían a través de la red según el estándar OPC-UA.
- 65 9. Sistema para diagnosticar averías en la transmisión en una red de datos (NET), incluyendo el sistema un equipo para el diagnóstico e incluyendo el sistema una red de datos, incluyendo la red de datos una primera clase de elementos de red (SPS1, 2, 3, HMI1), que envían y/o reciben paquetes de datos (DATA_RT) exclusivamente según un estándar de transmisión de datos para realizar comunicación en tiempo real, según el estándar PROFINET RT y una segunda clase de elementos de red (PC, MES) que envían y/o reciben paquetes de datos (DATA_NRT) no o no exclusivamente según un estándar de transmisión de datos para realizar comunicación en tiempo real,

caracterizado porque el equipo está configurado para realizar uno de los procedimientos según las características de las reivindicaciones 1 a 8.



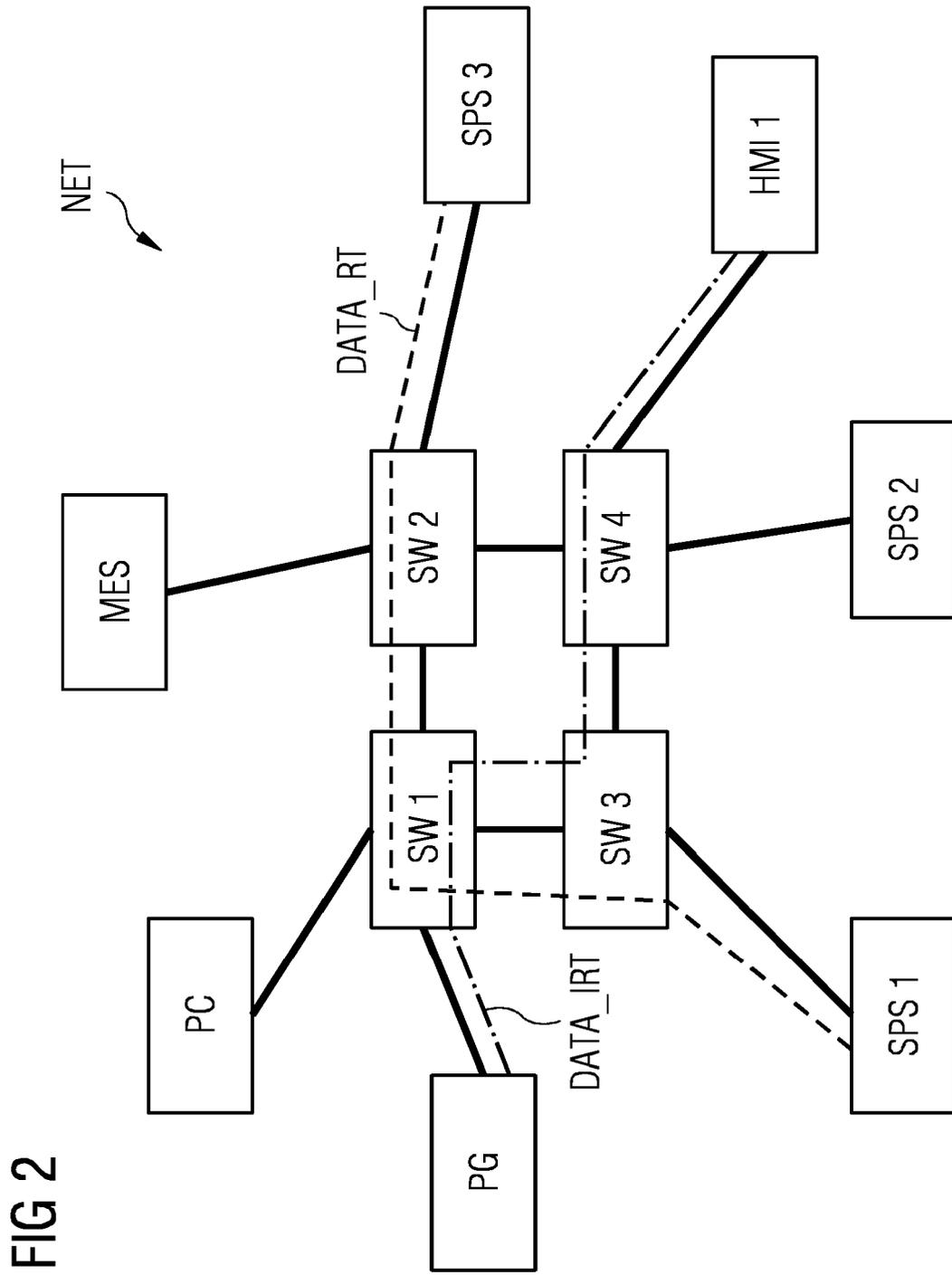
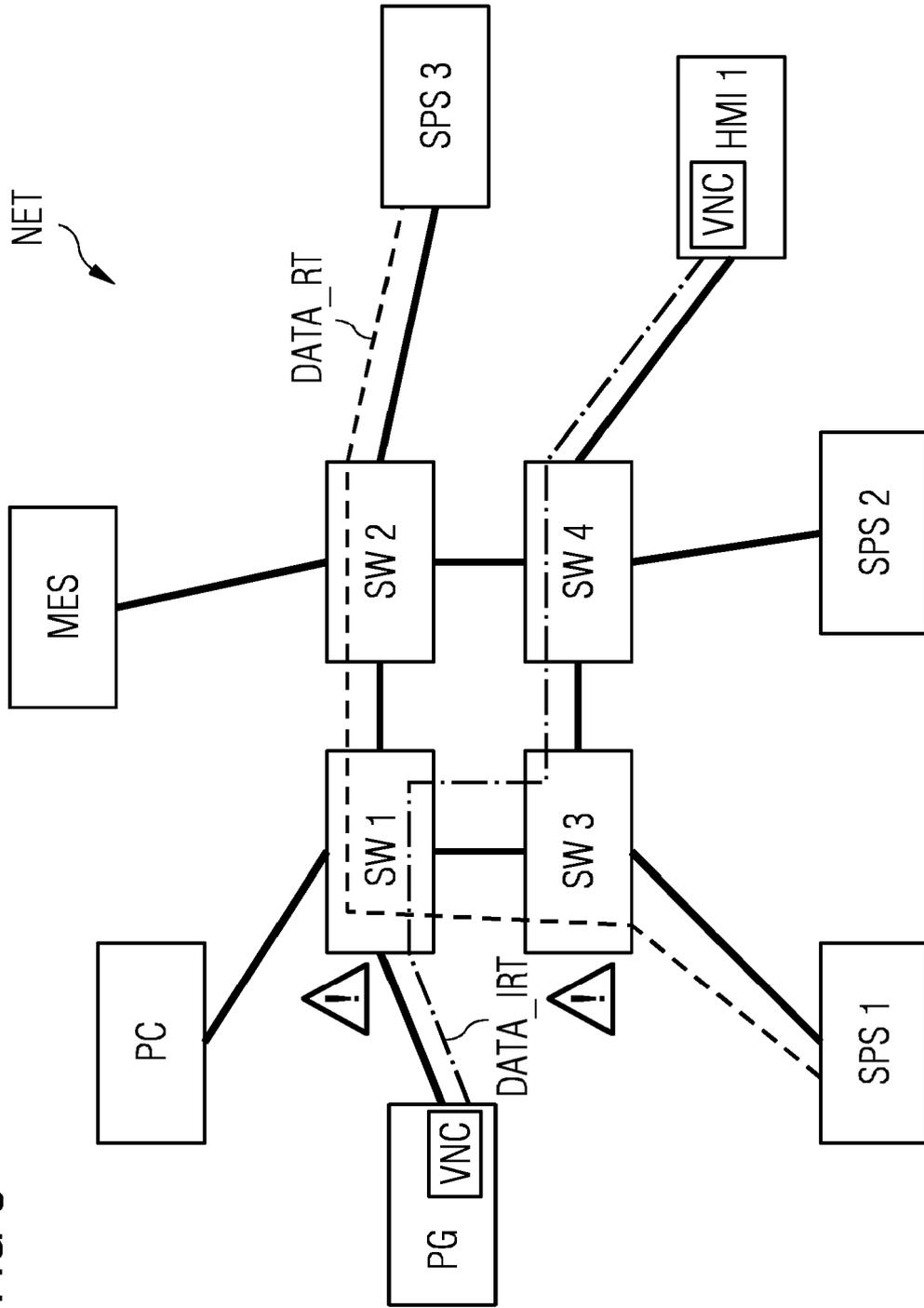


FIG 2

FIG 3



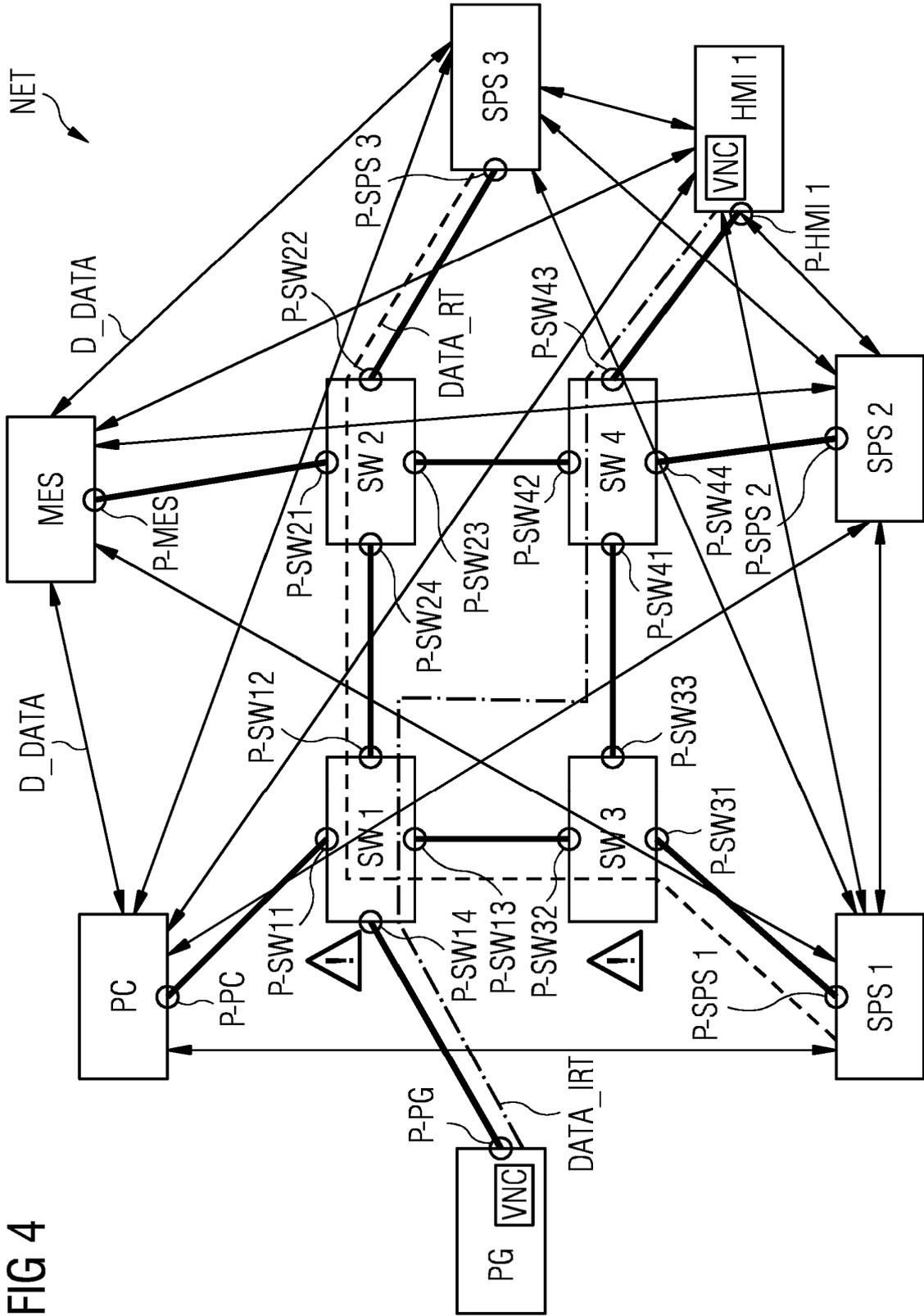


FIG 4