



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 316 464**

51 Int. Cl.:
H04L 1/16 (2006.01)
H04L 12/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01965151 .2**
96 Fecha de presentación : **30.07.2001**
97 Número de publicación de la solicitud: **1307989**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2003**

54 Título: **Procedimiento de comunicación.**

30 Prioridad: **10.08.2000 EP 00117177**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2009

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es: **Steindl, Günter**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 316 464 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).

ES 2 316 464 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de comunicación.

5 La presente invención comprende un procedimiento para la comunicación cíclica a través de un bus, entre dos integrantes de la comunicación previstos para el accionamiento y control de un proceso técnico, en el cual, durante cada ciclo de bus de una duración predeterminable, se desarrollan relaciones de comunicación para los integrantes de la comunicación.

10 Un procedimiento de comunicación de ese tipo se conoce por G. Cena, *et. al.*, "Standard field bus networks for industrial applications" (redes estándar de bus de campo para aplicaciones industriales), en: Computer Standards & Interfaces, 17 (1995), páginas 155-167, así como por la Norma EN 50 170 o Norma PROFIBUS. La PROFIBUS es un denominado bus de campo, utilizado para la conexión comunicativa de integrantes de la comunicación, previstos para la automatización un proceso técnico. Un integrante de la comunicación de este bus o un bus similar es, por ejemplo, 15 un denominado controlador lógico programable (PLC). Otro integrante de la comunicación en el bus es, por ejemplo, un denominado dispositivo periférico descentralizado, al cual se puede conectar un análisis sensorial externo o un grupo actor para el accionamiento o control del proceso técnico.

20 El accionamiento de un proceso técnico frecuentemente también incluye tareas de regulación. A su vez, la regulación comprende la toma del valor de medición del proceso técnico y la emisión de una información de accionamiento al proceso técnico. Tanto la toma del valor de medición, como así también la emisión de la información de accionamiento, se llevan a cabo, usualmente, de modo cíclico. Dado que, con ello, el valor de medición no está disponible continuamente, sino sólo en el respectivo momento de su toma, es decir, en el momento de exploración, se trata de una regulación de exploración cuya calidad o estabilidad depende, predominantemente, de la equidistancia de los puntos 25 de exploración.

Frecuentemente, el valor de medición del proceso es tomado por el primer integrante de la comunicación y procesado por el segundo integrante de la comunicación. Este segundo integrante de la comunicación también genera la información de accionamiento, a partir del valor de medición. Esta información de accionamiento es emitida luego 30 por un tercer integrante de la comunicación. De ese modo, se determina la distancia entre dos puntos de trabajo y por ello, la frecuencia de exploración, a través de la duración de comunicación entre el respectivo integrante de la comunicación.

35 Por ejemplo, en el PROFIBUS, está previsto un tiempo constante de ciclo de bus para garantizar una equidistancia de los puntos de trabajo. El tiempo de ciclo de bus es el periodo en el cual se desarrollan exactamente una vez todas las relaciones cíclicas de comunicación proyectadas para los integrantes de la comunicación conectados al bus. Un procedimiento de comunicación con un tiempo constante de ciclo de bus se conoce, por ejemplo, por la declaración alemana de patente 199 39 182 (fecha de declaración: 20/08/1999).

40 Una comunicación comprende la transferencia de un mensaje a través del bus del integrante de la comunicación emisor al integrante de la comunicación receptor. El tiempo requerido para la transferencia de un mensaje está determinado fundamentalmente por la cantidad de datos por transferir. Sin embargo, la cantidad de datos de comunicaciones cíclicas es esencialmente constante. De este modo se obtiene, con un tiempo constante de ciclo de bus, una equidistancia aproximada entre las comunicaciones individuales. Con una equidistancia aproximada de las comunicaciones 45 individuales se presenta una equidistancia aproximada de los puntos de trabajo, ya que el valor de medición tomado del proceso es una fecha de una comunicación o de un mensaje.

50 Para garantizar la equidistancia real, el ciclo de bus es más largo que el tiempo requerido para el desarrollo de todas las comunicaciones proyectadas. El tiempo adicional está disponible como reserva para retransmisiones de mensaje y los denominados mensajes acíclicos. Si en un ciclo de bus no se requieren retransmisiones de mensajes, o no se presentan mensajes acíclicos para la transferencia, se espera con el comienzo del siguiente ciclo de bus hasta que haya transcurrido el tiempo de ciclo de bus (incluyendo el tiempo de reserva). De ese modo, se obtiene un retículo de tiempo fijo de para la comunicación proyectada, con la cual se puede garantizar la equidistancia de las exploraciones.

55 Sin embargo, la desventaja de este procedimiento de comunicación conocido es que esta equidistancia ya no se garantiza en el caso de una relación de comunicación perturbada. Acorde a la memoria EN 50 170, en el caso de una relación de comunicación perturbada, ésta se retransmite en el mismo ciclo de bus entre una y quince veces. Esto provoca que la duración del ciclo de bus se prolongue el tiempo de duración de la retransmisión de la relación de comunicación perturbada. Una equidistancia de relaciones individuales de comunicación a lo largo de múltiples ciclos 60 de bus, como se requiere, especialmente, para regulaciones de exploración críticas, no se puede garantizar con los procedimientos conocidos de comunicación en el caso de perturbaciones de comunicación y/o transmisión.

65 El motivo para ello es que cada relación de comunicación que se desarrolla temporalmente después de la relación de comunicación perturbada en el ciclo de bus, está desplazada temporalmente en comparación con un ciclo de bus "normal", es decir, con un ciclo de bus sin relación de comunicación perturbada. De este modo también descende la calidad de una regulación de exploración. En el caso extremo, incluso se puede poner en duda la estabilidad de la regulación de exploración.

ES 2 316 464 T3

Otros procedimientos para la transmisión de datos a prueba de errores entre integrantes de la comunicación de un sistema de buses se conocen por las memorias US 4 896 151 A, DE 196 20 137 A1 y DE 195 09 558 A1.

5 Por ello, la presente invención tiene como objetivo presentar un procedimiento de comunicación con el cual sea posible una exploración equidistante de un valor de medición del proceso técnico, incluso en el caso de perturbaciones de transmisión.

10 Este objetivo se alcanza, acorde a la invención, con las características de la reivindicación 1. Los perfeccionamientos y acondicionamientos ventajosos son objeto de las subreivindicaciones.

10 Para ello, en un procedimiento para la comunicación cíclica a través de un bus, entre dos integrantes de la comunicación previstos para el accionamiento y control de un proceso técnico, en el cual, durante cada ciclo de bus de una duración predeterminable, se desarrollan relaciones de comunicación para los integrantes de la comunicación, está previsto que una relación de comunicación perturbada sea acusada mediante un código particular de acuse de recepción que es evaluado durante el ciclo de bus corriente como un código normal de acuse de recepción indicando una relación de comunicación no perturbada, y porque se planifica una retransmisión de la relación de comunicación perturbada para el ciclo de bus siguiente. Acorde a una alternativa, tras una relación de comunicación perturbada, acusada con un código particular de acuse de recepción, no se genera una retransmisión de la relación de comunicación perturbada. Esto es tolerable, dado que, en el caso de una comunicación cíclica, en el lugar de la retransmisión de la relación de comunicación se inicia el siguiente ciclo. A su vez, se puede determinar si se deben llevar a cabo una, dos más retransmisiones de la relación de comunicación perturbada, o si deben llevarse a cabo dichas retransmisiones.

20 Las ventajas alcanzadas con la invención consisten, sobre todo, en que la duración del ciclo de bus con la relación de comunicación perturbada permanece libre de las influencias de las medidas de retransmisión y/o corrección. Esto se logra con el desplazamiento de una retransmisión de una relación de comunicación perturbada al siguiente ciclo de bus. En el caso de una retransmisión inmediata de una relación de comunicación perturbada en el mismo ciclo de bus, se desplaza el punto de inicio, respecto del ciclo de bus, de todas las relaciones de comunicación que le suceden a la relación de comunicación perturbada en el ciclo de bus. Ya no se podría garantizar una equidistancia de estas relaciones de comunicación desplazadas a lo largo de múltiples ciclos de bus.

30 Si mediante las relaciones de comunicación desplazadas se transmiten valores que ingresan a una regulación de exploración, ya no es constante la frecuencia de exploración de la correspondiente regulación de exploración, con lo cual se genera un desmejoramiento de la calidad de la regulación de exploración, eventualmente, incluso, una inestabilidad de la regulación de exploración. Mediante el desplazamiento de la retransmisión de una relación de comunicación perturbada a un siguiente ciclo de bus, los puntos de inicio de las siguientes comunicaciones permanecen esencialmente invariables. De este modo también se garantiza la equidistancia de las relaciones individuales de comunicación a través de múltiples ciclos de bus, de modo que el procedimiento de comunicación también es adecuado para regulaciones de exploración críticas.

40 Para que en el ciclo de bus con relación de comunicación perturbada no se genere ningún tipo de medidas de retransmisión y/o corrección, la relación de comunicación perturbada es acusada con un código particular de acuse de recepción. Esto provoca que no se generen, justamente, las medidas de retransmisión y/o corrección, de modo que pueda llevarse a cabo el desarrollo de las restantes relaciones de comunicación proyectadas para el ciclo de bus.

45 En el caso de que en el mismo ciclo de bus se presenten otras relaciones de comunicación perturbada, estas otras relaciones de comunicación perturbada también son tratadas como la primera relación de comunicación perturbada. Es decir, también su retransmisión se desplaza a un siguiente ciclo de bus.

50 Para que la retransmisión de una relación de comunicación perturbada en un siguiente ciclo de bus no perjudique la equidistancia de la relación de comunicación proyectada para este siguiente ciclo de bus, la retransmisión de la relación de comunicación perturbada se lleva a cabo después de las relaciones de comunicación perturbada proyectadas para este ciclo de bus. En tanto se lleve a cabo la retransmisión de la relación de comunicación perturbada tras las relaciones de comunicación proyectadas para este ciclo de bus, sus puntos de inicio permanecen invariables en relación al ciclo de bus. De ese modo se garantiza la equidistancia de las relaciones de comunicación a lo largo de múltiples ciclos de bus, incluso en el caso de la retransmisión de la relación de comunicación perturbada.

60 Ventajosamente, se planifica la retransmisión de la relación de comunicación perturbada para un ciclo inmediatamente posterior al ciclo de bus con la relación de comunicación perturbada. De este modo, la diferencia temporal entre la relación de comunicación perturbada, el momento del desarrollo planificado, y la retransmisión, el momento del desarrollo real, permanece lo más reducida posible.

65 Si la relación de comunicación perturbada es acusada con el código particular de acuse de recepción como una relación de comunicación sin fallas, se evita la demora del desarrollo de la siguiente relación de comunicación en el ciclo de bus. Sólo en el caso de una relación de comunicación que se lleva a cabo libre de fallas o que se acuse como una relación de comunicación que se lleva a cabo libre de fallas se puede continuar con el desarrollo de la siguiente relación de comunicación en el ciclo de bus. Mediante el acuse de la relación de comunicación perturbada con el código particular de acuse de recepción, ésta no se distingue de una relación de comunicación libre de fallas. De este

ES 2 316 464 T3

modo no se retrasa el inicio del desarrollo de las siguientes relaciones de comunicación en el ciclo de bus debido a una eventual evaluación de un código de acuse especial.

5 Ventajosamente, el código particular de acuse de recepción se convierte en un código normal de acuse de recepción. De este modo se reduce la cantidad de posibles códigos de acuse por verificar, de modo que, pese a un código de acuse fácticamente adicional, no se incrementa la complejidad del análisis del posible código de acuse. El código normal de acuse de recepción es el código de acuse que caracteriza la relación de comunicación desarrollada sin fallas. La conversión del código particular de acuse de recepción en un código normal de acuse de recepción puede llevarse a cabo, por ejemplo, a través de un denominado “enmascaramiento”. Si por ejemplo, el código particular de acuse de recepción sólo se diferencia del código normal de acuse de recepción por el primer bit puesto, el enmascaramiento puede llevarse a cabo a través de un enlace “Y” del código particular de acuse de recepción, por ejemplo, con el valor hexadecimal “7FFF”.

15 Si está previsto el contador de retransmisión, con el cual se cuentan la cantidad de retransmisiones de la relación de comunicación perturbada, en todo momento se puede determinar hace cuanto tiempo existe ya la perturbación de la relación de comunicación.

20 Si está previsto un valor límite para el contador de retransmisión, y tras alcanzar el valor límite cada retransmisión, la relación de comunicación perturbada es acusada con un código de acuse de recepción de falla, se puede reconocer una perturbación de una relación de comunicación que “dura demasiado”.

25 Convenientemente, se puede predeterminar este valor límite a partir del cual cada retransmisión de la relación de comunicación perturbada es acusada con un código de acuse de recepción de falla. De este modo es predeterminable el periodo de tiempo tras cuyo transcurso se considera que una perturbación “dura demasiado”. A su vez, preferentemente se puede predeterminar individualmente el valor límite para cada relación de comunicación. De este modo, el valor límite para una relación de comunicación que, por ejemplo, provee datos para una primera regulación de exploración crítica, puede ser ajustado con un valor límite diferente al de una relación de comunicación que sólo transmite datos de protocolo.

30 Si el contador de retransmisión puede ser leído por el integrante de la comunicación que participa de la relación de comunicación perturbada, éste puede determinar, en todo momento, si una relación de comunicación está perturbada y, eventualmente, determinar la duración de dicha perturbación.

35 Si está previsto, al menos, un valor umbral para el contador de retransmisión y mediante el integrante de la comunicación que lee al contador de retransmisión se inician medidas proyectadas, al alcanzar el valor umbral, también se puede reaccionar adecuadamente a la perturbación de la relación de comunicación antes de alcanzar el valor límite. Por ejemplo, al alcanzar un primer valor umbral se puede emitir una indicación correspondiente, por ejemplo, en una pantalla o en una impresora, al alcanzar un segundo valor umbral se puede emitir un aviso de alerta y al alcanzar un tercer valor umbral se puede iniciar una medida de limitación de fallas. Las medidas de limitación de fallas podrían consistir, por ejemplo, en el intento de reparar las relaciones de comunicación de otra manera, por ejemplo, con un bus redundante, o llevando el proceso técnico, eventualmente, el proceso parcial accionado por el integrante de la comunicación, a un estado seguro.

45 Ventajosamente, está prevista una estructura en una memoria de, al menos, un integrante de la comunicación, que presenta un campo para cada relación de comunicación, en el cual, en una primera posición, está almacenado el valor del contador de retransmisión, en una segunda posición, el valor límite y en una tercera posición el, al menos único, valor umbral junto con una referencia a la medida por tomar al alcanzar el valor umbral. La estructura sirve para el almacenamiento compacto de los datos esenciales previstos para el desarrollo del procedimiento de comunicación. Mediante el almacenamiento de una referencia a la medida por tomar en el caso de alcanzar el valor umbral, es posible una llamada directa de una rutina de programa en la cual está programada la medida.

50 A continuación será explicado en mayor detalle un ejemplo de ejecución de la invención, a partir de un dibujo. Se muestran:

55 Figura 1 integrantes de comunicación para accionar un proceso técnico, unidos comunicativamente a través de un bus,

Figuras 2a y 2b relaciones de comunicación entre integrantes de la comunicación individuales,

60 Figura 3 relaciones de comunicación que se desarrollan libres de fallas durante dos ciclos de bus,

Figura 4 una retransmisión de mensajes como consecuencia de una relación de comunicación perturbada,

Figura 5 una retransmisión de mensajes en un ciclo de bus posterior,

65 Figura 6 un diseño de una estructura de datos, y

Figura 7 un diagrama de flujo.

ES 2 316 464 T3

La figura 1 muestra integrantes de la comunicación 1, 2, 3, asimismo, el integrante de la comunicación identificado con la referencia 1 es un denominado maestro 1, por ejemplo, un controlador lógico programable y los integrantes de la comunicación identificado con la referencia 2, 3, son denominados esclavos, por ejemplo, dispositivos periféricos descentralizados. Los integrantes de la comunicación 1, 2, 3 están unidos comunicativamente entre sí a través de un bus 4.

El maestro 1 es un integrante de la comunicación que tiene una autorización activa de emisión en el bus 4. Un esclavo 2, 3, por el contrario, sólo provoca una emisión si anteriormente fue accionado por el maestro 1. El esclavo 2, 3 carece, con ello, de la autorización activa de emisión, dado que sólo reacciona a un accionamiento del maestro 1.

Los integrantes de la comunicación 1, 2, 3 están previstos para accionar o supervisar un proceso técnico 50 representado esquemáticamente. El proceso técnico 50 comprende un reactor 51 con una entrada 52 y una salida 53. El reactor 51 es alimentado por la entrada 52. A través de la salida 53, un reactivo 54 abandona el reactor 51. La entrada 52 es accionada por una válvula 55. Mediante un medidor de nivel 56 se determina un nivel de llenado 54' del reactor 51.

Un accionamiento y/o control (automatización) simples del proceso técnico 50, tomado a continuación a modo de ejemplo, puede consistir en el accionamiento de la válvula 55 a fin de lograr un nivel de llenado 54' constante del reactor 51.

Las figuras 2a y 2b muestran el intercambio de datos, es decir, las relaciones de comunicación 12, 21, 13, 31 entre los integrantes de la comunicación 1, 2, 3 para esta automatización. El intercambio de datos se lleva a cabo accionando un programa 6 almacenado en una memoria 5 ejecutado por el maestro 1. El programa 6 comprende, para ello, una tarea 7, 7', que es ejecutada en un retículo de tiempo fijo y es llamada, por ejemplo, cada 500 ms. Con cada ejecución de la tarea 7, 7' se lleva a cabo un intercambio de datos 12, 21 o 13, 31 entre el maestro 1 y el esclavo 2 (figura 2a) y entre el maestro 1 y el esclavo 3 (figura 2b).

Correspondientemente a una relación de comunicación proyectada, se lleva a cabo un intercambio de datos entre los respectivos integrantes de la comunicación 1, 2, 3. El intercambio de datos se lleva a cabo mediante un mensaje 12, 21, 13, 31. Por ello, en adelante, los términos comunicación/relación de comunicación y mensaje se utilizarán como sinónimos. Si el maestro 1 acciona un esclavo 2, 3, esto se lleva a cabo mediante un mensaje 12, 13. A su vez, el esclavo 2, 3 reacciona a este estímulo con un mensaje 21, 31.

La figura 2a muestra un mensaje 12 emitido por el maestro 1 al esclavo 2. El mensaje 12 comprende, por ejemplo, datos de salida y accionamiento en forma de valores digitales y/o analógicos, por ejemplo, un valor máximo para el nivel de llenado 54'. Pero el mensaje 12 también acciona al esclavo 2 para que éste emita sus datos de entrada en un mensaje 21 al maestro 1. El mensaje 21 contiene entonces, especialmente, el valor representativo del nivel de llenado 54' del reactor 51, que fue tomado mediante el medidor de nivel 56. El mensaje 12 le otorga al esclavo 2 sin autorización para la emisión, implícitamente, una autorización para la transferencia de los datos solicitados por el maestro 1. Esto se lleva a cabo mediante el mensaje 21.

La figura 2a muestra un mensaje 13 con el cual el maestro 1 le envía al esclavo 3 los correspondientes datos de salida. El mensaje 13 comprende datos de salida y/o accionamiento en forma de valores digitales o analógicos, entre ellos, también un valor que indica la posición de la válvula 55. El mensaje 13 le solicita al esclavo 3 la emisión de sus datos de entrada, en un mensaje 31 al maestro 1, por ejemplo, también un valor que representa la cantidad de flujo real que pasa a través de la alimentación 12.

Un mensaje 12, 13, 21, 31 siempre se acusa 12', 13', 21', 31'. La transmisión libre de fallas, sin perturbaciones, de un mensaje 12, 13, 21, 31 se acusa con un acuse normal de recepción, que indica que la comunicación 12, 13, 21, 31 se ha desarrollado libre de fallas. El acuse normal de recepción comprende, por ejemplo, un código normal de acuse de recepción (no representado) con el valor "0x00".

La automatización del proceso técnico 50 (figura 1) requiere de una regulación para mantener constante el nivel de llenado 54' del reactor 51. Después de que el mensaje 21 comprende el valor de medición del nivel de llenado 54' y éste es entonces sólo "explorado", si el esclavo 2 transmite el mensaje correspondiente 21 al maestro 1, se trata de una regulación de exploración. La calidad/estabilidad de tal regulación de exploración está determinada predominantemente por la distancia temporal entre dos exploraciones de un parámetro de proceso (en este caso, el nivel de llenado 54'). Para alcanzar una regulación estable, los modelos matemáticos subyacentes de regulación requieren una exploración en momentos equidistantes.

La figura 3 muestra, esquemáticamente, los momentos t_{1n} , t_{2n} , t_{1n+1} , t_{2n+1} , indicados en un eje temporal, en los cuales los mensajes 21, 13 son transmitidos al, o desde el, esclavo 2, 3. Con el mensaje 21 es transmitido el nivel de llenado en curso 54' del reactor 51 del esclavo 2 al maestro 1. De ese modo, en los momentos t_{1n} , t_{1n+1} se lleva a cabo la exploración del parámetro de proceso "nivel de llenado" 54'. Con el mensaje 13 el maestro 1 le indica al esclavo 3 la nueva posición de la válvula 55. Los mensajes 12 (figura 2a) y 31 (figura 2b) no están representados, a los fines de una mayor claridad.

ES 2 316 464 T3

Para una regulación estable del nivel de llenado 54' es necesario que se mantenga constante el lapso de tiempo entre dos momentos sucesivos t_{1_n} , $t_{1_{n+1}}$, en los cuales es explorado el nivel de llenado 54'. La diferencia temporal entre el momento t_{1_n} y $t_{2_{n+1}}$, es decir, de la toma del nivel de llenado 14' o de la emisión del valor de ajuste resultante al proceso 50, representa un tiempo muerto que puede ser compensado sin más, matemáticamente.

5

En el caso de una comunicación sin perturbaciones, libre de fallas, se garantiza mediante el retículo de tiempo fijo, la equidistancia entre dos momentos sucesivos t_{1_n} , $t_{1_{n+1}}$, en la cual es ejecutada la tarea 7, 7' (figuras 2a, 2b), bajo cuyo control se desarrollan las relaciones de comunicación.

10 El lapso de tiempo Δt caracteriza la duración de un ciclo de bus, asimismo, los términos ciclo de bus y duración de un ciclo de bus se utilizan, en adelante, como sinónimos. La duración de un ciclo de bus (tiempo de ciclo de bus) Δt es constante. Durante un ciclo de bus Δt se desarrollan todas las relaciones de comunicación proyectadas. Si en un ciclo de bus Δt cae en el momento de inicio de la tarea 7, 7' (figuras 2a, 2b), bajo cuyo control se desarrolla el intercambio de datos 21, 13 entre el maestro 1 y el esclavo 2, 3, las relaciones de comunicación 21, 13 pertenecen a las relaciones de comunicación proyectadas para este ciclo de bus Δt .

15

En la figura 3 están representados dos ciclos de bus Δt que comprenden, respectivamente, las relaciones de comunicación 21, 13. Ambos ciclos de bus Δt , indicados con una línea de tiempo interrumpida, no se suceden directamente en el tiempo. Entre ambos ciclos de bus representados se desarrollan uno o múltiples ciclos de bus que no comprenden las relaciones de comunicación 21, 13.

20

La figura 4 muestra el efecto de una relación de comunicación perturbada 21^s en la duración de un ciclo de bus Δt . En el segundo ciclo de bus Δt^s representado se presenta, en el momento $t_{1_{n+1}}$, una perturbación que perjudica el desarrollo de la relación de comunicación 21. La relación de comunicación perturbada 21^s se acusa con un acuse de recepción de falla $21''$. Cada acuse $21'$, $21''$ comprende un código de acuse $21'$, $21''$, de modo que de modo que este acuse de recepción de falla $21''$ comprende un código de acuse de recepción de falla $21''$ que indica de modo inequívoco el tipo de falla. A la relación de comunicación perturbada 21^s le sigue una retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada. Tampoco la primera retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada puede llevarse a cabo libre de fallas y por ello es acusada con un acuse de recepción de falla $21''$. Sólo tras la segunda retransmisión 21^w puede desarrollarse sin fallas. La segunda retransmisión 21^w , desarrollada sin fallas, se acusa, correspondientemente, con un acuse normal $21'$. El acuse normal $21'$ comprende un código normal de acuse de recepción $21'$ que indica el desarrollo libre de fallas.

25

30

Con ello, la relación de comunicación 13 se desarrolla, en total, correspondientemente más tarde en el tiempo, a saber, tan sólo en el momento $t_{2_{n+1}}$. En el caso de un ciclo de bus Δt (figura 3), que no está afectado por una relación de comunicación, el desarrollo se lleva a cabo en el momento $t_{2_{n+1}}$. La demora temporal con la cual se posterga el desarrollo de la relación de comunicación 13, corresponde a la duración de dos retransmisiones 21^w de la relación de comunicación perturbada 21^s .

35

Con el mensaje 13 se transmite el nuevo valor para la posición de la válvula 55 (figura 1). La intervención de la regulación se lleva a cabo de manera retardada, es decir, ya no en momentos equidistantes, de modo que, eventualmente, el nivel de llenado 54' (figura 1) ya no se puede mantener constante. Cuanto más dinámico es el tramo de regulación, mayor es la influencia sobre la calidad de la regulación. En el caso extremo, incluso se puede poner en duda la estabilidad de la regulación. Además, la duración Δt_s del ciclo de bus con la comunicación perturbada 21^s se prolonga, en comparación con la duración Δt del ciclo de bus con la comunicación desarrollada sin fallas 21. Esto conduce a que también las relaciones de comunicación desarrolladas en cada ciclo de bus ya no sean equidistantes.

40

45

La figura 5 muestra cómo se garantiza la equidistancia, incluso en el caso de una relación de comunicación perturbada 21^s . Están representados dos ciclos de bus inmediatamente sucesivos Δt_s , Δt . En el primer ciclo de bus Δt_s se presenta una falla 21^s . Un tercer ciclo de bus Δt se desarrolla temporalmente más tarde, indicado con una línea de tiempo interrumpida.

50

De modo análogo se presenta una perturbación 21^s durante el desarrollo de la relación de comunicación 21 en el momento $t_{1_{n+1}}$. La relación de comunicación perturbada 21^s se acusa como una relación de comunicación desarrollada sin fallas, con un acuse normal de recepción $21'$, que comprende un código normal de acuse de recepción $21'$. Es decir, el código particular de acuse de recepción $21'$ se convierte en un código normal de acuse de recepción $21'$, o el código particular de acuse de recepción $21'$ es evaluado como un código normal de acuse de recepción $21'$. De ese modo, se evita una retransmisión inmediata de la relación de comunicación perturbada 21^s en el mismo ciclo de bus Δt_s . En cambio, la retransmisión de la relación de comunicación perturbada 21^s se planifica para el siguiente ciclo de bus Δt .

55

60

Es decir, tampoco en el ciclo de bus Δt_s con la relación de comunicación perturbada 21^s se produce un desplazamiento temporal en la transmisión del nuevo valor para la posición de la válvula 55 mediante el mensaje 13. El desarrollo del mensaje se sigue llevando a cabo 13 en el momento $t_{2_{n+1}}$.

65

La retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada 21^s se desarrolla en el ciclo de bus inmediatamente posterior Δt en el momento $t_{1_{n+1}}$ w. Para una retransmisión 21^w de ese tipo está prevista una parte de comunicación

ES 2 316 464 T3

particular t_{30} en el final de cada ciclo de bus Δt . Las relaciones de comunicación proyectadas 13, 21 se desarrollan al inicio de cada ciclo de bus Δt en una parte de comunicación normal t_{20} .

La cantidad de retransmisiones 21^w de una relación de comunicación perturbada 21^s se cuenta, acorde a la figura 6, en un contador de retransmisión 111. Si el contador de retransmisión 111 alcanzara un valor límite predeterminado 112, a partir del valor límite 112 cada retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada 21^s se acusa con un acuse de recepción de falla (no representado), que comprende un código de acuse de recepción de falla. De ese modo, las relaciones de comunicación perturbada permanentes pueden ser reconocidas como tales, y el integrante de la comunicación que ya no es alcanzado, puede ser marcado como fallado.

La división de un ciclo de bus Δt en la parte de comunicación normal y la parte de comunicación particular t_{20} o t_{30} , correspondientemente, conduce a un desacople entre mensajes 13, 21 correspondiente a las relaciones de comunicación proyectadas y a retransmisiones de mensajes 21^w debido a relaciones de comunicación perturbadas 21^s . La retransmisión de mensajes 21^w en el ciclo de bus Δt , es decir, en el segundo ciclo de bus en la figura 5, se lleva a cabo de modo desacoplado de las relaciones de comunicación proyectadas por desarrollar en la parte de comunicación normal t_{20} (representada con línea de puntos).

Después de que la duración del ciclo de bus Δt es predeterminada y constante, la duración de la parte de comunicación normal o particular, t_{20} o t_{30} , también está predeterminada. Si la duración de la parte de comunicación normal t_{20} está predeterminada, se obtiene, con el ciclo de bus fijo Δt , la duración de la parte de comunicación particular t_{30} y a la inversa. La duración de la parte de comunicación normal o especial t_{20} , t_{30} , a su vez, esta medida de modo tal que durante la parte de comunicación especial t_{30} se puede llevar a cabo, al menos, una retransmisión de mensajes 21^w .

La figura 6 muestra una estructura 100, prevista en la memoria 5 (figura 2a, 2b) de un integrante de la comunicación 1, 2, 3. La estructura 100 presenta, para cada relación de comunicación, al menos para cada relación de comunicación en la cual participa el correspondiente integrante de la comunicación 1, 2, 3, un campo propio 110, 120, 130. En cada campo 110, 120, 130, en una primera posición está almacenado el valor del contador de retransmisión 111, 121, en una segunda posición, el valor límite 112, 122 y en una tercera posición 113, 123, el al menos único, valor umbral 114, 124 junto con una referencia 115, 125 a la medida por tomar al alcanzar el valor umbral 114, 124.

La estructura sirve para el almacenamiento compacto de los datos esenciales previstos para el desarrollo del procedimiento de comunicación. Mediante el almacenamiento de una referencia 115, 125 a la medida por tomar en el caso de alcanzar el valor umbral 114, 124, es posible una llamada directa de una rutina de programa en la cual está programada la medida.

Los puntos suspensivos “...” por un lado, en la estructura 100 y, por otro lado, en el campo 130, indican que la estructura puede comprender más campos 110, 120, 130, según la cantidad de relaciones de comunicación, y que el campo 130, al igual que eventuales otros campos, en principio presentan el mismo diseño que el campo 110, 120.

La figura 7 muestra, en un diagrama de flujo, un algoritmo respecto de los aspectos fundamentales del procedimiento de comunicación, que se inicia en el paso 1001, siempre que también la retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada 21^s no haya podido desarrollarse libre de fallas. En el paso 1010 se incrementa el contador de retransmisión 111, 121 (figura 6), en cada retransmisión 21^w de una relación de comunicación perturbada 21^s (figura 5).

En el paso 1020 se verifica si el contador de retransmisión 111, 121 ha alcanzado el valor límite 112, 122 (figura 6). Si este es el caso, en el paso 1040 se realiza la ramificación y la retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada se acusa con un código de acuse de recepción de falla 21^r (figura 4). Tras ejecutar el paso 1040 el algoritmo finaliza en el paso 1002. Si en el paso 1020 se comprueba que el contador de retransmisión 111, 121 aún no ha alcanzado el valor límite 112, 122, el algoritmo es continuado en el paso 1030.

En el paso 1030 la retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada 21^s es acusada con el código particular de acuse de recepción 21^r (figura 5). El acuse de la retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada 21^s con el código particular de acuse de recepción 21^r provoca que también una retransmisión fallida 21^w de la relación de comunicación perturbada 21^s sea tratada como una comunicación que se desarrolló sin fallas y se planifica una posterior retransmisión 21^w para un siguiente ciclo de bus.

En el paso 1050 se verifica si el contador de retransmisión 111, 121 ha alcanzado el valor umbral 114, 122 (figura 6), eventualmente uno de múltiples valores umbral. Si este es el caso, en el paso 1060 se realiza la ramificación y se toma una medida cuya referencia (dirección) está almacenada en la posición 115, 125 (figura 6). Si el valor límite 112, 122 está puesto, por ejemplo, en el valor “20”, el valor umbral 114, 124 puede, por ejemplo, estar fijado en el valor “10”. Es decir, tras diez retransmisiones fallidas 21^w de una relación de comunicación perturbada 21^s se ha alcanzado el valor umbral 114, 124 y se puede tomar la correspondiente medida 115, 125. Esta medida 115, 125 puede consistir, por ejemplo, en la emisión de un aviso de alerta en un dispositivo de indicación (no representado), para hacer referencia a la relación de comunicación perturbada $1s$. La medida concreta está realizada como rutina de programa (subprograma).

ES 2 316 464 T3

Como referencia 115, 125 se asienta su dirección de inicio en la posición 115, 125. Al alcanzar el valor umbral la medida 115, 125, puede ser accionada directamente a partir de la referencia 115, 125 almacenada. Tras ejecutar el paso 1060, el algoritmo finaliza en el paso 1002. Si en el paso 1050 se comprueba que el contador de retransmisión 111, 121 aún no ha alcanzado el valor umbral 114, 124, el algoritmo es continuado directamente en el paso 1002.

5

El algoritmo siempre es iniciado en el paso 1001, si también la retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada 21^s no ha podido ser desarrollada sin fallas. Si, por el contrario, ya la primera retransmisión 21^w de la relación de comunicación perturbada 21^s se desarrolla libre de fallas, ésta es acusada, de modo análogo al paso 1030 con el código normal de acuse de recepción $21'$. En este caso no se requiere de una evaluación del valor límite o del valor umbral, 111, 121 o 114, 124, respectivamente.

10

De este modo se ha presentado un procedimiento para la comunicación cíclica a través de un bus 4, entre dos integrantes de la comunicación 1, 2, 3 previstos para el mando y control de un proceso técnico 50, en el cual, durante cada ciclo de bus de una duración Δt predeterminable, se desarrollan relaciones de comunicación 12, 13, 21, 31 para los integrantes de la comunicación 1, 2, 3. En el caso de una relación de comunicación perturbada, se planifica su retransmisión 21^w para un ciclo de bus siguiente y la relación de comunicación perturbada se acusa con un código particular de acuse de recepción.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para la comunicación cíclica a través de un bus (4), entre dos integrantes de la comunicación (1, 2, 3) previstos para el accionamiento y control de un proceso técnico (50), en el cual, durante cada ciclo de bus de una duración (Δt) predeterminable, se desarrollan relaciones de comunicación (12, 13, 21, 31) para los integrantes de la comunicación (1, 2, 3), **caracterizado** porque una relación de comunicación (21^s) perturbada es acusada mediante un código particular de acuse de recepción ($21'$) que es evaluado durante el ciclo de bus corriente como un código normal de acuse de recepción ($21''$) indicando una relación de comunicación (21) no perturbada, y porque se planifica una retransmisión (21^w) de la relación de comunicación (21^s) perturbada para el ciclo de bus siguiente.

10 2. Procedimiento de comunicación acorde a la reivindicación 1, durante el cual la retransmisión (21^w) de la relación de comunicación (21^s) perturbada se lleva a cabo en un ciclo de bus siguiente, tras la relación de comunicación proyectada para este ciclo de bus.

15 3. Procedimiento de comunicación acorde a la reivindicación 1 o 2, durante el cual la retransmisión (21^w) de la relación de comunicación (21^s) perturbada se planifica para un ciclo de bus inmediatamente posterior al ciclo de bus con la relación de comunicación (21^s) perturbada.

20 4. Procedimiento de comunicación acorde a la reivindicación 3, durante el cual el código particular de acuse de recepción ($21'$) se convierte en un código normal de acuse de recepción ($21''$).

25 5. Procedimiento de comunicación acorde a una de las reivindicaciones 1 a 4, durante el cual se cuentan las retransmisiones de la relación de comunicación (21^s) perturbada mediante un contador de retransmisión (111, 121).

30 6. Procedimiento de comunicación acorde a la reivindicación 5, durante el cual, a partir de un valor límite (112, 122) predeterminable individualmente para cada relación de comunicación, para el contador de retransmisión (111, 121), cada retransmisión de la relación de comunicación (21^s) perturbada es acusada con un código de acuse de recepción de falla ($21'''$).

35 7. Procedimiento de comunicación acorde a la reivindicación 5 o 6, durante el cual el contador de retransmisión (111, 121) puede ser leído, al menos, por el integrante de la comunicación (1, 2, 3) que participa de la relación de comunicación (21^s) perturbada.

40 8. Procedimiento de comunicación acorde a una de las reivindicaciones 5 a 7, durante el cual está previsto, al menos, un valor umbral (114, 124) para el contador de retransmisión (111, 121), asimismo, mediante el integrante de la comunicación (1, 2, 3) que lee al contador de retransmisión (111, 121) se inician medidas proyectadas, al alcanzar el valor umbral (114, 124).

45 9. Procedimiento de comunicación acorde a la reivindicación 8, en el cual está prevista una estructura (100) en una memoria de, al menos, un integrante de la comunicación (1, 2, 3), que presenta un campo (110, 120, 130) para cada relación de comunicación (12, 13, 21, 31), en el cual, en una primera posición, está almacenado el valor del contador de retransmisión (111, 121), en una segunda posición, el valor límite (112, 122) y en una tercera posición (113, 123) el, al menos único, valor umbral (114, 124) junto con una referencia (115, 125) a la medida por tomar al alcanzar el valor umbral.

50

55

60

65

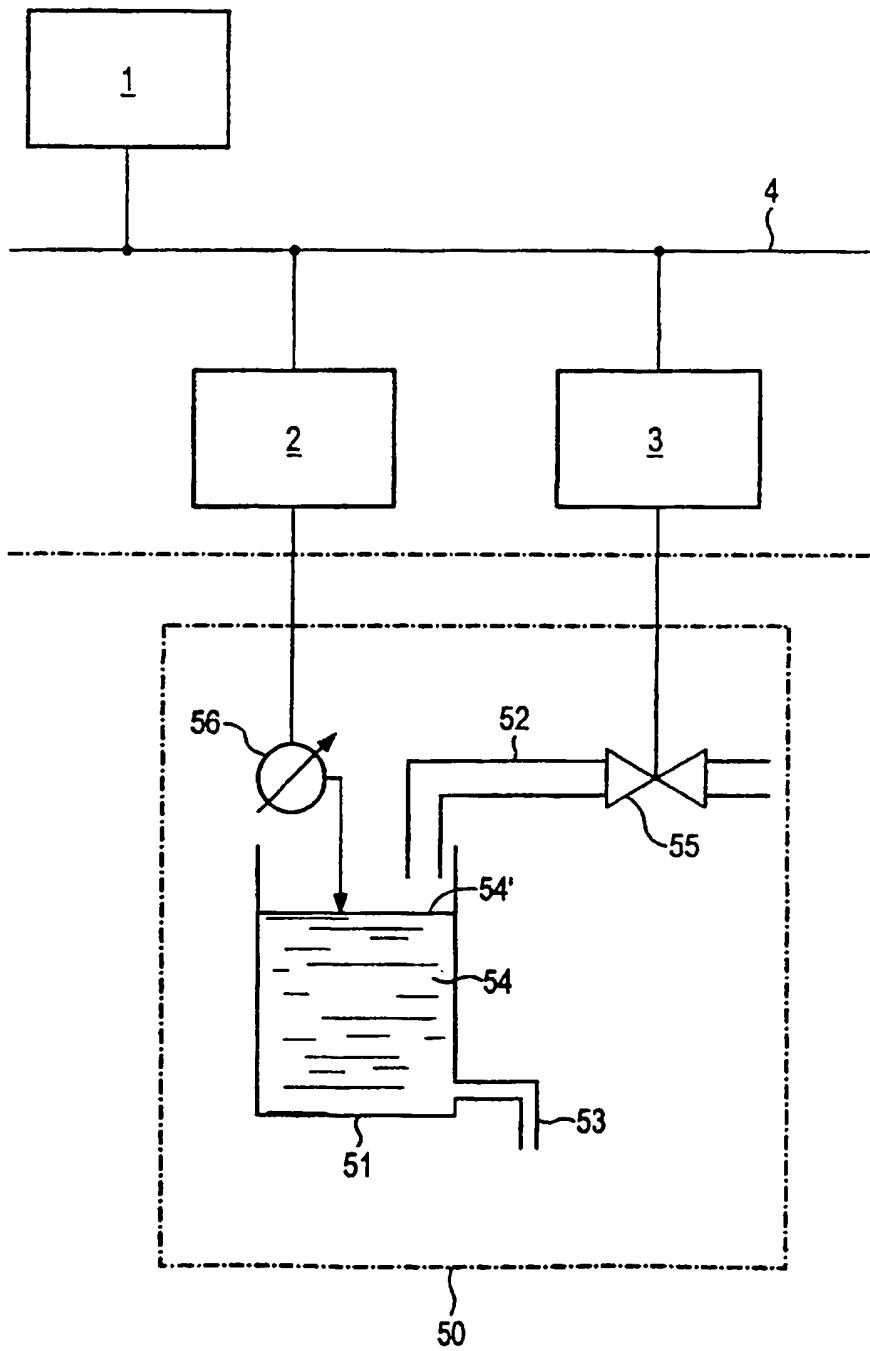


Fig. 1

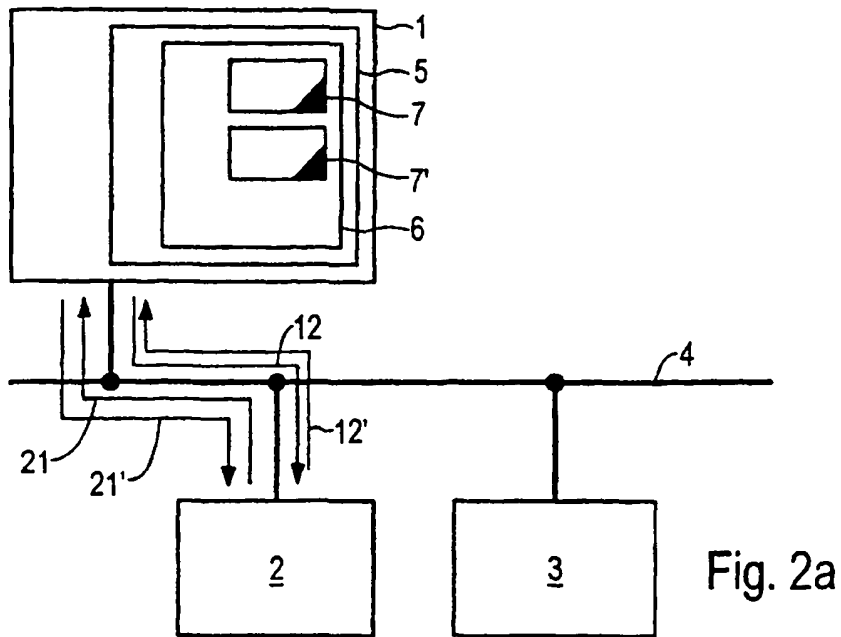


Fig. 2a

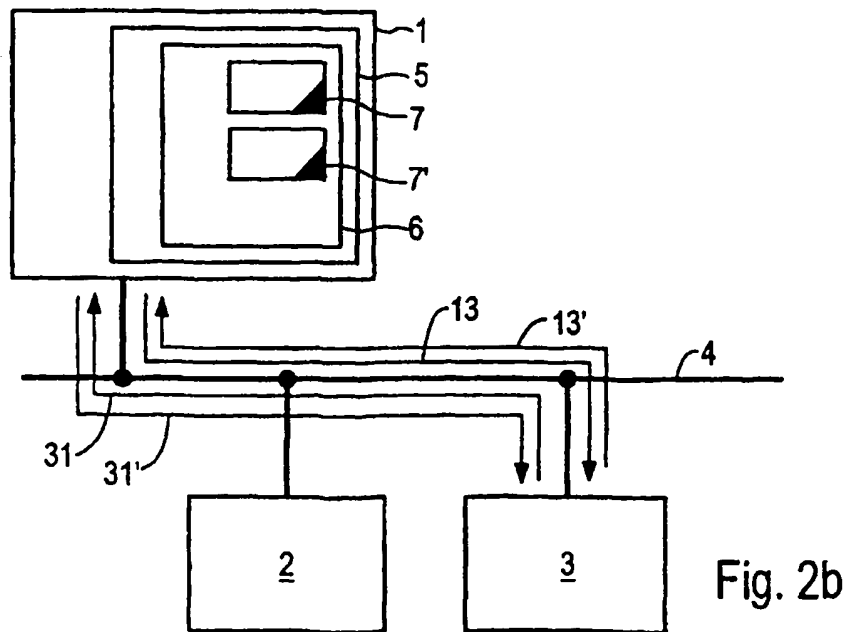


Fig. 2b

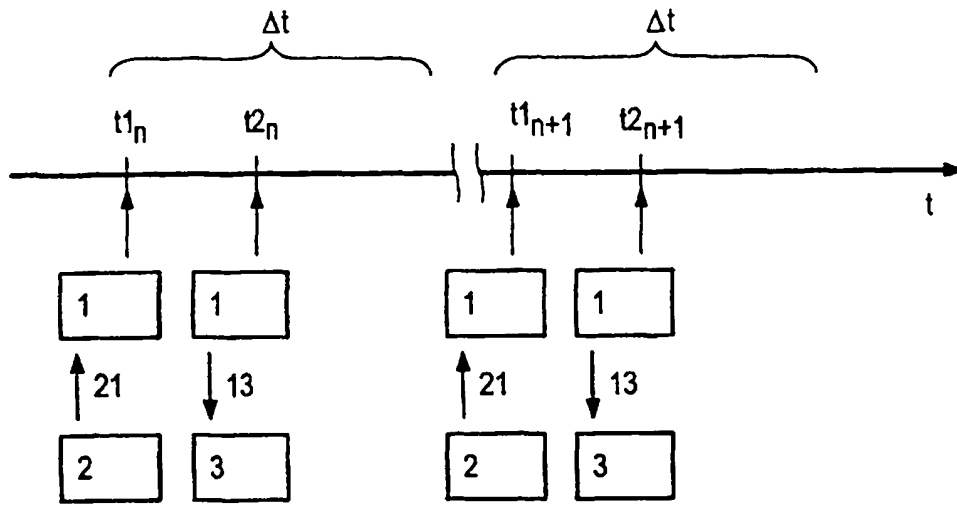


Fig. 3

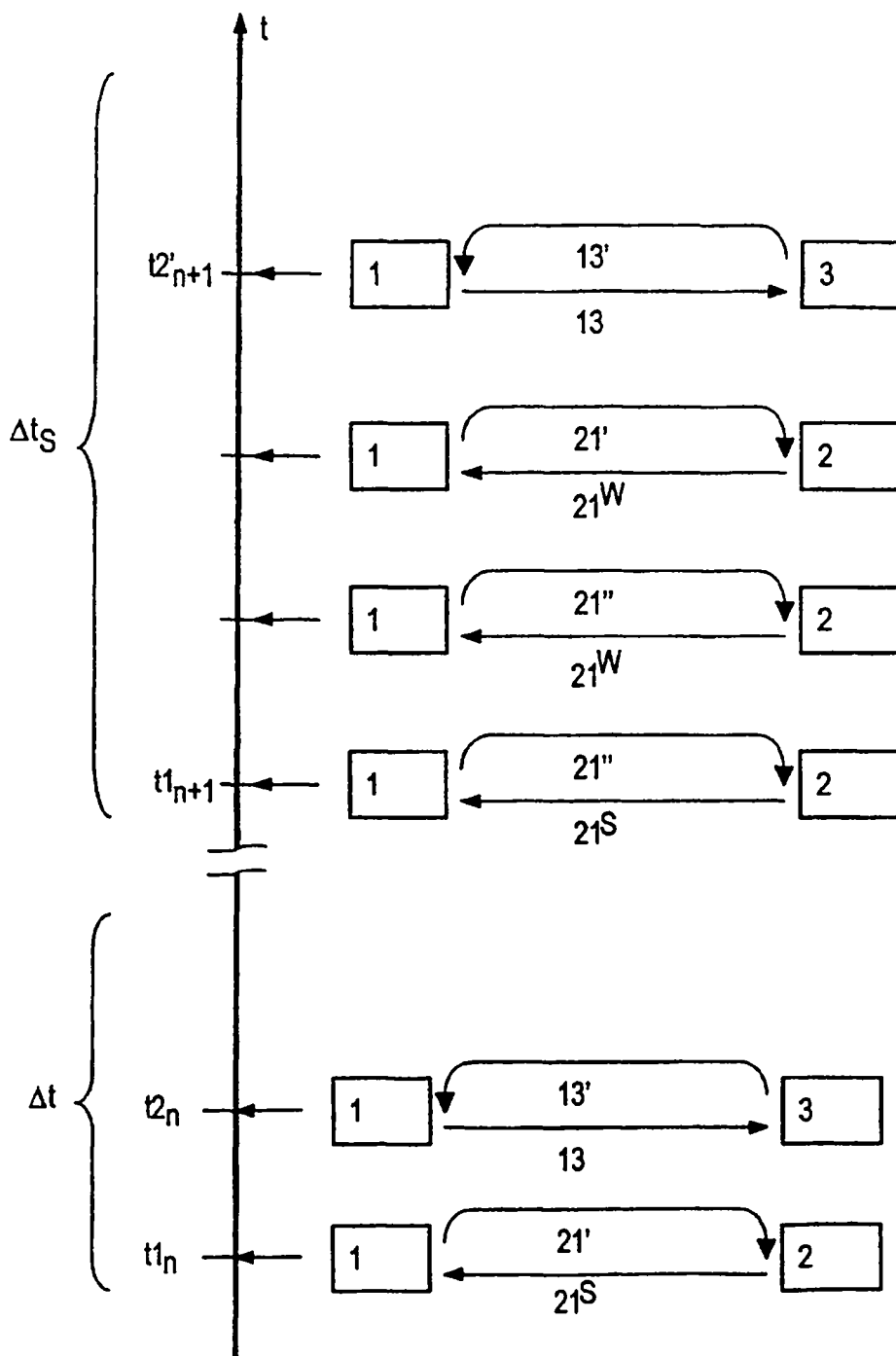


Fig. 4

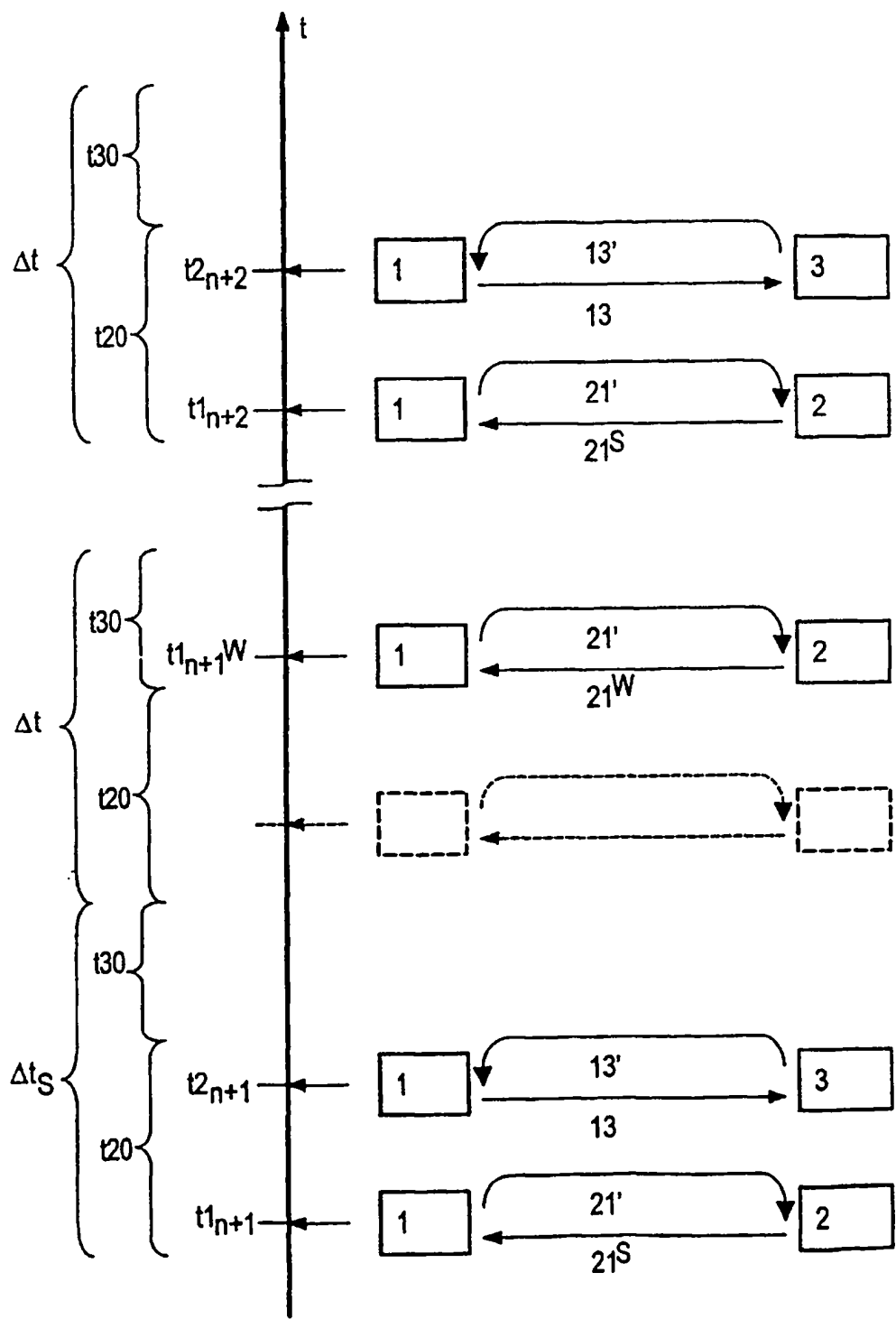


Fig. 5

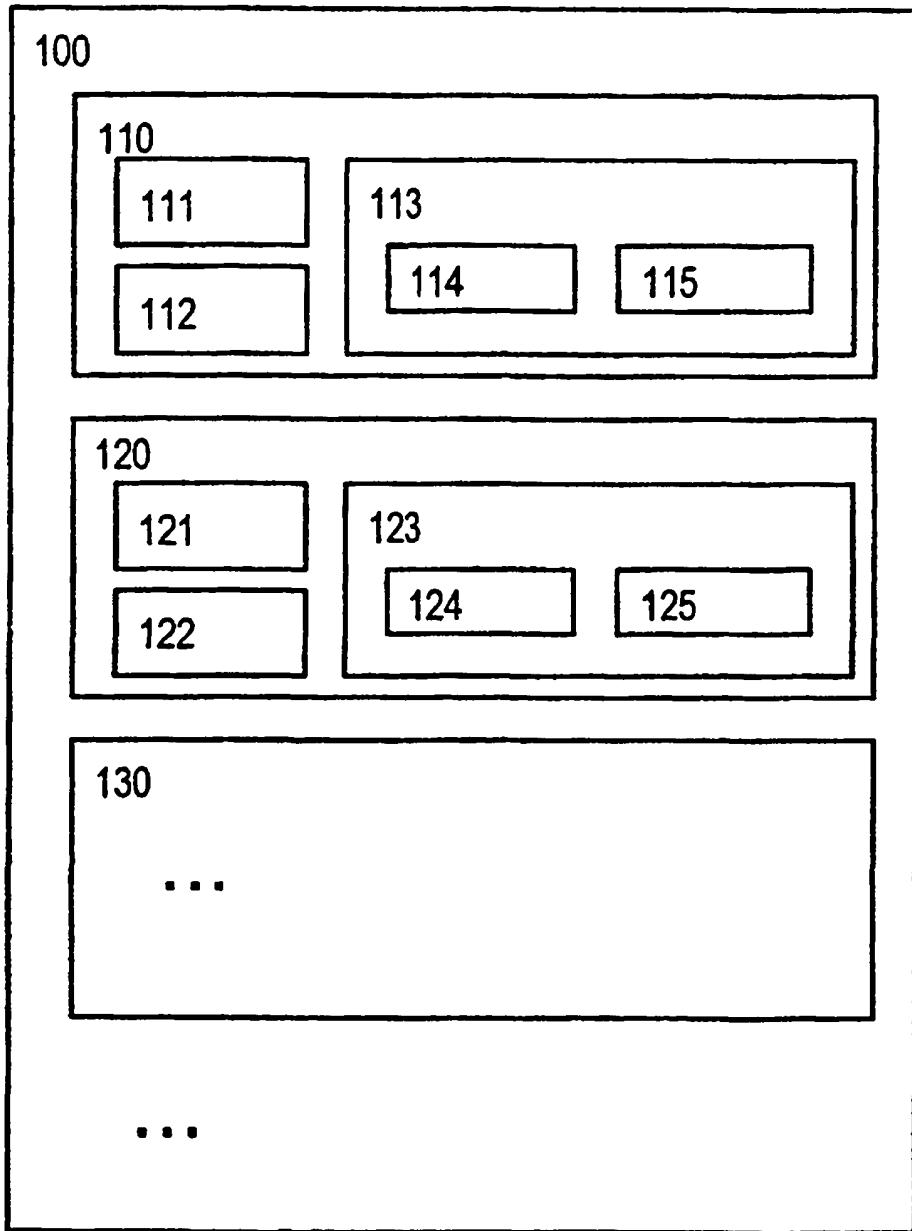


Fig. 6

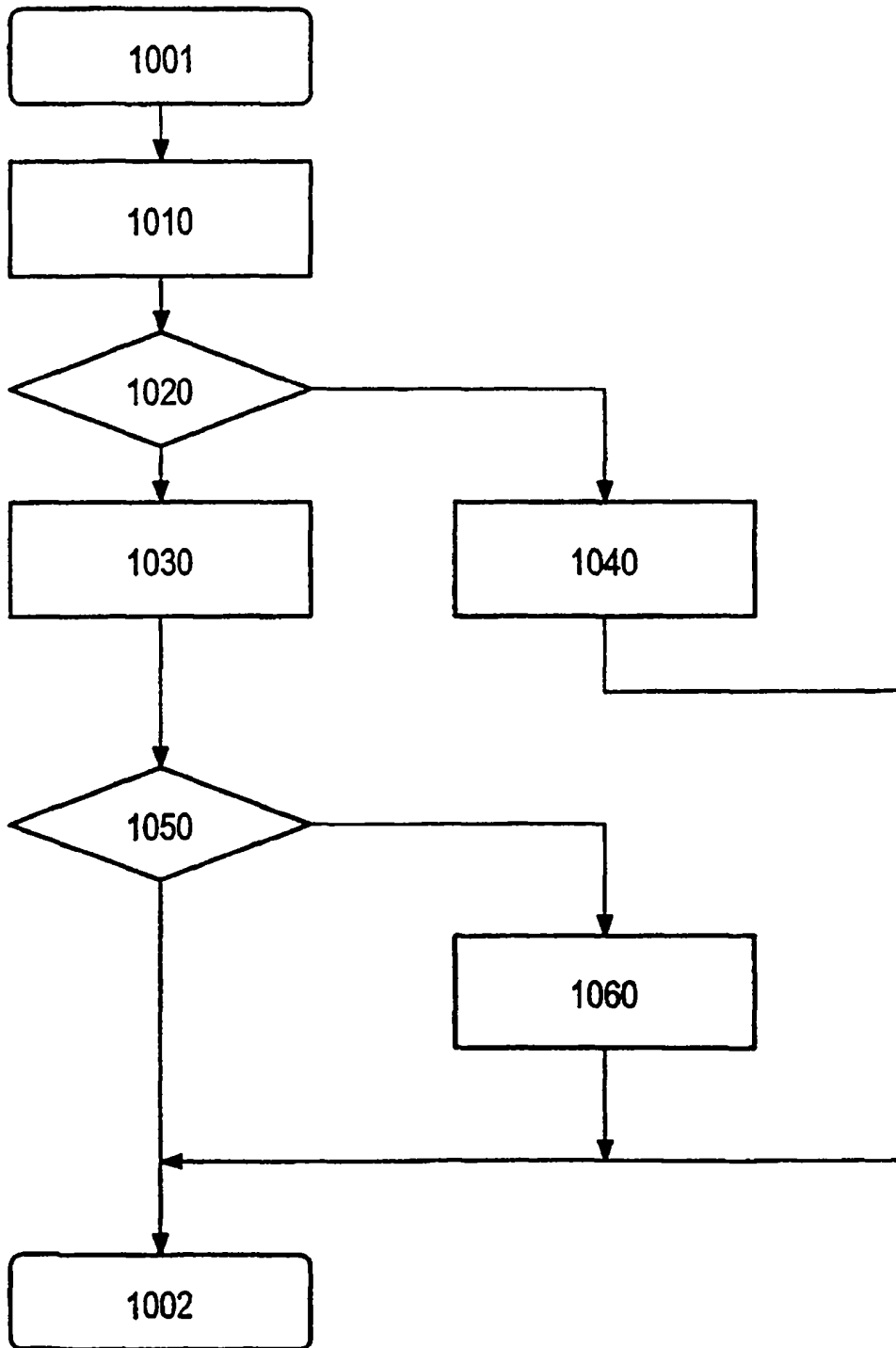


Fig. 7