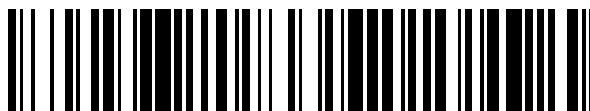


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 566 679**

51 Int. Cl.:

G05B 19/418 (2006.01)

G05B 19/042 (2006.01)

G05B 19/048 (2006.01)

G05B 19/05 (2006.01)

H04L 12/06 (2006.01)

H04L 12/403 (2006.01)

H04L 1/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2007 E 07021351 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2016 EP 1923759**

54 Título: **Procedimiento y sistema para una transmisión segura de datos**

30 Prioridad:

15.11.2006 DE 102006054124

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

14.04.2016

73 Titular/es:

**PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG (100.0%)
Flachsmarktstrasse 8
32825 Blomberg, DE**

72 Inventor/es:

**KALHOFF, JOHANNES y
MEYER-GRÄFE, KARSTEN**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 566 679 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).

PROCEDIMIENTO Y SISTEMA PARA UNA TRANSMISIÓN SEGURA DE DATOS

DESCRIPCIÓN

5 La invención se refiere en general a la técnica de seguridad de sistemas de automatización y en particular a un procedimiento y a un sistema para una transmisión segura de datos entre abonados de un sistema de comunicación utilizado para controlar una máquina o instalación.

10 La técnica de seguridad se utiliza en procesos automatizados en los diversos sectores industriales, para proteger a los colaboradores frente a lesiones y para mantener la funcionalidad de máquinas e instalaciones. En aplicaciones técnicas de seguridad se considera la trayectoria completa de la señal de una función de seguridad. Ésta está compuesta por los aparatos seguros como por ejemplo unidades de control, sensores o actuadores y sus conexiones entre sí. Estas conexiones se tienden en su mayor parte en cableado en paralelo. No obstante, los tramos cableados en paralelo exigen un elevado coste para
15 detectar faltas en el cableado seguro. Esto se realiza mediante funciones de diagnóstico de los aparatos seguros, para detectar por ejemplo derivaciones o cortocircuitos o conexiones abiertas. En función de las exigencias de seguridad se diseñan estos sistemas redundantes o en parte también diversitarios, para controlar y/o descubrir las posibles faltas que se presenten. Esta forma de proceder no es realizable en la planificación y para algunos sectores de aplicación y además su realización es a menudo prolija y costosa.

20 Un aspecto de coste importante dentro de los costes de planificación, cableado y aparatos son los costes de transformación para la adaptación de las señales entre señal lógica y señal periférica, que se generan debido a puestos de transferencia entre los componentes de entrada o de salida y el sistema de control.

25 En sistemas más modernos sustituyen las redes seguras grandes partes de estos tramos mediante conexiones serie, ya que de esta manera se simplifica la trayectoria de la señal entre el componente de entrada y/o salida y el sistema de control. No obstante, la integración en serie con las soluciones actuales de red es muy costosa y se utiliza actualmente sólo para aparatos terminales muy valiosos. La razón de ello es el distinto principio de actuación hoy en día de la vigilancia del cableado, de la redundancia en el cableado y de la simplicidad de los sensores, como por ejemplo un simple contacto de apertura mecánico. Una combinación de aparatos terminales con conexión de red y cableado paralelo no es posible en este contexto. Un sensor que puede integrarse en una red por ejemplo no puede sustituirse debido a ello de
30 manera sencilla por un sensor cableado.

35 La transmisión y procesamiento de datos orientados a la seguridad en un sistema de comunicación serie utilizado para el control de un sistema de automatización implica exigencias especiales. Los datos orientados a la seguridad son en este contexto aquellos datos que sirven para el control de procesos relevantes para la seguridad en una máquina o instalación, siendo relevante para la seguridad todo proceso en el que cuando se presenta una falta resulta un peligro no despreciable para personas y/o bienes materiales.

40 Un planteamiento para esta problemática según el estado de la técnica consiste en estructurar en multicanal en particular los componentes relevantes para la seguridad del sistema a partir de un determinado nivel de seguridad, es decir, constituirlos redundantes. Por ejemplo puede estar previsto en un sistema de bus de automatización equipar componentes del bus de seguridad, es decir, por ejemplo abonados del bus asociados a una máquina relevante para la seguridad, con componentes de hardware redundantes. A la vez puede estar constituido también multicanal el sistema central de control y el bus o bien puede incluso estar previsto un sistema de control de seguridad especial separado del control del proceso y en determinadas condiciones constituido redundante para el control de los componentes
45 relevantes para la seguridad. El bus está dotado usualmente de un protocolo seguro, pudiendo presentar también el propio protocolo seguro una redundancia. El sistema de control de seguridad ejecuta esencialmente las combinaciones de las informaciones que llegan referidas a la seguridad y transmite a continuación, por ejemplo mediante un bus de automatización, datos de combinación referidos a la seguridad, por ejemplo a través de un bus de automatización, a componentes de salida. Los componentes de salida a su vez procesan las medidas de seguridad recibidas y emiten las mismas a la periferia, si el resultado de la comprobación es positivo. Además conmutan sus salidas a un estado seguro cuando los mismos detectan una falta o no han recibido dentro de un periodo de tiempo predeterminado ningún dato útil. Un sistema de control para controlar procesos críticos para la seguridad, en el que los equipos orientados a la seguridad presentan una estructura multicanal, se conoce por ejemplo por el documento
50 EP 1 188 096 B1.

55 Un protocolo seguro, es decir, un procedimiento para aumentar la fiabilidad de la transmisión de datos, se describe por ejemplo en el documento JP 61 021640 A, en el que en el procedimiento allí descrito el receptor de un mensaje de datos comprueba el formato del mensaje y transmite de retorno el mensaje al emisor para confirmación, cuando se ha detectado en la prueba que el formato es correcto.

Además se conoce la aportación de abonados de comunicación seguros, configurados especialmente, en los que se logra un aumento de la seguridad mediante una lógica de evaluación redundante en combinación con un comparador Fail-Safe (a prueba de fallos). Tales abonados de bus seguros se utilizan por ejemplo en sistemas basados en INTERBUS-Safety (seguridad de INTERBUS).

5

Por "Fault tolerance in Interbus-Standard" (tolerancia al fallo en la norma Interbus) de S. Cavaliere y colab., Computer Standards and Interfaces (Normas e Interfaces en computadoras), vol. 23, núm. 3, julio 2001, páginas 223-235 se conoce una ampliación del protocolo para Interbus-S, que se basa en que están previstos varios abonados de bus denominados master/slave (maestro/esclavo), que pueden funcionar como master y también como slave. Si falla el que en ese momento funciona como master, automáticamente asume la funcionalidad de master otro de los abonados de bus master/slave. En el procedimiento de trama sumatoria utilizado en Interbus desplazan los abonados en un ciclo una trama de datos con slots (intervalos) para cada abonado de bus como en un registro deslizante, estando previsto antes de la transmisión de ciclos de datos un ciclo de identificación para la inicialización, en el que los distintos abonados de bus transmiten datos de identificación y configuración al master. Para detectar errores en los datos, está prevista en cada trama de datos una suma de comprobación, informando los abonados del bus al master de los errores detectados mediante bits de control incluidos en la trama de datos. En "Tráfico seguro de datos", de P. Wratil y colab., Elektronikpraxis (Práctica de la electrónica), núm. 18, 25 septiembre 2000, páginas 38-43, se describe una arquitectura de seguridad de Interbus (Interbus-Safety) en la que pueden operar tanto abonados seguros como también abonados normales. Las unidades descentralizadas orientadas a la seguridad contienen entonces dos unidades de interfaz redundantes, que reciben paquetes de datos independientemente entre sí y comprueban si están libres de errores, ejecutándose la acción deseada sólo cuando hay coincidencia. Cada unidad segura contiene adicionalmente un reloj, que investiga si todos los datos si son actuales, por lo que una interrupción del tráfico de datos o un fallo del sistema de control se detecta inmediatamente y entra en juego una función de seguridad programable.

10

15

20

25

Una descripción del bus de campo denominado Interbus se encuentra además en W. Blome y colab. "Das Sprungbrett zur offenen Automatisierung" (El trampolín de lanzamiento hacia la automatización abierta), Technische Rundschau, Editorial Colibri AG, Wabern, CH, vol. 10, núm. 37/96, 1996, páginas 60-64, 66, así como en "INTERBUS-LOOP: UN RESEAU BAS COUT A DEUX FILS" (BUCLE INTERBUS: UNA RED BIFILAR DE BAJO COSTE), Mesures Regulation Automatisme (Automatismo de regulación de mediciones), CFE, París, FR, núm. 689, 1 noviembre 1996, páginas 99-102.

30

35

No obstante, en los sistemas descritos origina desventajosamente la aportación redundante de componentes de hardware un mayor gasto y costes más elevados.

Por lo tanto, es objetivo de la invención mostrar una vía para proporcionar en un sistema de comunicación una transmisión de datos segura de manera sencilla y económica, en particular utilizando componentes estandarizados e incluyendo sensores o actuadores sencillos, en particular mecánicos.

40

Otro objetivo de la invención es proporcionar un sistema de comunicación orientado a la seguridad, que pueda realizarse con un bajo coste en hardware y que pueda adaptarse flexiblemente a los correspondientes requerimientos.

45

La invención soluciona este problema con un procedimiento con las características de la reivindicación 1, así como un sistema realizado para ejecutar un tal procedimiento según la reivindicación 16. En las reivindicaciones secundarias se indican perfeccionamientos de la invención.

50

Correspondientemente prevé un procedimiento correspondiente a la invención para una transmisión de datos segura entre al menos un primer y un segundo abonados de un sistema de comunicación configurado para la transmisión en serie de datos entre los abonados, transmitir primeramente un mensaje de datos desde el primer abonado al segundo abonado. El mensaje de datos es comprobado por una segunda unidad de evaluación, situada en el segundo abonado. En función del resultado de la comprobación del mensaje de datos por parte de la segunda unidad de evaluación genera ésta un mensaje de acuse de recibo, que transmite el segundo abonado al primer abonado. Preferiblemente se envía un mensaje de acuse de recibo solamente cuando la comprobación del mensaje de datos da resultado positivo. El mensaje de acuse de recibo es comprobado tras recibirse por la primera unidad de evaluación situada en el primer abonado. Así realizan una comprobación redundante la primera y la segunda unidad de evaluación, formando el primer y el segundo abonado un par de abonados que se corresponde.

55

60

El procedimiento se utiliza con especial preferencia en el nivel de los sensores de sistemas para controlar procesos automatizados relevantes para la seguridad. Correspondientemente está configurado el primer o el segundo abonado de manera especialmente ventajosa como sensor o actuador de un sistema de automatización. El mensaje de datos incluye así ventajosamente una señal de entrada o de salida de un sensor o actuador del sistema de automatización.

65

- 5 Según la invención incluye la comprobación del mensaje de datos y/o del mensaje de acuse de recibo por parte de la primera y/o segunda unidad de datos una comprobación de los datos contenidos en el mensaje en cuanto a plausibilidad. Correspondientemente realiza la primera unidad de evaluación una comprobación de los datos contenidos en el mensaje de datos a enviar por parte del primer abonado, antes de que se transmita el mensaje de datos al segundo abonado, realizándose tras la recepción del mensaje de datos otra comprobación de los datos contenidos mediante la segunda unidad de evaluación en el segundo abonado. La comprobación del mensaje de acuse de recibo se limita a un registro de la recepción de un mensaje previamente definido.
- 10 En otra forma de ejecución ventajosa, genera el segundo abonado mediante la segunda unidad de evaluación un mensaje de acuse de recibo, que incluye los datos contenidos en el mensaje de datos recibido. En esta variante de ejecución incluye la comprobación del mensaje de acuse de recibo por parte de la primera unidad de evaluación una comparación de los datos contenidos en el mensaje de acuse de recibo con datos contenidos en el mensaje de datos previamente transmitido. Para este fin se memorizan
- 15 transitoriamente los datos transmitidos por el primer abonado en un mensaje de datos al menos hasta la recepción del correspondiente mensaje de acuse de recibo.
- En una forma de ejecución ventajosa de nuevo ampliada genera el segundo abonado un mensaje de acuse de recibo que incluye otro mensaje de datos válido.
- 20 Si al comprobar una unidad de evaluación el mensaje de datos o el mensaje de acuse de recibo se detecta un error, ejecuta el abonado cuya unidad de evaluación ha detectado el error preferiblemente una función orientada a la seguridad.
- 25 Para transmitir los datos entre los abonados puede estar previsto en función de la finalidad de utilización ventajosamente un bus serie cableado o inalámbrico o una red que actúa por línea física o sin contacto. En el caso más sencillo se utiliza un protocolo punto-a-punto entre el primer y el segundo abonado, estando configurados uno de los abonados por ejemplo como sensor o actuador y el otro como componente de entrada o bien salida, denominado en lo que sigue también módulo E/S.
- 30 La transmisión de datos en serie entre los abonados del sistema de comunicación se realiza ventajosamente sobre la base de un protocolo de comunicación predeterminado. Puesto que el procedimiento descrito puede utilizarse ventajosamente en la técnica de sensores y actuadores estándar y también en la técnica de seguridad en la que se formulan exigencias adicionales al protocolo de comunicación utilizado, está configurado el protocolo de comunicación predeterminado preferiblemente a elección seguro o no seguro.
- 35 Para el control de procesos relevantes para la seguridad se utiliza correspondientemente de forma ventajosa un protocolo de comunicación seguro predeterminado, en el que por ejemplo mediante contenidos de datos redundantes resulta posible la detección de errores, incluyendo la comprobación del mensaje de datos y/o del mensaje de acuse de recibo por parte de la primera y/o segunda unidad de evaluación una comprobación de errores según el protocolo de comunicación seguro predeterminado. El protocolo de comunicación seguro puede incluir para este fin por ejemplo un procedimiento de suma de prueba como la comprobación cíclica de redundancia (CRC; Cyclic Redundancy Check).
- 40 Un protocolo de comunicación seguro puede además prever con ventaja que envíen todos los abonados o un grupo predeterminado de abonados del sistema de comunicación repetitivamente, por ejemplo una vez por cada ciclo de comunicación, un mensaje específico, que puede modificarse adicionalmente según un algoritmo definido.
- 45 La invención se basa así ventajosamente en el principio de una conexión serie segura entre dos abonados. Para reducir la unidad de evaluación prevista según el estado de la técnica y configurada segura y redundante por cada aparato, se reubica en cada punto terminal una parte de la unidad de evaluación segura. Mediante un acuse de recibo de los datos se proporciona la seguridad de forma
- 50 redundante.
- 55 Mediante la distribución de la redundancia que garantiza la seguridad entre dos unidades de evaluación distribuidas, resulta posible de manera especialmente ventajosa la utilización de componentes estándar para la transmisión de datos más seguros.
- 60 En otra forma de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención está dispuesta la segunda unidad de evaluación junto con la primera unidad de evaluación en un módulo común, que en esta forma de ejecución está realizado con dos canales. También en esta forma de ejecución puede utilizarse ventajosamente un componente estándar de dos canales.
- 65 Mediante la redundancia distribuida y en particular mediante el intercambio de datos entre la primera y la segunda unidades de evaluación resulta posible además de manera especialmente ventajosa incluir

componentes sencillos e incluso mecánicos, como por ejemplo interruptores estándar o de seguridad configurados como contactos de apertura o de cierre, manteniendo vigente la seguridad.

5 Correspondientemente en otra forma de ejecución de la invención especialmente preferente está conectado entre la primera y la segunda unidad de evaluación un elemento de control o de sensor, que en sí mismo no incluye ninguna unidad de evaluación y que está configurado en particular como sensor o actuador sencillo, preferiblemente mecánico.

10 Al respecto está conectado preferiblemente el elemento mecánico con una salida de la primera unidad de evaluación y con una entrada de la segunda unidad de evaluación, estando conectada una salida de la segunda unidad de evaluación con una entrada de la primera unidad de evaluación. Un tal cableado especial se realiza de manera especialmente sencilla con un primer y segundo abonado, que están dispuestos en un módulo común.

15 Para vigilar las unidades de evaluación distribuidas se utiliza preferiblemente un circuito de vigilancia dispuesto en el correspondiente abonado, que vigila la validez del flujo de datos hacia y/o desde la unidad de evaluación correspondientemente asociada según un protocolo predeterminado y en caso de error lleva la unidad de evaluación asociada y/o un sensor o actuador controlado por la unidad de evaluación asociada a un estado seguro o bien utiliza el correspondiente valor sustitutorio. Cuando falta un mensaje de acuse de recibo o bien se echa de menos el flujo de datos válido, se comunica inmediatamente la información relativa a la presencia de una falta a la estación contrapuesta.

25 Tal como ya se ha mencionado antes, comunican las unidades de evaluación entre sí mediante un protocolo seguro y controlan el contenido de los datos enviados. El circuito de vigilancia conectado a la unidad de evaluación comprueba la validez del flujo de datos, realizándose esto en el caso más sencillo mediante un reconocimiento de un patrón, sin conocer los contenidos seguros. Correspondientemente incluye la vigilancia del flujo de datos mediante el circuito de vigilancia preferiblemente el reconocimiento de al menos un patrón predeterminado. Ventajosamente puede incluir la vigilancia también un reconocimiento de patrón dinámico, por ejemplo mediante comparación de contenidos sencillos. Para este fin pueden estar dotados los mensajes de datos a transmitir de una fecha, que varía según un algoritmo predeterminado. El circuito de vigilancia puede además vigilar la funcionalidad de la unidad de evaluación que tiene asignada, por ejemplo mediante una función watchdog (de perro guardián). Como función watchdog se denomina en este contexto una función del circuito de vigilancia que vigila la recepción regular de señales de la unidad de evaluación asociada y reconoce como falta la ausencia de estas señales.

40 La comprobación antes descrita de un mensaje de datos o de acuse de recibo mediante una unidad de evaluación, así como la vigilancia del flujo de datos mediante un circuito de vigilancia y/o la vigilancia de la funcionalidad de una unidad de evaluación mediante un circuito de vigilancia, incluyen usualmente la ejecución de una función, disponiéndose de la función ventajosamente de forma idéntica en la primera y segunda unidad de evaluación. Para este fin se prevén ventajosamente una memoria y un microprocesador, incluyendo la ejecución de la función la ejecución mediante el microprocesador de un programa o código de secuencia almacenado en la memoria.

45 Debido a la diversidad de sistemas sensores y actuadores de un sistema de automatización y a la pluralidad de funciones distintas que de ello resulta, que no pueden unificarse de cualquier forma, no es conveniente prever de manera estándar en un abonado configurado como módulo de E/S, que se utiliza como un abonado que corresponde a un sensor o actuador, la pluralidad completa de distintas funcionalidades.

50 Más bien se transmite ventajosamente una parte de la función de aplicación orientada a la seguridad archivada en el sensor o actuador y/o parámetros necesarios para ejecutar la función desde el sensor o actuador al correspondiente abonado. Esto se realiza preferiblemente dentro de una fase de inicialización antes de comenzar con la transmisión de datos orientados a la seguridad entre los abonados.

55 El abonado correspondiente, al que se transmiten desde un abonado configurado como sensor o actuador partes de una función de aplicación orientada a la seguridad en forma de un programa o código de secuencia, presenta preferiblemente el correspondiente intérprete para ejecutar el programa o código de secuencia.

60 Cargando una parte del programa de aplicación de un sensor o actuador, en particular de aquella parte que debe estar disponible de forma redundante para aumentar la seguridad, en los componentes de entrada y/o de salida que cooperan, puede contribuir esta aplicación de sensor y/o actuador al procesamiento. Los datos primarios necesarios para ello, como por ejemplo señales de sensor y los resultados necesarios para el tratamiento posterior, se intercambian en serie entre los abonados. Esto hace posible de manera especialmente ventajosa una fabricación más económica del sensor o actuador,

65

ya que mediante la colaboración del aparato inteligente de entrada y/o salida, que procesa el código de aplicación transmitido por ejemplo mediante un intérprete, sólo se necesita un hardware monocanal.

5 Correspondientemente prevé el procedimiento ventajosamente que la comprobación de un mensaje de datos mediante una unidad de evaluación, la comprobación de un mensaje de acuse de recibo mediante una unidad de evaluación, la vigilancia del flujo de datos mediante un circuito de vigilancia y/o la vigilancia de la funcionalidad de una unidad de evaluación mediante un circuito de evaluación se realicen ejecutando una función archivada en el abonado que realiza la ejecución, transmitiéndose antes de la ejecución de la función partes de la función a ejecutar y/o parámetro para ejecutar la función de otro abonado al abonado que realiza la ejecución.

10 Partes de un programa de evaluación a ejecutar mediante una unidad de evaluación pueden transmitirse al correspondiente abonado tal como antes se ha descrito desde otro abonado, en particular desde la unidad de evaluación del correspondiente sensor o actuador. Alternativamente pueden transmitirse las correspondientes partes del programa también desde una unidad de control central, por ejemplo tras leer la funcionalidad del correspondiente sensor o actuador mediante la unidad de control. La transmisión de las partes del programa puede realizarse ventajosamente de forma automática, así como dado el caso en función de un proyecto predeterminado del sistema de automatización. También puede realizarse la transmisión en función de la finalidad de utilización a través de un canal de comunicación separado.

15 Tal como se ha descrito antes, está configurado el primer o segundo abonado preferiblemente como sensor o actuador. Para la comunicación con unidades de tratamiento de datos de orden superior, está conectado el abonado correspondiente en cada caso al sensor o actuador y por ejemplo configurado como módulo de E/S preferiblemente a otro sistema de bus superior.

20 También puede estar prevista una pluralidad de primeros o segundos abonados. Por ejemplo puede estar conectada una pluralidad de abonados configurados como sensor o actuador a través de un bus serie que puede alinearse con el correspondiente abonado. Ventajosamente puede realizarse la comunicación serie entre los abonados según el principio master/slave, formando por ejemplo el correspondiente abonado el master y el abonado configurado como sensor o actuador los slaves.

25 El correspondiente abonado puede además estar conectado adicionalmente de forma ventajosa a un bus superior, configurado por ejemplo como bus serie basado en un bus de campo o en Ethernet.

30 Un sistema correspondiente a la invención para transmitir datos orientados a la seguridad para el control de un sistema de automatización, configurado en particular para ejecutar un procedimiento antes descrito, incluye un sistema de comunicación serie con al menos un primer y un segundo abonados allí conectados, al menos una primera unidad de evaluación dispuesta en el primer abonado y al menos una segunda unidad de evaluación dispuesta en el segundo abonado, estando configurada la segunda unidad de evaluación para comprobar un mensaje de datos recibido del primer abonado y para generar un mensaje de acuse de recibo en función del resultado de la comprobación del mensaje de datos, estando configurada la primera unidad de evaluación para comprobar un mensaje de acuse de recibo recibido por el segundo abonado y estando configurados el primer y/o segundo abonado para ejecutar en caso de falta una función de seguridad.

35 De manera especialmente ventajosa presenta el sistema de comunicación para la transmisión de datos en serie entre los abonados un bus serie que actúa cableado o inalámbricamente. El primer y/o segundo abonado está configurado ventajosamente como sensor o actuador de un sistema de automatización. Las unidades de evaluación sirven correspondientemente en particular para evaluar datos de entrada y/o salida orientados a la seguridad de un sensor y/o actuador con influencia sobre un proceso relevante para la seguridad de un sistema de automatización.

40 La primera y la segunda unidad de evaluación forman así una redundancia distribuida, estando dispuestas las unidades de evaluación para este fin en distintos abonados.

45 En una forma de ejecución preferente forman el primer y el segundo abonado un par de abonados que se corresponde, estando configurado uno de los abonados como sensor o actuador y el otro abonado como el correspondiente componente de entrada y/o salida. Además pueden incluir las primeras y segundas unidades de evaluación dispuestas en los correspondientes abonados ventajosamente la funcionalidad de la otra unidad de evaluación correspondiente. Se proporciona así una interfaz que actúa en ambos sentidos, con lo que los abonados pueden utilizarse como componentes de entrada o de salida.

50 Para evaluar señales de entrada y/o salida, por ejemplo señales de sensor o señales de control para actuadores, están configuradas la primera y/o segunda unidad de evaluación para comprobar datos contenidos en un mensaje de datos o en n mensaje de acuse de recibo en cuanto a plausibilidad. Además pueden estar configuradas la primera y/o segunda unidad de evaluación ventajosamente para comparar datos contenidos en un mensaje de datos con datos contenidos en un mensaje de acuse de recibo. En

ES 2 566 679 T3

otra forma de ejecución ventajosa está configurada la primera y/o segunda unidad de evaluación para generar otro mensaje de datos válido como mensaje de acuse de recibo.

5 El sistema puede además presentar ventajosamente cada una de las variantes de ejecución descritas antes en relación con los procedimientos.

10 Correspondientemente están las unidades de evaluación configuradas para intercambiar datos utilizando un protocolo de comunicación seguro. Para que la posibilidad de utilización sea lo más flexible posible, pueden presentar las unidades de evaluación preferiblemente valores digitales y analógicos a través del protocolo, pudiendo estar también mezclados los datos de duración y parámetros para aplicaciones seguras y no seguras.

15 Además de manera especialmente ventajosa pueden estar integrados en el sistema en particular sensores o actuadores mecánicos, que no disponen de ninguna unidad de evaluación para evaluar datos orientados a la seguridad y que se conectan para este fin entre la primera y la segunda unidad de evaluación. La posibilidad de utilizar además de sensores y actuadores que pueden conectarse en red también componentes mecánicos estándar, simplifica la reparación de sistemas existentes y es compatible con sensores y actuadores actuales.

20 Para lograr un cableado sencillo de un componente mecánico estándar, están dispuestos el primer y el segundo abonado ventajosamente en un módulo común.

25 Para seguir aumentando la seguridad, lleva asociada ventajosamente cada unidad de evaluación un circuito de vigilancia, configurado para vigilar la validez del flujo de datos hacia y/o desde la unidad de evaluación asociada según un protocolo predeterminado y en caso de falta llevar a un estado seguro la unidad de evaluación asociada y/o un sensor o actuador controlado mediante la unidad de evaluación asociada.

30 El circuito de evaluación está configurado para este fin preferiblemente para detectar un patrón estático o dinámico predeterminado y puede presentar además una función de watchdog para vigilar la funcionalidad de la unidad de evaluación asociada. En el caso más sencillo es suficiente una vigilancia de supervivencia del hardware monocanal para controlar el proceso seguro y en caso de falta dotar la entrada o salida de un valor sustitutorio para garantizar la seguridad.

35 Tal como ya se descrito antes en relación con el procedimiento, está configurado el sistema de comunicación ventajosamente como sistema master/slave, constituyendo el master el primer o el segundo abonado. Además está conectado el primer o segundo abonado preferiblemente a otro sistema de comunicación superior, para intercambiar datos con una unidad de tratamiento de datos o de control superior.

40 Para no tener que mantener disponibles funcionalidades de las unidades de evaluación para cada finalidad de utilización imaginable en cada abonado, están configurados el primer y/o segundo abonado ventajosamente para solicitar partes de la función y/o parámetros de otro abonado.

45 Correspondientemente está configurado al menos un abonado ventajosamente para realizar la comprobación de un mensaje de datos mediante una unidad de evaluación, la comprobación de un mensaje de acuse de recibo mediante una unidad de evaluación, la vigilancia del flujo de datos mediante un circuito de evaluación y/o la vigilancia de la funcionalidad de una unidad de evaluación mediante un circuito de evaluación ejecutando una función archivada en el abonado, estando configurado además el abonado, de los que al menos hay uno, para solicitar de otro abonado partes de la función y/o parámetros que pueden ejecutarse, para ejecutar la función.

50 Convenientemente presenta el correspondiente abonado una memoria para memorizar el código de secuencia de la función a ejecutar, en la que está archivada una funcionalidad básica del abonado y en la que adicionalmente en la fase de arranque del sistema se archivan las partes de la función y/o parámetros solicitados según necesidades o recibidos automáticamente. Para ejecutar la función presenta el abonado ventajosamente un microprocesador. Además, se prevé para aumentar la flexibilidad ventajosamente un intérprete en el abonado, que se utiliza para ejecutar las partes de la función adicionales.

60 Los parámetros y/o partes de la función adicionales, pueden proporcionarse también ventajosamente desde una unidad de control central, por ejemplo en función de un proyecto predeterminado del sistema de automatización.

65 Mediante la invención resulta posible de manera sencilla una comunicación de datos segura. Los sensores o actuadores equipados según la invención pueden fabricarse económicamente y con poca variación. Esto es así también para tarjetas de E/S de sistemas de automatización configuradas como módulos centrales o abonados de red descentralizados.

Además se simplifican mediante la presente invención, directrices de instalación actuales, con lo que un comportamiento indebido y la incertidumbre respecto a los sensores y actuadores conectados tiene menos influencia sobre el funcionamiento de la técnica de seguridad.

5 La invención se describirá a continuación con más precisión a modo de ejemplo en base a formas de ejecución preferentes y con referencia a los dibujos adjuntos. Al respecto las mismas referencias en los dibujos designan partes iguales o similares.

Se muestra en:

10

figura 1a: una representación esquemática de una trayectoria de señal a modo de ejemplo correspondiente a una señal de entrada hacia una unidad de control en conexión paralela,

figura 1b: una representación esquemática de una trayectoria de señal a modo de ejemplo correspondiente a una señal de entrada hacia una unidad de control en conexión serie,

15

figura 2: una representación esquemática de un ejemplo de ejecución con un primer y segundo abonados,

figura 3: una representación esquemática de un ejemplo de ejecución, en el que entre un primer y un segundo abonado está conectado un interruptor de desconexión en emergencia,

20

figura 4: una representación esquemática de un ejemplo de ejecución, en el que entre un primer y un segundo abonado está conectado un interruptor de desconexión de emergencia, estando dispuestos el primer y el segundo abonados en un módulo común,

figura 5: una representación esquemática de una primera variante de ejecución de los componentes funcionales del primer y segundo abonados representados en la figura 2,

25

figura 6: una representación esquemática de una segunda variante de ejecución de los componentes funcionales del primer y segundo abonados representados en la figura 2,

figura 7: una representación esquemática de un ejemplo de ejecución en el que la comunicación serie entre el primer y el segundo abonado se realiza inalámbricamente y

30

figura 8: una representación esquemática de un ejemplo de ejecución en el que el primer y el segundo abonado forman una cortina de luz.

Las figuras 1a y 1b muestran para una aplicación técnica de seguridad a modo de ejemplo la trayectoria de la señal correspondiente a una señal de entrada desde un sensor hasta un módulo de E/S configurado como componente de entrada, comparándose el coste típico de una conexión paralela y una conexión serie.

35

Tal como se representa en la figura 1a, se determina una magnitud física 101 de un proceso 100. Para ello se realiza en una unidad 110 próxima al proceso mediante un sensor 111 primeramente una medición de una magnitud típicamente analógica. Esta magnitud de medida que puede evaluarse eléctricamente se transforma mediante un convertidor A/D 112 en una magnitud que puede procesarse digitalmente y se procesa mediante una unidad de procesamiento 113 para formar un valor de aplicación digital. Cuando se trata de cableado en paralelo se realiza para transmitir los datos a un módulo de E/S 120 de nuevo una conversión del valor de aplicación digital en una señal normalizada mediante un convertidor D/A 114. Esta señal normalizada se transmite a continuación mediante un cableado 130, por ejemplo a través de puntos de embornado, subdistribuidores, etc. al módulo de E/S 120, debiéndose formular al cableado para la transmisión de señales orientadas a la seguridad usualmente exigencias especiales. En el módulo de E/S 120 se realiza mediante convertidores A/D 121 una transformación a la inversa de la señal transmitida al valor de aplicación digital, que se procesa mediante la unidad de procesamiento 122 y caso necesario se transforma para transmitirlo a otros sistemas que vayan a continuación mediante transformadores 123 por ejemplo en un protocolo de red.

50

La invención simplifica la trayectoria de la señal desde el punto de vista de la técnica de seguridad tal que pueden minimizarse los costes de los aparatos, del sistema sensórico o de actuadores y del cableado. Para este fin prevé la invención, tal como se representa en la figura 1b, ventajosamente una conexión serie directa 140 entre las unidades de procesamiento 113 y 122 del módulo de sensor 110' o bien del módulo de E/S 120'.

55

En sistemas no relevantes para la seguridad se conocen ya ciertamente en parte por el estado de la técnica sistemas de bus serie para controlar sensores y actuadores, pero en la técnica de seguridad se añaden exigencias que no se cumplen según el estado de la técnica.

60

Una posibilidad para cumplir con prescripciones de seguridad consistiría en prever en los sensores o actuadores unidades de evaluación redundantes. Para minimizar los costes del hardware es por el contrario ventajoso prever en un sistema correspondiente a la invención una redundancia distribuida de las unidades de evaluación, disponiendo en cada caso una unidad de evaluación en los correspondientes abonados.

65

En la figura 2 se representa un sistema de comunicación serie 1 a modo de ejemplo, que es adecuado para utilizarlo en la invención y que incluye dos abonados 21 y 22, entre los que existe una conexión serie segura a través del sistema de bus 30. Los abonados del bus 21 y 22 contienen en cada caso una unidad de evaluación 212 y 222 respectivamente, que forman respectivas partes del correspondiente par de unidades de evaluación, para lograr una redundancia distribuida. Los abonados 21 y 22 incluyen además respectivos circuitos de vigilancia 214 y 224 respectivamente, que vigilan el flujo de datos, así como una interfaz hacia una aplicación relevante para la seguridad 216 y 226 respectivamente, representadas simbólicamente en la figura 2 como interruptores. La aplicación relevante para la seguridad incluye usualmente un programa que puede ejecutarse, archivado en una memoria, que es adecuado para influir sobre procesos de un sistema de automatización que posiblemente aporten un peligro.

Las unidades de evaluación 212 y 222 se comunican entre sí mediante el protocolo seguro y controlan el contenido de los datos enviados. Mediante un acuse de recibo de los datos, se aporta la seguridad redundante. El circuito de vigilancia 214 y 224 conectado a la correspondiente unidad de evaluación comprueba la validez del flujo de datos mediante reconocimiento del patrón y en caso de falta coloca la unidad de evaluación 212 y 222 respectivamente en el estado seguro.

Tal como se representa en la figura 3, posibilita la invención también la conexión de elementos mecánicos sencillos de control y de sensor. Se representan de nuevo los abonados 21 y 22, que están conectados entre sí a través del sistema de bus serie. En este ejemplo de ejecución están interconectados los abonados de bus 21 y 22 con el pulsador mecánico de desconexión en emergencia 70 tal que la trayectoria de la señal desde la salida de la unidad de evaluación 212 hasta la entrada de la unidad de evaluación 222 discurre a través del pulsador de desconexión en emergencia 70 y pasa por los interruptores integrados redundantes 71 y 72. El pulsador de desconexión en emergencia 70 está configurado tal que cuando se acciona manualmente se opera simultáneamente sobre ambos interruptores 71 y 72. Mediante el intercambio de datos entre las unidades de evaluación distribuidas 212 y 222, se detecta con seguridad el accionamiento del pulsador de desconexión en emergencia 70. Mediante los correspondientes circuitos pueden utilizarse, además de los contactos de apertura representados (pulsadores de desconexión en emergencia) también contactos de cierre y combinaciones de contacto de cierre/contacto de apertura. Éstos pueden utilizarse también con alimentación separada de la señal de prueba o bien alimentación común de la señal de prueba.

En la figura 4 se representa una variante preferente de la forma de ejecución representada en la figura 3, en la que los abonados 23 y 24, que corresponden esencialmente a los abonados 21 y 22, están dispuestos en un módulo 25 común, que se conecta con el pulsador de desconexión en emergencia 70. Los abonados 23 y 24 incluyen a su vez unidades de evaluación 232 y 242 respectivamente, así como circuitos de vigilancia asociados 234 y 244 respectivamente, y también interfaces hacia aplicaciones relevantes para la seguridad 236 y 246 respectivamente. En este ejemplo de ejecución discurre la trayectoria de la señal desde la salida de la unidad de evaluación 242 hasta la entrada de la unidad de evaluación 232 a través de los interruptores 71 y 72 del pulsador de desconexión en emergencia 70, estando conectada la correspondiente salida de la unidad de evaluación 232 con la correspondiente entrada de la unidad de evaluación 242b.

La figura 5 muestra una representación esquemática de los componentes funcionales del primer y segundo abonados 21 y 22 representados en la figura 2. Para ejecutar una aplicación relevante para la seguridad está prevista en cada uno de los abonados 21 y 22 una memoria 21s y 22s respectivamente, en la que están archivados respectivos códigos de secuencia 21p y 22p que pueden ejecutarse. Para ejecutar la aplicación están previstos respectivos microprocesadores 21m y 22m en los abonados 21 y 22, que tienen acceso a las correspondientes memorias.

En el ejemplo de ejecución representado está configurado el abonado 21 como sensor y el abonado 22 como módulo de E/S, que comunican entre sí a través del sistema de bus serie 30. El módulo de E/S 22 que funciona como componente de entrada está conectado adicionalmente a un sistema de comunicación superior 40, que posibilita por ejemplo la comunicación con un aparato de control superior.

Las aplicaciones 21p y 22p son esencialmente idénticas en el ejemplo de ejecución representado y pueden ejecutarse mediante las correspondientes unidades de evaluación 212 y 222 respectivamente representadas en la figura 2.

La figura 6 muestra una variante de ejecución preferente de los componentes funcionales del primer y segundo abonados 21 y 22 representados en la figura 2, estando a su vez configurados el abonado 21 como sensor y el abonado 22 como el correspondiente módulo de E/S. En esta variante de ejecución dispone el abonado 21 de una aplicación de seguridad archivada en la memoria 21s, que incluye las partes de aplicación 21p1 y 21p2, de las que en principio no se dispone por completo o en parte en el correspondiente abonado 22.

En el ejemplo de ejecución representado dispone el abonado 22 de una funcionalidad básica 22p1 archivada en su memoria 22s, que corresponde a la aplicación 21p1. En la fase de arranque del sistema solicita el abonado 22 la parte de aplicación 21p1 del abonado 21 que le falta, que transmite éste a continuación al abonado 22. El abonado 22 memoriza la parte de aplicación 22p2 recibida en la memoria 22s. Para garantizar un elevado grado de flexibilidad, está previsto en este ejemplo de ejecución en el abonado 22 además un intérprete 22i que tiene acceso a la memoria 22s y que está conectado con el microprocesador 22m. El intérprete 22i está configurado para interpretar al menos el código de secuencia 22p2 proporcionado adicionalmente y con ello hacer posible la ejecución mediante el microprocesador 22m.

La parte de aplicación adicional 22p2 puede transmitirse al abonado 22 alternativamente también desde una unidad central de control basándose en un proyecto de un sistema de automatización mediante el sistema de comunicación superior 40. También puede realizarse la transmisión por ejemplo a través de un canal de comunicación separado.

La figura 7 muestra un sistema de comunicación 1' con los abonados 21' y 22', que a diferencia de los abonados 21 y 22 representados en la figura 2 se comunican a través de una interfaz serie inalámbrica 30'. Para este fin presentan los abonados 21' y 22' los correspondientes transceptores 218 y 228 respectivamente, mediante los cuales es posible una comunicación serie inalámbrica segura entre los abonados 21' y 22'. Por lo demás, corresponde la estructura de los abonados 21' y 22' a la de los abonados 21 y 22 representados en la figura 2.

En la figura 8 se representa otra forma de ejecución de la invención. Se prevé una cortina de luz con un emisor 26 y un receptor 27. El emisor 26 incluye una pluralidad de fuentes de luz 265, una unidad de evaluación 262, así como una fuente de luz 266 que puede controlarse separadamente. El receptor 27 incluye una pluralidad de sensores de luz 275, una unidad de evaluación 272, así como un sensor de luz 276 que puede captarse separadamente. El emisor 26 y el receptor 27 constituyen un primer y un segundo abonados de un sistema de comunicación serie. El intercambio de datos en serie entre la unidad de evaluación 262 y la unidad de evaluación 272 se realiza en este ejemplo de ejecución a través de un canal óptico de transmisión de datos formado por la fuente de luz 266 y el sensor de luz 276 y un canal eléctrico de retorno 32.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la transmisión de datos segura entre al menos un primer (21, 21', 23, 26) y un segundo (22, 22', 24, 27) abonado de un sistema de comunicación (1, 1') empleado para controlar una máquina o instalación, configurado para la transmisión en serie de datos entre los abonados (21, 22, 21', 22', 23, 24, 26, 27), incluyendo el primer abonado una primera unidad de evaluación (212, 232, 262) y el segundo abonado una segunda unidad de evaluación (222, 242, 272),

caracterizado por las etapas:

 - 10 - transmisión de un mensaje de datos desde el primer abonado (21, 21', 23, 26) al segundo abonado (22, 22', 24, 27), comprobando la primera unidad de evaluación los datos contenidos en el mensaje de datos a enviar por el primer abonado en cuanto a plausibilidad, antes de que se transmita el mensaje de datos al segundo abonado,
 - 15 - comprobación del mensaje de datos por parte de la segunda unidad de evaluación situada en el segundo abonado, comprobando de nuevo la segunda unidad de evaluación en el segundo abonado los datos recibidos en cuanto a plausibilidad tras recibirse el mensaje de datos, con lo que se realiza una evaluación redundante de datos que sirven para controlar procesos de una máquina o instalación relevantes para la seguridad, constituyendo en la evaluación la primera y la segunda unidad de evaluación respectivas partes de un par correspondiente de unidades de evaluación para lograr una redundancia distribuida,
 - 20 - transmisión de un mensaje de acuse de recibo desde el segundo abonado al primer abonado en función del resultado de la comprobación del mensaje de datos y
 - 25 - comprobación del mensaje de acuse de recibo por parte de la primera unidad de evaluación dispuesta en el primer abonado, consistiendo la comprobación del mensaje de acuse de recibo en registrar la recepción de un mensaje previamente definido, incluyendo la comprobación en cuanto a plausibilidad una evaluación de señales de sensor o señales de control para actuadores, comunicando entre sí las unidades de evaluación mediante un protocolo seguro y controlando el contenido de los datos enviados.
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la transmisión de datos en serie entre los abonados (21, 22, 21', 22', 23, 24, 26, 27) se realiza mediante un protocolo de transmisión de datos.
- 35 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la transmisión de datos en serie entre los abonados se realiza a través de un bus serie, configurado cableado (30) o inalámbrico (30').
- 40 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el primer y/o el segundo abonado están configurados como sensor o actuador de un sistema de automatización.
- 45 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que el mensaje de datos incluye una señal de entrada o salida de un sensor o actuador, respectivamente.
- 50 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la comprobación del mensaje de acuse de recibo incluye la comprobación de los datos contenidos en el mensaje en cuanto a plausibilidad.
- 55 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la comprobación del mensaje de acuse de recibo incluye la comparación de datos contenidos en el mensaje de acuse de recibo con datos recibidos en el mensaje de datos.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que entre el primer y el segundo abonado está conectado un elemento de control o de sensor (70), que no incluye ninguna unidad de evaluación.
- 60 9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que el elemento de control o de sensor (70) está configurado como elemento mecánico.
- 65 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que cada unidad de evaluación (212, 222, 232, 242) lleva asociado un circuito de vigilancia (214, 224, 234, 244), que vigila la validez del flujo de datos hacia y/o desde la unidad de evaluación (212, 222, 232, 242) asociada según un protocolo predeterminado y en caso de falta lleva a un estado seguro la unidad de evaluación asociada (212, 222, 232, 242) y/o un sensor o actuador controlado mediante la unidad de evaluación asociada.
11. Procedimiento según la reivindicación 10,

ES 2 566 679 T3

en el que la vigilancia del flujo de datos mediante el circuito de evaluación (214, 224, 234, 244) incluye el reconocimiento de un patrón predeterminado.

- 5 12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11,
en el que el circuito de vigilancia (214, 224, 234, 244) vigila la funcionalidad de la unidad de evaluación (212, 222, 232, 242) asociada.
- 10 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
en el que la comprobación de un mensaje de datos mediante una unidad de evaluación la comprobación de un mensaje de acuse de recibo mediante una unidad de evaluación, la vigilancia del flujo de datos mediante un circuito de vigilancia y/o la vigilancia de la funcionalidad de una unidad de evaluación, se realizan mediante un circuito de evaluación, ejecutando una función (22p1, 22p2) archivada en el abonado (22) que realiza la ejecución y transmitiéndose antes de la ejecución de la función partes (22p2) de la función a ejecutar y/o parámetros para ejecutar la función de otro abonado (21) al abonado (22) que realiza la ejecución.
- 15 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
en el que el sistema de comunicación (1, 1') que incluye el primer y el segundo abonado está configurado como sistema master/slave (maestro/esclavo), estando configurado el primer o el segundo abonado como master.
- 20 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
en el que el primer o el segundo abonado está conectado a un sistema de bus (40) superior.
- 25 16. Sistema para transmitir datos orientados a la seguridad para el control de un sistema de automatización, configurado en particular para ejecutar un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, que incluye
- 30 - un sistema de comunicación serie (1) con al menos un primer y un segundo abonados (21, 22, 21', 22', 23, 24, 26, 27) allí conectados,
- al menos una primera unidad de evaluación (212, 232, 262) dispuesta en el primer abonado (21, 21', 23, 26) y
- al menos una segunda unidad de evaluación (222, 242, 272) dispuesta en el segundo abonado (22, 22', 24, 27)
- 35 **caracterizado porque** la primera unidad de evaluación está configurada para transmitir un mensaje de datos al segundo abonado y para comprobar los datos contenidos en el mensaje de datos a enviar en cuanto a plausibilidad, antes de transmitir el mensaje de datos al segundo abonado,
la segunda unidad de evaluación está configurada para comprobar el mensaje de datos recibido del primer abonado, comprobando de nuevo la segunda unidad de evaluación los datos recibidos en
- 40 cuanto a plausibilidad tras recibirse el mensaje de datos en el segundo abonado, con lo que se realiza una evaluación redundante de datos que sirven para controlar procesos de una máquina o instalación relevantes para la seguridad, constituyendo en la evaluación la primera y la segunda unidad de evaluación respectivas partes de un par correspondiente de unidades de evaluación para lograr una redundancia distribuida,
- 45 la segunda unidad de evaluación está configurada para generar un mensaje de acuse de recibo en función del resultado de la comprobación del mensaje de datos y para transmitir el mensaje de acuse de recibo al primer abonado,
la primera unidad de evaluación está configurada para comprobar el mensaje de acuse de recibo recibido del segundo abonado, consistiendo la comprobación del mensaje de acuse de recibo en registrar la recepción de un mensaje previamente definido,
- 50 incluyendo la comprobación en cuanto a plausibilidad una evaluación de señales de sensor o señales de control para actuadores, estando configuradas las unidades de evaluación para comunicar entre sí mediante un protocolo seguro y estando configuradas para controlar el contenido de los datos enviados y
- 55 estando configurados el primer y/o segundo abonados para ejecutar una función de seguridad en caso de falta.
- 60 17. Sistema según la reivindicación 16,
en el que el protocolo de transmisión de datos del sistema de comunicación (1) está configurado como protocolo de comunicación seguro.
- 65 18. Sistema según una de las reivindicaciones 16 y 17,
en el que el sistema de comunicación (1, 1') incluye para la transmisión de datos en serie entre los abonados un bus serie cableado (30) o inalámbrico (30').
19. Sistema según una de las reivindicaciones 16-18,

en el que el primer y/o segundo abonado están configurados como sensor o actuador del sistema de automatización.

- 5 20. Sistema según una de las reivindicaciones 16-19,
en el que la primera y/o segunda unidad de evaluación están configuradas para comprobar datos contenidos en un mensaje de acuse de recibo en cuanto a plausibilidad.
- 10 21. Sistema según una de las reivindicaciones 16-20,
en el que la primera y/o segunda unidad de evaluación están configuradas para comparar datos contenidos en un mensaje de datos con datos contenidos en un mensaje de acuse de recibo.
- 15 22. Sistema según una de las reivindicaciones 16-21,
en el que entre el primer y el segundo abonados está conectado un elemento de control o de sensor (70), que no incluye ninguna unidad de evaluación.
- 20 23. Sistema según la reivindicación 22,
en el que el elemento de control o de sensor (70) está configurado como elemento mecánico.
- 25 24. Sistema según una de las reivindicaciones 16-23,
en el que el primer (23) y el segundo (24) abonado están dispuestos en un módulo (25) común.
- 30 25. Sistema según una de las reivindicaciones 16-24,
en el que cada unidad de evaluación (212, 222, 232, 242) lleva asociado un circuito de vigilancia (214, 224, 234, 244), configurado para vigilar la validez del flujo de datos hacia y/o desde la unidad de evaluación (212, 222, 232, 242) asociada según un protocolo predeterminado y en caso de falta llevar a un estado seguro la unidad de evaluación (212, 222, 232, 242) asociada y/o un sensor o actuador controlado mediante la unidad de evaluación asociada.
- 35 26. Sistema según la reivindicación 25,
en el que el circuito de evaluación (214, 224, 234, 244) está configurado para reconocer un patrón predeterminado.
- 40 27. Sistema según la reivindicación 25 ó 26,
en el que el circuito de vigilancia (214, 224, 234, 244) está configurado para vigilar la funcionalidad de la unidad de evaluación (212, 222, 232, 242) asociada mediante una función.
- 45 28. Sistema según una de las reivindicaciones 16-27,
en el que al menos un abonado está configurado para realizar la comprobación de un mensaje de datos mediante una unidad de evaluación, la comprobación de un mensaje de acuse de recibo mediante una unidad de evaluación, la vigilancia del flujo de datos mediante un circuito de evaluación y/o la vigilancia de la funcionalidad de una unidad de evaluación mediante un circuito de evaluación ejecutando una función (22p1, 22p2) archivada en el abonado (22), estando configurado además el abonado (22), de los que al menos hay uno, para solicitar de otro abonado (21) partes de la función (22p2) y/o parámetros que pueden ejecutarse para ejecutar la función.
- 50 29. Sistema según una de las reivindicaciones 16-28,
en el que el sistema de comunicación (1, 1') que incluye el primer y el segundo abonado está configurado como sistema master/slave (maestro/esclavo), estando configurado el primer o el segundo abonado como master.
30. Sistema según una de las reivindicaciones 16-29,
en el que el primer o el segundo abonado están conectados a otro sistema de comunicación (40) superior.

Fig. 1a

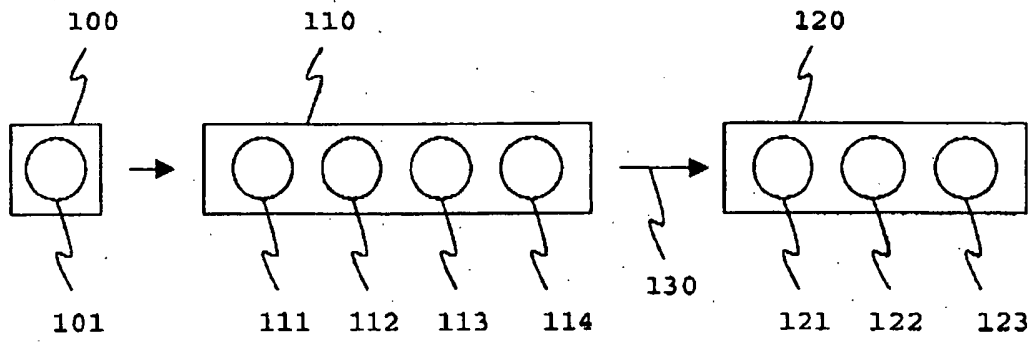


Fig. 1b

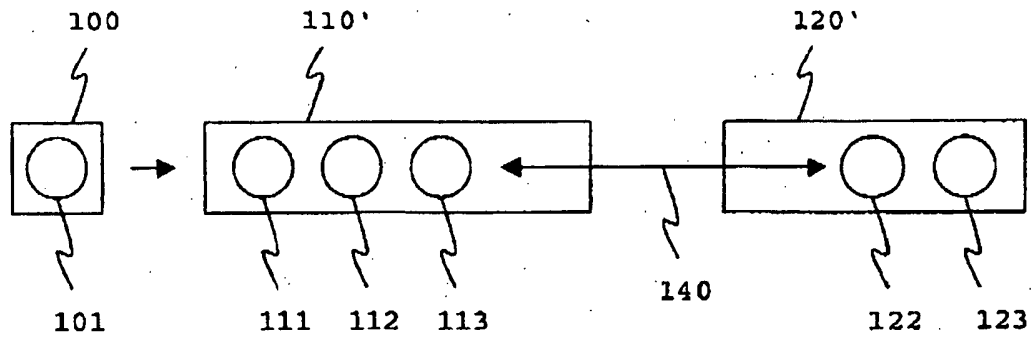


Fig. 2

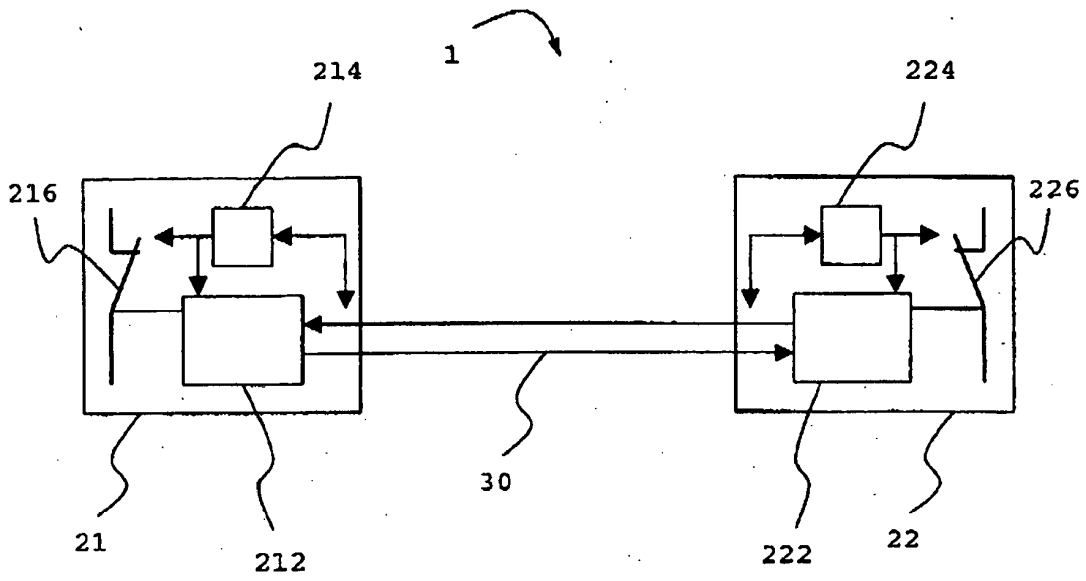


Fig. 3

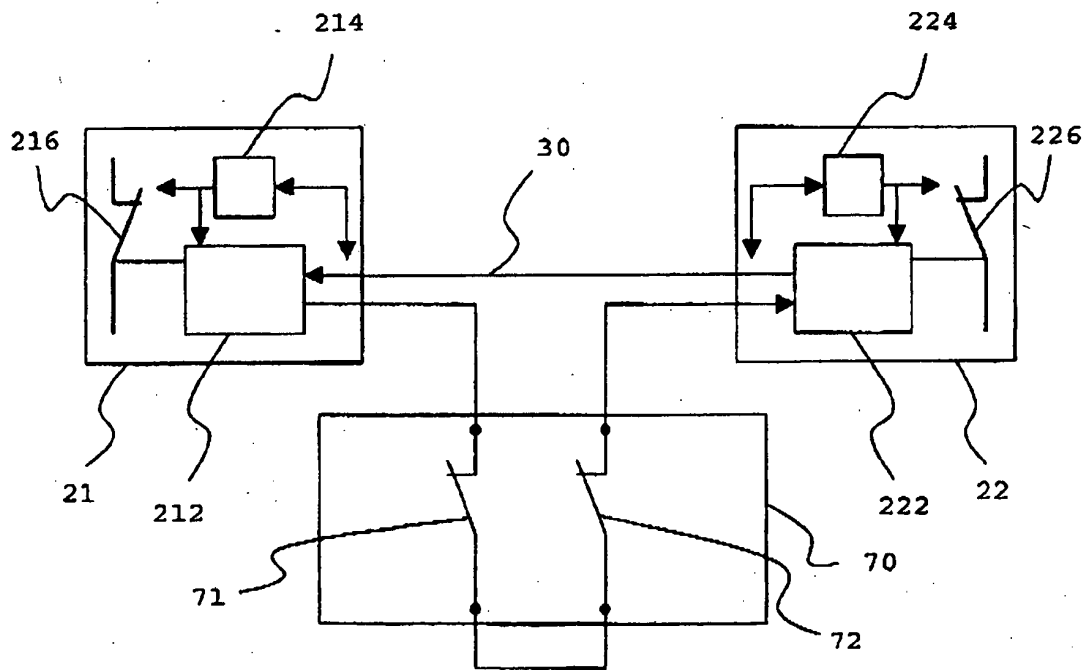


Fig. 4

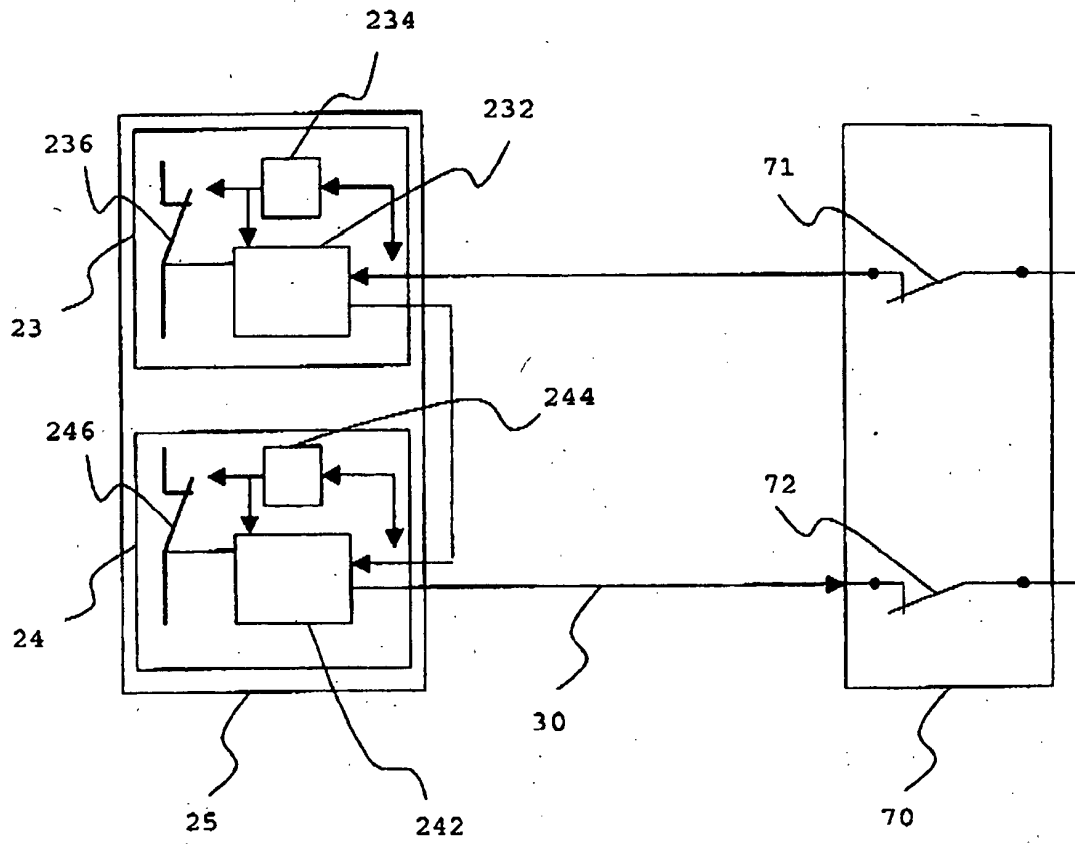


Fig. 5

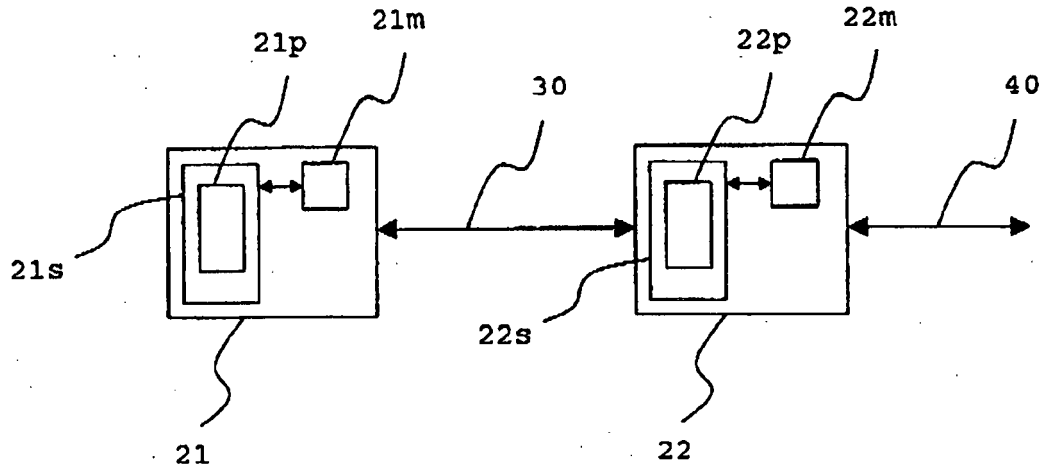


Fig. 6

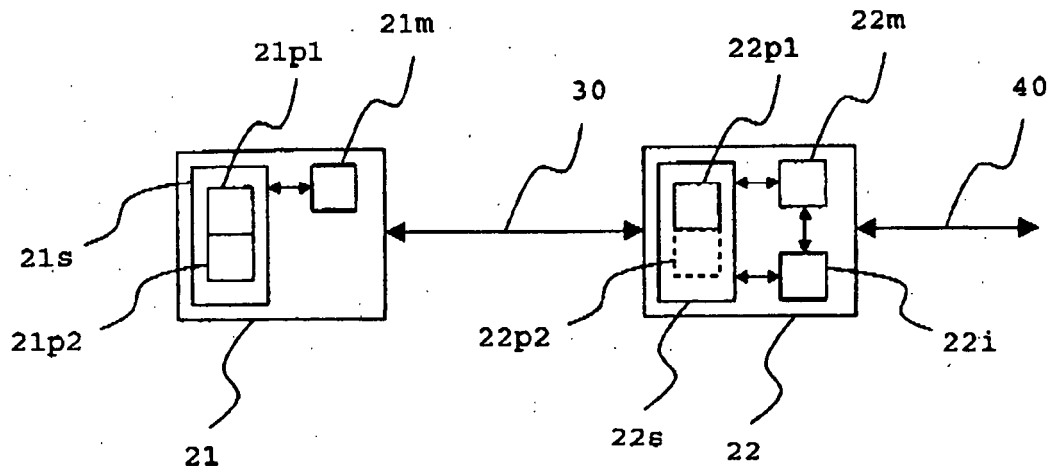


Fig. 7

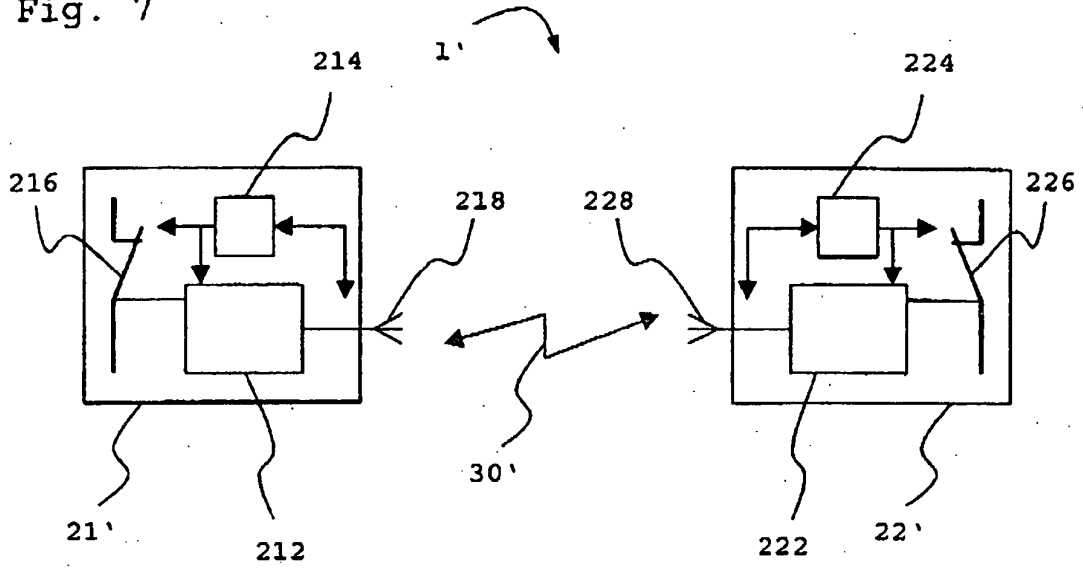


Fig. 8

