

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 912**

51 Int. Cl.:  
**G05B 9/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07104282 .4**  
96 Fecha de presentación: **15.03.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1970781**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.2008**

54 Título: **Disposición y procedimiento de monitorización cruzada de datos de sensores**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.06.2012**

73 Titular/es:  
**SAAB AB**  
**581 88 Linköping, SE**

72 Inventor/es:  
**Gustafsson, Anna**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

**ES 2 383 912 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Disposición y procedimiento de monitorización cruzada de datos de sensores

### Campo técnico

5 La invención se refiere en general a monitorización cruzada de datos. En particular, la invención se refiere a una disposición para la monitorización cruzada de datos proporcionados dentro de una plataforma.

La invención también se refiere a un procedimiento para la monitorización cruzada de datos. En particular, la invención se refiere a un procedimiento para la monitorización cruzada de datos proporcionados dentro de una plataforma. Además, la invención se refiere a un software adaptado para realizar las etapas del procedimiento de monitorización cruzada de datos, cuando se ejecuta en un ordenador.

### 10 Antecedentes de la invención

Hoy en día es de suma importancia presentar correctamente los datos primarios críticos de seguridad de vuelo, tales como la altura o el ángulo de balanceo, a un operador de una plataforma, por ejemplo, un piloto de una aeronave. En las aeronaves a menudo hay al menos dos sistemas independientes previstos para la generación de datos críticos primarios de seguridad de vuelo. Los datos generados por los dos sistemas independientes tienen que ser revisados para detectar cualquier mal funcionamiento de los sensores del sistema respectivo que resultan en datos críticos primarios de seguridad de vuelo falsos o desviados.

15 La monitorización cruzada manual de datos primarios críticos de vuelo realizada por el operador de la plataforma implica una carga de trabajo alta. Además, un operador estresado o cansado puede hacer juicios incorrectos más a menudo. En los aviones, por ejemplo, los datos primarios críticos de seguridad de vuelo para realizar la monitorización cruzada se presentan en superficies de visualización diferentes en la cabina, ocupando un área de superficie de presentación innecesaria.

Otra forma de controlar datos importantes generados por distintas fuentes independientes es votar. El procedimiento de votación automática se refiere a un sistema de fuentes redundantes triples, lo que significa que tres fuentes independientes se utilizan por separado, generando cada una datos únicos a comparar. De acuerdo con un procedimiento conocido, los datos entre los tres, el que se desvía más, se descarta. Este sistema es voluminoso, pesado y costoso.

20 La patente US nº. 4.622.667 muestra un sistema de control de vuelo automático que es no operativo respecto a un fallo genérico. El sistema de control de vuelo automático utiliza al menos dos subsistemas independientes de control de vuelo, comprendiendo cada uno un par de canales. Un canal en cada subsistema incluye un primer procesador de datos digitales y el otro canal incluye un segundo procesador de datos digitales con un tercer procesador activo. Los dos canales en cada subsistema son monitorizados a través de un canal cruzado para detectar discrepancias entre las salidas del primer y del segundo procesador y las salidas del primer y del tercer procesador. Este sistema también adolece de la desventaja de ser voluminoso y costoso.

35 Por lo tanto, existe una necesidad de proporcionar medios dispuestos para facilitar el proceso de monitorización cruzada de datos de los parámetros primarios de vuelo dentro de una plataforma, tal como un avión.

### Sumario de la invención

Un objeto de acuerdo con un aspecto de la presente invención es proporcionar una disposición y un procedimiento mejorados para la monitorización cruzada de datos.

40 Un objeto de acuerdo con un aspecto de la presente invención es proporcionar una disposición y procedimiento que reduce la falsa detección de sensores erróneos de una plataforma.

Los problemas mencionados anteriormente se resuelven mediante una disposición para la monitorización cruzada de dos señales independientes, que comprende:

medios para calcular un valor dependiendo de un valor de señal, un valor de deriva y un valor de retroalimentación;

medios para determinar uno mayor del valor calculado y un primer valor predeterminado;

45 medios para comparar dicho valor mayor determinado con un segundo valor predeterminado;

medios para retrasar dicho valor mayor determinado y cambiar el estado de dicho valor mayor para convertirse en un valor de retroalimentación actualizado para proporcionarse a los medios para calcular el valor. La disposición se caracteriza porque el valor de señal comprende información sobre un valor absoluto de una diferencia entre las dos señales generadas independientes.

50 Preferiblemente, los medios para comparar dicho valor mayor determinado con un segundo valor predeterminado se

disponen para emitir una señal de advertencia si dicho valor mayor determinado es igual o mayor que el segundo valor predeterminado.

5 Preferiblemente, los medios para determinar un valor mayor del calculado y el primer valor predeterminado también se disponen para limitar el valor mayor determinado del valor calculado y el primer valor predeterminado a un valor predeterminado.

Preferiblemente, los medios para seleccionar una fase de bucle, el valor de retroalimentación actualizado se dispone para recibir el valor de retroalimentación actualizado desde los medios de retraso y para recibir el valor mayor determinado de los medios determinantes.

10 Preferiblemente, el segundo valor predeterminado es dependiente de un tiempo constante prefijado, la frecuencia constante prefijada, y una diferencia de un valor de parámetro y el valor de deriva.

Preferiblemente, el segundo valor predeterminado es un valor umbral cuyo valor está en función de los diferentes modos de plataforma, tales como modo de arranque o modo de aterrizaje.

Preferiblemente, el valor de deriva es un valor de parámetro de diseño predeterminado.

15 Preferiblemente, los medios para calcular el valor absoluto de la diferencia entre las dos señales independientes se disponen para introducir el valor absoluto calculado a los medios para calcular el valor.

Preferentemente, cada una de las dos señales independientes es generada por un sensor independiente separado.

Preferiblemente, dichas primera y segunda señales comprenden sustancialmente los valores medidos de forma simultánea relativos a un parámetro de funcionamiento.

20 Preferiblemente, el parámetro de funcionamiento se elige entre un grupo que comprende altitud (A) de una plataforma, velocidad del aire calibrada (CV) de una plataforma, velocidad (MS) de una plataforma medida en Mach, valor de paso TV de una (plataforma), valor de rollo (RV) de una plataforma, rumbo verdadero (TH) de una plataforma y curso magnético (MC) de una plataforma.

25 De acuerdo con un aspecto de la invención una plataforma que comprende de una disposición como se ha representado anteriormente, en la que la plataforma se elige entre un grupo que comprende un avión, una nave espacial, un satélite, un helicóptero, un robot, un vehículo de misiles o de tierra, una embarcación o una nave subacuática, por ejemplo un automóvil, un buque o un submarino.

Los problemas también se resuelven mediante un procedimiento para monitorizar de forma cruzada dos señales independientes dentro de una plataforma, que comprende las etapas de:

- calcular un valor dependiendo de un valor de señal, valor de deriva y un valor de retroalimentación;
- 30 - determinar un valor mayor del calculado y un primer valor predeterminado;
- comparar dicho valor mayor determinado con un segundo valor predeterminado;
- demorar dicho valor mayor determinado y cambiar el estado de dicho valor mayor para convertirse en un valor de retroalimentación actualizado para ser utilizado es una siguiente etapa de cálculo del valor, en el que el procedimiento también comprende la etapa de:
- 35 - calcular el valor de la señal dependiendo de un valor absoluto de la diferencia entre las dos señales independientes.

Preferiblemente, se proporciona un programa informático que comprende un código de programa para realizar las etapas del procedimiento representadas anteriormente, cuando dicho programa informático se ejecuta en un ordenador.

40 Preferiblemente, se proporciona un producto del programa informático que comprende un código de programa almacenado en un soporte legible por ordenador para la realización de las etapas del procedimiento descritas anteriormente, cuando dicho programa informático que se ejecuta en el ordenador.

45 Preferiblemente, se proporciona un producto del programa informático directamente almacenable en una memoria interna de un ordenador, que comprende un programa informático para la realización de las etapas del procedimiento descritas anteriormente, cuando dicho programa informático se ejecuta en el ordenador.

Un resultado positivo de la disposición de acuerdo con la invención es que se consigue un proceso de monitorización cruzada más fiable respecto a datos de parámetros de vuelo importantes. Un operador de la plataforma puede experimentar una tensión reducida cuando es soportado con una disposición acuerdo que minimiza el número de falsas alarmas respecto a los sensores defectuosos de datos de parámetros de vuelo.

La presente invención también proporciona un procedimiento de monitorización cruzada mejorado, que permite activar una alarma asociada con límites predeterminados relacionados con una desviación de datos de parámetros de vuelo máxima permitida y el tiempo. Además, la supresión de ruido del sistema es muy eficiente y con ello la detección falsa de la desviación de la señal del sensor se minimiza.

- 5 Una contribución beneficiosa de la invención es que se permite que una indicación de detección de desviación de parámetros de datos de vuelo se repare por sí misma si la disposición de nuevo puede probar un comportamiento correcto.

10 Sin embargo, otra contribución beneficiosa de la invención es que la monitorización cruzada de datos de parámetros de vuelo se realiza respecto a dos señales variables en lugar de una. Esto hace que el valor absoluto de la diferencia de señal se utilice como una señal de entrada para el algoritmo de acuerdo con la invención y, por lo tanto, proporciona la ventaja de realizar la monitorización cruzada de ambas fuentes simultáneamente.

15 Objetos adicionales, nuevas ventajas y características de la presente invención se harán evidentes para los expertos en la técnica a partir de los siguientes datos, así como por la práctica de la invención. Aunque la invención se describe a continuación, se debe entender que la invención no se limita a los detalles específicos descritos. Una persona experta en la técnica que tenga acceso a las presentes enseñanzas reconocerá aplicaciones, modificaciones y realizaciones adicionales en otros campos, que están dentro del alcance de la invención.

### **Breve descripción de los dibujos**

Para una comprensión más completa de la presente invención y otros objetos y ventajas de la misma, se hace ahora referencia a los ejemplos mostrados en los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 20 La figura 1a ilustra esquemáticamente una plataforma de acuerdo con un aspecto de la presente invención.  
La figura 1b ilustra esquemáticamente un subsistema de la plataforma de la figura 1a de acuerdo con un aspecto de la presente invención;  
La figura 2a ilustra esquemáticamente tres gráficos que representan diferentes aspectos del algoritmo de acuerdo con la presente invención;
- 25 La figura 2b ilustra esquemáticamente un gráfico que representa un aspecto del algoritmo de acuerdo con la presente invención;  
La figura 3a ilustra esquemáticamente un circuito de acuerdo con un aspecto de la presente invención;  
La figura 3b ilustra esquemáticamente un circuito de acuerdo con un aspecto de la presente invención;  
La figura 3c ilustra esquemáticamente un circuito de acuerdo con un aspecto de la presente invención;
- 30 La figura 3d ilustra esquemáticamente un circuito de acuerdo con un aspecto de la presente invención;  
La figura 3e ilustra esquemáticamente un circuito de acuerdo con un aspecto de la presente invención;  
La figura 4a ilustra esquemáticamente un circuito de acuerdo con un aspecto de la presente invención;  
La figura 4b ilustra esquemáticamente tres gráficos que representan diferentes aspectos del algoritmo de acuerdo con la presente invención;
- 35 La figura 5a ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo que representa un procedimiento para mejorar la monitorización cruzada del sistema de seguridad de datos primarios críticos de acuerdo con un aspecto de la presente invención;  
La figura 5b ilustra esquemáticamente con mayor detalle un diagrama de flujo que representa un procedimiento para mejorar la monitorización cruzada de los datos primarios críticos del sistema de seguridad de acuerdo con un aspecto de la presente invención;
- 40 La figura 6 ilustra esquemáticamente una unidad de procesamiento de datos de acuerdo con un aspecto de la invención;  
La figura 7 ilustra esquemáticamente una vista general del sistema de un subsistema basado en la plataforma para la monitorización cruzada de datos de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

### **Descripción detallada de los dibujos**

Con referencia a la figura 1a se muestra esquemáticamente una plataforma 10. La plataforma puede ser un avión, tal como por ejemplo un avión de tráfico de pasajeros. Como alternativa, el avión puede ser una aeronave militar, tal como un avión caza, bombardero, avión de reconocimiento, o una combinación de los mismos. La plataforma

también puede ser una plataforma autónoma, como un vehículo aéreo no tripulado (UAV). La plataforma autónoma también puede ser cualquier tipo de helicóptero, robot o misil.

5 Aquí, en aras de la simplicidad, la disposición y procedimiento para la monitorización cruzada de datos de acuerdo con la invención se representa en el caso en que la plataforma es un avión controlado por un piloto. Sin embargo, varias aplicaciones diferentes de la aplicación son posibles, por ejemplo, para uso de vehículos controlados a distancia, tales como pequeños helicópteros de vigilancia.

Cabe señalar que la disposición y el procedimiento de acuerdo con la invención aquí descritos pueden ser utilizados en aplicaciones en las que se disponen un par de sensores equivalentes para medir parámetros relevantes, tales como parámetros indicadores de flujo o de otro tipo.

10 También hay que señalar que la plataforma 10 puede ser alternativamente un vehículo terrestre, embarcación o nave subacuática, por ejemplo un automóvil, barco o submarino. Alternativamente, la plataforma 10 puede ser una nave espacial o un satélite. La plataforma 10 comprende un subsistema, que se representa con mayor detalle a continuación con referencia a la figura 1b.

15 En lo sucesivo, el término "enlace" se refiere a un enlace de comunicación que puede ser un conector físico, tales como un cable de comunicación optoelectrónico, o un conector no físico tal como una conexión inalámbrica, por ejemplo un enlace de radio o microondas.

La figura 1b ilustra esquemáticamente el subsistema de la plataforma 10 anteriormente mencionado.

20 El dispositivo de procesamiento de datos 100 está conectado a un conjunto de sensores 101. El conjunto de sensores 101 comprende dos sensores mutuamente equivalentes 110 y 120, por ejemplo, sensores para medir la altitud A. Un ejemplo de un tipo de sensor de este tipo es un altímetro de presión o un altímetro de radio. El dispositivo de procesamiento 100 está además dispuesto para la comunicación con una terminal de comunicación 150.

25 El conjunto de sensores 101 puede en la práctica comprender una pluralidad de pares de sensores diferentes. El número de pares de sensores puede ser un número arbitrario. Cada sensor del conjunto de sensores 101 se dispone para detectar y/o medir un parámetro.

De acuerdo con otra realización, cada sensor del conjunto de sensores se dispone para medir al menos un parámetro de datos de vuelo. De acuerdo con una realización preferida, los parámetros de datos de vuelo de la invención de interés son los llamados datos primarios. En particular, los parámetros de datos de vuelo de interés son los llamados datos primarios críticos.

30 Ejemplos de parámetros de datos de vuelo que pueden ser usados de acuerdo con la invención son: altura A de la plataforma, velocidad del aire calibrada CV de la plataforma, velocidad MS de la plataforma medida en Mach, valor de paso TV de la plataforma, valor de rollo RV del plataforma, rumbo verdadero TH de la plataforma y curso magnético MC de la plataforma.

**Descripción general de un algoritmo de acuerdo con un aspecto de la invención**

35 Un CUSUM modificado (algoritmo), que se utiliza de acuerdo con la invención, se proporciona como:

$$g(t) = \text{Max}(g(t-1) + s(t) - v, 0)$$

si  $g(t) > h$ , entonces una disposición de acuerdo con la invención activa una alarma que indica que los parámetros de datos de vuelo correspondientes difieren mucho de cada otro relativo a un criterio predeterminado,

donde

40  $\text{Max}(g(t-1) + s(t) - v, 0)$  es una función máx. que devuelve el mayor de los valores

$(g(t-1) + s(t) - v)$  o 0, y donde

$g(t)$ : estadísticas de prueba;

$s(t)$ : valor absoluto de la diferencia de la señal, es decir  $|Señal1 - Señal2|$ ;

45  $v$ : la deriva  $v$  es un parámetro de diseño, el cual determina la cantidad de ruido del sistema que debe ser suprimida en relación con una sensibilidad de advertencia de desviación del sensor;  $h$ : valor umbral;

donde  $h$  se expresa como una función de  $v$ :

$$h = tI \cdot f(I - v)$$

donde,

5 I: desviación máxima aceptada entre los valores correspondientes de un par de valores de parámetros de datos de vuelo proporcionados por los dos sensores 110 y 120, respectivamente. El parámetro I es un parámetro de diseño y, por tanto se puede ajustar a diferentes valores dependiendo de situaciones de vuelo diferentes.

t1: tiempo máximo aceptado (segundos) de desviación entre las señales monitorizadas;

f: frecuencia de cálculo.

Además, la expresión  $(g(t-1) + s(t)-v)$  en lo sucesivo es referida como  $y(t)$  o simplemente  $y$ .

10 Una frecuencia arbitraria  $f$  puede ser utilizada. Una frecuencia predeterminada puede ser utilizada. El cálculo de frecuencia  $f$  es un parámetro de diseño. De acuerdo con una realización de la invención, la frecuencia utilizada se encuentra en el intervalo de 0,001-1GHz. De acuerdo con una realización de la invención, la frecuencia utilizada se encuentra en el intervalo de 1-100Hz. De acuerdo con una realización de la invención, la frecuencia utilizada se encuentra en el intervalo de 1-10Hz. Preferiblemente, la frecuencia utilizada es 7,5Hz. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la disposición de acuerdo con la invención podría ser realizada con la tecnología analógica.

15 Un tiempo máximo arbitrario aceptado de desviación  $t1$  puede ser utilizado. Un tiempo aceptado máximo predeterminado de desviación  $t1$  puede ser utilizado. El tiempo aceptado máximo de desviación  $t1$  es un parámetro de diseño. De acuerdo con una realización de la invención, el tiempo aceptado máximo utilizado de desviación  $t1$  está en el intervalo 1 microsegundo a 5 horas. De acuerdo con una realización de la invención, el tiempo aceptado máximo utilizado de desviación  $t1$  está en el intervalo 1-60 segundos. De acuerdo con una realización de la invención, el tiempo aceptado máximo utilizado de desviación  $t1$  está en el intervalo 5-20 segundos. Preferiblemente, el tiempo máximo aceptado de desviación  $t1$  es de 15 segundos.

20 Una desviación aceptada máxima arbitraria entre los valores correspondientes de un par de valores de parámetros de datos de vuelo pueden ser utilizados. Una desviación aceptada máxima predeterminada entre los valores correspondientes de un par de valores de parámetros de datos de vuelo pueden ser utilizados. La desviación aceptada máxima correspondiente entre un par de unos valores de parámetros de datos de vuelo I dados es un parámetro de diseño.

### Ejemplo de cálculo uno, cálculo del parámetro h

$$\text{Caso 1: } tI=10 \text{ s, } f=7,5 \text{ Hz, } I=20, v=10 \Rightarrow h=750$$

30 Este caso podría estar asociado con una situación en la que  $T1$  e  $I$  son elegidos para volar a bajas altitudes. El riesgo incrementado disminuye  $t1$  e  $I$ . En este caso concreto, el ruido del sistema se supone que es bastante bajo porque  $v$  es elegido para ser la mitad del tamaño de 1.

$$\text{Caso 2: } tI=10 \text{ s, } f=7,5 \text{ Hz, } I=20, v=19,9 \Rightarrow h=7,5$$

35 Este caso podría estar asociado con una situación en la que  $T1$  e  $I$  son elegidos para volar a bajas altitudes. El riesgo incrementado disminuye  $t1$  e  $I$ . En este caso concreto, el ruido del sistema se supone que es alrededor de 1 debido por ejemplo a la turbulencia y por ello se elige cerca de  $I$ . La elección de  $v$  en este caso hace que el sistema sea más sensible a la diferencia en señales comparadas, pero suprime eficientemente el ruido del sistema.

Fin del ejemplo de cálculo uno.

40 La prueba estadística  $g(t)$  está de acuerdo con una realización sólo aumentó cuando la diferencia de señal absoluta  $s(t)$  supera el valor de la deriva  $v$ . Cuando la suma excede el valor del valor umbral  $h$  se genera la señal de advertencia de acuerdo con un aspecto de la invención.

45 El tiempo antes de que la suma  $g(t)$  alcance el valor umbral  $h$ , y advierta depende de la diferencia de la señal absoluta  $s(t)$ , deriva  $v$  y valor umbral  $h$ . El CUSUM modificado reacciona más rápidamente cuanto mayor sea el valor la diferencia de la señal absoluta. La deriva  $v$  decide la desviación permitida de la diferencia de señal absoluta dentro del algoritmo. La deriva  $v$  puede ser elegida próxima al valor de la desviación aceptada máxima ( $I$ ) para el parámetro de datos de vuelo de elección para suprimir la mayor parte del ruido de señal y dar respuesta rápida si se produce un error. Cuanto menor sea el valor de la deriva  $v$  que se elija, más sensible es el algoritmo para el ruido de señal y errores. El algoritmo sin embargo tendrá una respuesta más lenta debido al mayor valor de umbral  $h$ . El valor umbral  $h$  depende de la deriva ( $v$ ), tiempo permitido ( $tI$ ) y desviación aceptada máxima ( $I$ ).

De acuerdo con un aspecto de la invención, el algoritmo es un CUSUM modificado que está adaptado para monitorización cruzada de datos de vuelo primarios, tales como los datos primarios críticos.

**Segundo ejemplo de cálculo, altitud, suma**

5 Datos: La primera señal  $s_1$  y  $s_2$ , generadas por los sensores 110 y 120, respectivamente, pueden diferir de máximo 10 metros durante un período de tiempo de 10 segundos.

La frecuencia  $f$  se ajusta a  $f = 10\text{Hz}$ .

$$s_1=10, s_2=20$$

$$v = 5m; h = tl \cdot f \cdot (I - v) = 10 \cdot 10 \cdot (10 - 5) = 500$$

Primera muestra:  $|s_1 - s_2| = 10 = s(t)$ ,

10 
$$s(t) > v \Rightarrow g(t - 1) + s(t) - v = 0 + 10 - 5 = 5 \Rightarrow g(t) = \text{Max}(5, 0) = 5$$

Segunda muestra:  $|s_1 - s_2| = 10 = s(t)$ ,

$$s(t) > v \Rightarrow g(t - 1) + s(t) - v = 5 + 10 - 5 = 10 \Rightarrow g(t) = \text{Max}(10, 0) = 10$$

Tercer ejemplo:  $g(t) = 15$ ; cuarta muestra:  $g(t) = 20 \dots$

Fin del ejemplo de cálculo dos.

15 **Tercer ejemplo de cálculo, altitud, no suma**

$$s_1=10, s_2=12$$

$$v = 5m;$$

$s_1$  y  $s_2$  difieren menos de  $v$ , es decir,

Primera muestra:  $|s_1 - s_2| = 2 = s(t)$ ,

$$s(t) < v \Rightarrow g(t - 1) + s(t) - v = 0 + 2 - 5 = -3 \Rightarrow g(t) = \text{Max}(-3, 0) = 0$$

20 Fin del ejemplo de cálculo tres.

La figura 2a ilustra esquemáticamente tres gráficos que representan diferentes aspectos del algoritmo.

25 Se ilustra en la figura 2a cómo la suma acumulativa  $g(t)$  se crea durante un período de tiempo que se extiende desde un punto de tiempo  $t_1$  a un punto de tiempo  $t_3$  dependiendo de diversos valores  $s(t)$ . También se muestra que se genera una señal de alarma en un punto de tiempo  $t_2$ , a saber, cuando la función  $g(t)$  es igual a un valor umbral predeterminado  $h$ . Cuando un valor absoluto de la diferencia de señal entre la primera señal  $s_1$  y una segunda señal  $s_2$  se reduce a un nivel por debajo de  $v$ , en un punto de tiempo  $t_4$ , la función  $g(t)$  obtiene una pendiente hacia abajo. Cuando la función  $s(t)$  alcanza de nuevo el valor de umbral  $h$ , en un punto de tiempo  $t_5$ , la función de alarma es nuevamente cero, es decir, la alarma se apaga. Cabe señalar que la alarma está ON si  $g(t) > h$ , de acuerdo con esta realización. Si una función de alarma tiene un valor 1, la alarma está ON, como se indica en la figura 2.

30 En un punto de tiempo  $t_6$  la función  $g(t)$  comienza nuevamente a aumentar resultando en una segunda alarma en un punto de tiempo  $t_7$ . Este ejemplo sólo ilustra cómo los tres gráficos varían hasta un punto de tiempo  $t_8$ .

La figura 2b ilustra esquemáticamente  $s(t)$  como una función del tiempo  $t$ . El gráfico también muestra ciertas condiciones relativas a  $s(t)$ .

35 La figura 3a muestra un circuito 300a de acuerdo con un aspecto más simple de la invención. De acuerdo con esta realización, la unidad de procesamiento de datos 100 comprende el circuito 300a.

El circuito 300a comprende un sumador 305 que se dispone para recibir un valor absoluto  $s(t)$  que representa el valor absoluto de las señales 380a y 380b de los sensores 110 y 120 (mostrado en la figura 1b) correspondientes a un tiempo  $t$  determinado. Estas señales son también referidas como  $s_1(t)$  y  $s_2(t)$  o sólo  $s_1$  y  $s_2$ . El sumador 305 se dispone para recibir un valor absoluto de la  $s(t)$  en una primera entrada. El sumador 305 se dispone para recibir el valor de deriva  $v$  en una segunda entrada. El sumador 305 se dispone para recibir un valor  $g(t-1)$  en una tercera entrada.

El sumador se dispone para calcular un valor  $y$ , a saber,  $(g(t-1)+s(t)-v)$ . El sumador se dispone para dar salida al valor  $y$  en una primera salida.

El valor de la suma  $y$  se envía posteriormente a un valor máximo que determina la unidad 309. El valor máximo que determina la unidad 309 se dispone para recibir el valor  $y$ , y realizar un procedimiento de coincidencia que implica el valor recibido  $y$  y un valor predeterminado  $P$ . En este caso el  $P$  valor predeterminado es cero (0). La unidad determinante de valor máximo 309 está adaptada para elegir un valor mayor de  $y$  y  $P$ , es decir, para elegir un valor mayor de  $(g(t-1)+s(t)-v)$  y 0. La unidad determinante del valor máximo 309 se dispone para dar salida al mayor de  $y$  y  $P$ . El valor de salida a partir de la unidad determinante del valor máximo 309 se conoce como  $g(t)$ . La unidad determinante del valor máximo 309 está además dispuesta para comunicarse con una unidad de demora 330 y un comparador 320. La unidad determinante del valor máximo 309 se dispone para dar salida al valor de  $g(t)$  tanto a la unidad de demora 330 y al comparador 320.

El comparador 320 está dispuesto para recibir el valor  $g(t)$  y para comparar  $g(t)$  con el valor umbral  $h$  predeterminado. El comparador 320 está dispuesto para generar una señal de alarma  $w$  dependiendo de un resultado del proceso de comparación que implica los valores  $g(t)$  y  $w$ . De acuerdo con una realización preferida, el comparador 320 está dispuesto para generar la señal de alarma  $w$  si el valor  $g(t)$  es estrictamente mayor que el valor umbral  $h$ . De acuerdo con una realización alternativa, el comparador 320 está dispuesto para generar la señal de alarma  $w$  si el valor  $g(t)$  es estrictamente mayor o igual que el valor umbral  $h$ . El comparador 320 está dispuesto para emitir la señal de alarma  $w$  generada. La señal de alarma  $w$  es también conocida como señal de advertencia  $w$ .

La unidad de retardo 330 está dispuesta para recibir el valor  $g(t)$  y para retardar la salida de un valor  $g(t)$  con un cierto período de tiempo  $T_{delay}$ . La unidad de retardo 330 está dispuesto para retrasar  $g(t)$  en una muestra. El período de tiempo  $T_{delay}$  así, por ejemplo, depende de la frecuencia  $f$ . La unidad de retardo 330 se proporciona para lograr acumular sumas.

Después de que el período de retardo  $T_{delay}$  haya transcurrido desde la recepción del valor  $g(t)$ , el valor  $g(t)$  es emitido desde la unidad de retardo 330. En este momento, el estado del valor  $g(t)$  cambia a  $g(t-1)$ . Esto significa que el valor actual  $g(t)$  cambia de estado para ser un valor anterior  $g(t-1)$ . La unidad de retardo 330 está dispuesta para emitir el valor  $g(t-1)$ . El valor  $g(t-1)$  es posteriormente introducido en el sumador 305 en la tercera entrada.

El circuito 300a representa una forma más simple de uso, es decir, una realización que es más fácil de implementar características en la que está claramente representada, es decir, dos señales variables, la diferencia absoluta entre dos señales variables, el valor umbral  $h$  predeterminado con un parámetro de diseño, y la posible recuperación/repación propia.

La figura 3b representa un circuito 300b de acuerdo con un aspecto de la invención. De acuerdo con esta realización, la unidad de procesamiento de datos 100 comprende el circuito 300b. El circuito 300b comprende sustancialmente las mismas unidades tal como se ilustra con referencia a la figura 3a, es decir, las unidades del circuito 300a. Sin embargo, la unidad de determinación del valor máximo 309 se sustituye con un limitador 310. El limitador 310 está dispuesto para recibir el valor  $y$ , y realizar un procedimiento de coincidencia que implica el valor recibido  $y(t)$  y un valor predeterminado  $P$ . En este caso, el valor predeterminado  $P$  es cero (0) tal como se indica en la figura 3b. El limitador 310 está adaptado para elegir un valor mayor de  $y(t)$  y  $P$ , es decir, elegir un valor mayor de  $(g(t-1) + s(t)-v)$  y 0. Además, el limitador 310 está dispuesto para limitar el valor elegido  $g(t)$  o  $P$  a un valor  $X$  predeterminado si el valor elegido  $y(t)$  o  $P$  excede de  $X$ . El limitador 310 está dispuesto para emitir el mayor del valor elegido  $y(t)$  o  $P$ , o  $X$  si el valor elegido  $y(t)$  o  $P$  excede de  $X$ . La salida del limitador se conoce como  $g(t)$ . El limitador está así dispuesto para limitar una salida del limitador a un valor que no exceda el valor de  $X$ . El limitador 310 está además dispuesto para su comunicación con la unidad de retardo 330 y el comparador 320. El limitador 310 está dispuesto para emitir el mayor del valor  $g(t)$  o  $P$ , o  $X$  si el valor elegido  $y(t)$  o  $P$  excede de  $X$ , tanto en la unidad de retardo 330 como en un comparador 320. El valor emitido desde el limitador 310 se conoce como  $g(t)$ .

Una ventaja es que para cada muestra cuando  $s(t)>v$ ,  $y(t)$  aumentará. Si  $s(t)$  es mucho mayor que  $v$ ,  $y(t)$  aumentará rápido. Si  $y(t)$  no se limita, podría tomar un tiempo muy largo para un sistema recuperado para reducir  $g(t)$ , de modo que una advertencia se puede recuperar/repárarse por sí mismo. Eso empeoraría la disponibilidad del sistema.

La figura 3c muestra un circuito 300c de acuerdo con un aspecto de la invención. El circuito 300c comprende el sumador 305, la unidad de determinación del valor máximo 309, un selector 311, el comparador 320 y la unidad de retardo 330, tal como se ilustra en la figura 3c.

La unidad de retardo 330 está dispuesta para su comunicación con el selector 311. La unidad de retardo 330 está dispuesta para introducir el valor  $g(t-1)$  en el selector 311.



- 5 El selector 311 está también dispuesto para recibir el valor  $g(t)$  desde la unidad de determinación del valor máximo 309. Los medios 312 están dispuestos para comandar el apagado/encendido. Si la lógica para decidir si monitorizar o no dice no, se mantiene el último valor bueno. Esto es porque la monitorización se puede desactivar debido al estado del vuelo, donde se esperan malas entradas. Si la monitorización precediera a resumir  $g(t)$  y sólo la señal de advertencia  $w$  se desactivaría, el sistema podría haber añadido demasiado ruido de la señal a  $g(t)$ , de modo que una advertencia se generaría cuando la condición para la monitorización sería igual de nuevo. Los medios de sensibilización 312 están dispuestos para su comunicación con el selector 311. Los medios de sensibilización 312 también se refieren a la lógica de sensibilización 312.
- 10 Una ventaja de esta realización es la posibilidad de tener lógica para decidir cuándo monitorizar y no, es decir, podría haber condiciones cuando no es importante monitorizar los datos. Este caso es, por ejemplo, durante el reabastecimiento aire-aire de combustible o transónico.
- 15 La figura 3d representa un circuito 300d de acuerdo con un aspecto de la invención. De acuerdo con esta realización, el circuito 300d de la invención está provisto de un configurador de unidades que comprende el sumador 305, el limitador 310, el selector 311, medios de sensibilización, 312, la unidad de retardo 330, y el comparador 320. Las respectivas funciones y propósitos de las unidades del circuito 300d están representadas con referencia a las figuras 3a a 3c.
- Esta configuración mejora la capacidad de recuperación/repación propia (limitador 310) y la lógica para decidir cuándo es preferible monitorizar o no. Además, el sistema es fácil de implementar.
- La figura 3e representa un circuito 300e de acuerdo con un aspecto de la invención.
- 20 El circuito 300e comprende el sumador 305 tal como se muestra anteriormente. El circuito también comprende un limitador 310, que en esta realización está dispuesto para limitar una salida  $g(t)$  a  $3 \cdot h$ . Esta función de limitación hace que una reparación propia del algoritmo sea posible de una manera conveniente. Alternativamente, la salida  $g(t)$  puede ser un valor arbitrario.
- 25 El limitador 310 está dispuesto para enviar el valor  $g(t)$  a un selector 311 que está dispuesto para seleccionar el valor  $g(t)$  si los medios de sensibilización 312 proporcionan un valor 1 al limitador 312. El selector 311 está dispuesto para seleccionar un valor  $g(t-1)$  proporcionado desde una unidad de retardo 330 si los medios de sensibilización 312 proporciona un valor 0 para el selector 311. El limitador 311 está dispuesto para enviar un valor seleccionado  $g(t)$  o  $g(t-1)$  a un selector 313.
- 30 El selector 313 está dispuesto para seleccionar el valor recibido si un valor proporcionado  $n$  se establece en 1. Alternativamente, el selector 313 está dispuesto para seleccionar el valor 0 si un valor proporcionado  $n$  se establece en 0.
- 35 El selector 313 está dispuesto para emitir el valor seleccionado a un comparador 321. El comparador 321 está dispuesto para comparar el valor recibido emitido desde el selector 313. El comparador está dispuesto para generar una señal de advertencia  $w(t)$  si el valor recibido  $g(t)$  es igual o mayor que  $h$ . El selector 313 está dispuesto para permitir establecer una salida a cero en el caso de, por ejemplo, un toque bajo de una plataforma en forma de un avión. En este sentido, un toque bajo se coloca a la par de un aterrizaje completo.
- 40 El selector 313 está dispuesto para emitir el valor seleccionado a una unidad de retardo 330. La unidad de retardo 330 está dispuesta para retrasar el valor recibido  $g(t)$  durante un período de tiempo predeterminado. La unidad de retardo 330 también está dispuesta para cambiar el estado del valor recibido para convertirse en un valor  $g(t-1)$ . La unidad de retardo también está dispuesta para emitir el valor  $g(t-1)$  al selector 311. La unidad de retardo 330 está también dispuesta para emitir el valor  $g(t-1)$  al sumador 305.
- 45 Unos medios de mantenimiento 325 están dispuestos para su comunicación con el comparador 321. Los medios de mantenimiento 325 están dispuestos para la implementación de una elección del valor umbral  $h$ . Si el selector 311 selecciona un 0 causando que el valor  $g(t-1)$  esté en un bucle, un valor umbral  $h$  correspondiente también está en un bucle para no generar una señal de advertencia inválida  $w$ .
- El comparador 321 está dispuesto para su comunicación con una unidad de retardo 322. El comparador 321 está dispuesto para enviar la señal de advertencia  $w(t)$  a los medios de retardo 322. Los medios de retardo están dispuestos para cambiar el estado del valor recibido  $w(t)$  para convertirse en un valor  $w(t-1)$ . La unidad de retardo 322 está también dispuesta para emitir el valor  $w(t-1)$  a unos medios de decisión 323.
- 50 Los medios de decisión 323 están dispuestos para generar una decisión. Los medios de decisión están dispuestos para emitir un valor  $n$  al selector 313, dependiendo de dicha decisión. El valor de  $n$  es igual a 1 a un rendimiento normal del circuito. El valor de  $n$  es igual a 0 si el circuito se reinicia.
- Los medios de decisión 323 están dispuestos para decidir cuándo establecer el sistema a cero mediante el uso de lógica, tal como y, o, no en señales de interés.

Normalización:  $(hg(t))/h$ . De acuerdo a la figura 3e el valor máximo  $g(t)$  está limitado a  $3h$ . El valor mínimo es 0. De acuerdo con esto, una salida normalizada tiene un rango  $[-2 .. 1]$ .  $((h-3h)/h = -2$  y  $(h-0)/h = 1)$ . Cuando 1 es el resultado, el sistema es bien funcional, cuando el resultado es inferior a cero, el sistema emite una advertencia  $w$  y cuando es  $-2$ , la suma  $g(t)$  ha alcanzado el valor máximo.

5 La figura 4a muestra un circuito de acuerdo con un aspecto de la invención.

Unos medios O 425 están dispuestos para recibir una señal de advertencia  $w$  en una primera entrada y un valor de señal  $ws\_w$  en una segunda entrada. La señal de advertencia  $w$  es generada por cualquiera de los circuitos 300a-300e de acuerdo con un aspecto de la invención. El valor  $ws$  es una señal de advertencia asociada con la reparación propia. Los medios O 425 están dispuestos para emitir una señal de advertencia  $ws$ . Los medios O están dispuestos para enviar la señal de advertencia  $ws$  a una unidad de retardo 430. La unidad de retardo 430 está dispuesta para retrasar la señal de advertencia  $ws$  un período de tiempo predeterminado. La unidad de retardo 430 está dispuesta para cambiar el estado de la señal de advertencia  $ws$  para convertirse en una señal de advertencia  $ws(t-1)$ . La unidad de retardo 430 está dispuesta para enviar la señal de advertencia  $ws(t-1)$  a una segunda entrada de unos medios Y 420. Los medios O están dispuestos para enviar la señal de advertencia  $ws$  a unos primeros medios de mantenimiento 440 y unos segundos medios de mantenimiento 465.

Los primeros medios de mantenimiento 440 están dispuestos para mantener la señal  $s1$  prevista en caso de recepción de la señal de advertencia  $ws$ . Los primeros medios de mantenimiento están dispuestos para emitir una señal  $s1H$  a unos medios de sustracción 445.

Los medios de sustracción 445 están dispuestos para calcular una diferencia entre la señal proporcionada  $s1H$  y la primera señal  $s1$  y para emitir un resultado a otros medios de cálculo 450. Los medios de cálculo 450 están dispuestos para determinar un valor absoluto de la diferencia entre la señal emitida  $s1H$  y la primera señal  $s1$ . Los medios de cálculo 450 están además dispuestos para emitir el valor absoluto como una señal  $s1D$  a una unidad de determinación 455.

La unidad de determinación 455 está dispuesta para determinar si la señal  $s1$  ha cambiado con la tolerancia necesaria para declarar señal OK. La unidad de determinación 455 está dispuesta para emitir una señal  $s1\_OK$  si  $s1D > Tol$ . La señal  $s1\_OK$  se emite a unos medios Y 460.

Un procesamiento similar se realiza con referencia a las unidades 465, 470, 475 y 480. Sin embargo, el procesamiento realizado por las unidades 465, 470, 475 y 480 es respecto a la segunda señal  $S2$ . La unidad de determinación 480 está dispuesta para emitir la señal  $s2\_OK$  que se emite a los medios Y 460.

Los medios Y 460 están dispuestos para enviar una señal de salida  $s\_OK$ . Ambas señales deben ser consideradas correctas antes de permitir la recuperación/reparación propia. Los medios Y 460 están dispuestos para enviar la señal de salida  $s\_OK$  a una unidad de retardo 410. La unidad de retardo 410 está dispuesta para retrasar la señal  $s\_OK$  un período de tiempo predeterminado. La unidad de retardo 410 está dispuesta para cambiar el estado de la señal  $S\_OK$  para convertirse en una señal  $s\_OK(t-1)$ . La unidad de retardo 410 está dispuesta para enviar la señal  $s\_OK(t-1)$  a unos medios NO 415. Si la salida de los medios NO es 0, la disposición de acuerdo a la figura 4a puede repararse por sí misma, si no se proporciona ninguna señal de aviso a los medios O 425.

La señal de advertencia  $ws$  tiene que aplicarse durante una muestra anterior para permitir un principio de reparación propia de la disposición.

**Lista de definiciones, refiriéndose a la figura 4a en particular**

- 40  $w$ : señal de advertencia;
- $ws$ : señal de advertencia asociada con la reparación propia;
- $s1$ : señal 1, procedente de los primeros medios de generación de datos 110;
- $s2$ : señal 1, procedente de los primeros medios de generación de datos 120;
- $s1H$ : señal 1, bloqueada si  $ws = Tol$ ;
- 45  $s2H$ : señal 2, bloqueada si  $ws = Tol$ ;
- $s1D$ : diferencia de señal absoluta  $s1H-s1$ ;
- $s2D$ : diferencia de señal absoluta  $s2H-S2$ ;
- $s1\_OK$ : Si  $s1D > Tol$ , entonces se puede reparar por sí mismo;
- $s2\_OK$ : Si  $s2D > Tol$ , entonces se puede reparar por sí mismo;
- 50  $s-OK$ : Si  $s1\_OK$  y  $s2\_OK$ , implica la reparación propia;

Tol: valor de tolerancia, es decir, un valor que cada una de las señales 1 y s2 deben haberse movido para permitir la reparación propia;

ws\_w: depende de qué advertencia no se puede reparar ws.

Final de la lista de definiciones

5 La figura 4b representa tres gráficos relativos a la reparación propia del algoritmo de acuerdo con un aspecto de la invención.

Se muestra que dos señales s1(t) y s2(t) se monitoricen inicialmente, es decir, en un período de tiempo entre un punto de tiempo t0 y t20 no difieren sustancialmente. Sin embargo, antes del punto de tiempo t20, la primera señal s1(t) empieza a registrar valores mayores, aumentando así un valor de la diferencia absoluta entre la primera señal s1(t) y la segunda señal s2(t).

10 Tal como se muestra anteriormente, una señal de alarma se genera si la suma acumulando g(t) excede un valor umbral h predeterminado. De acuerdo con este ejemplo, esto sucede en un punto de tiempo t21.

15 Se muestra que las señales s1(t) y s2(t) de nuevo comenzarán a registrar sobre la misma magnitud de un parámetro de interés, es decir, no se desvían sustancialmente entre sí. De acuerdo con esta realización no existe ninguna reparación propia del algoritmo, incluso si la función g(t) alcanza un nivel por debajo del valor umbral h predeterminado en un punto de tiempo t22. Sin embargo, si las señales s1(t) y s2(t) no se desvía más de un valor predeterminado durante un período de tiempo predeterminado, la función de alarma se establece en cero (0), es decir, la señal de alarma w no se genera después de ese punto de tiempo. En el gráfico esto se representa en un punto de tiempo t23. Esta reparación propia proporciona el efecto positivo que el algoritmo de acuerdo con la invención es más fiable.

20 Una ventaja positiva de acuerdo con esta realización es que se incrementa la disponibilidad del sistema.

Tol es el valor requerido cuya señal debe cambiarse para considerarse correcta para la recuperación/reparación propia.

25 La figura 5a ilustra esquemáticamente un procedimiento para la monitorización cruzada de datos, tal como los datos críticos de vuelo.

El procedimiento comprende una primera etapa del procedimiento S501.

En la etapa del procedimiento S501, una etapa de monitorización cruzada de acuerdo con la invención. La etapa del procedimiento S501 comprende las etapas de:

- calcular un valor dependiendo de un valor de señal, un valor de deriva y un valor de retroalimentación;
- 30 - determinar uno mayor del valor calculado y un primer valor predeterminado;
- comparar dicho valor mayor determinado con un segundo valor predeterminado;
- retrasar dicho valor mayor determinado y cambiar el estado de dicho valor mayor para convertirse en un valor de retroalimentación actualizado que es utilizado en una etapa de cálculo siguiente del valor; caracterizado por
- 35 - calcular el valor de la señal dependiendo de un valor absoluto de la diferencia entre las dos señales independientes.

Después de que la etapa del procedimiento S501, el procedimiento termina.

Preferiblemente, el procedimiento comprende la etapa de:

- emitir una señal de advertencia si dicho valor mayor determinado (g(t)) es igual o mayor que el segundo valor predeterminado.
- 40 Preferiblemente, el procedimiento comprende la etapa de:
- limitar el valor mayor determinado del valor calculado y el primer valor predeterminado a un valor predeterminado.

Preferiblemente, el procedimiento comprende la etapa de:

- seleccionar una fase de bucle del valor de retroalimentación actualizado para proporcionar el valor de retroalimentación actualizado de una manera predeterminada.
- 45 Preferiblemente el procedimiento comprende la etapa de:

- no emitir la señal de alarma si se cumple un criterio predeterminado.

Preferiblemente, el criterio predeterminado se define porque un número predeterminado de valores generados son menores que el valor umbral durante un período de tiempo predeterminado.

Preferiblemente, el procedimiento comprende la etapa de:

5 - predeterminar el valor de deriva.

Preferiblemente, el procedimiento comprende las etapas de:

- calcular el valor absoluto de la diferencia entre las señales independientes, e

- introducir el valor absoluto calculado.

Preferiblemente, el procedimiento comprende la etapa de:

10 - generar cada una de las dos señales independientes generadas por un sensor separado.

Después de la etapa del procedimiento S501 el procedimiento termina.

La figura 5b ilustra esquemáticamente un procedimiento para la monitorización cruzada de los datos representados en mayor detalle.

15 El procedimiento comprende una primera etapa del procedimiento S509. La etapa del procedimiento S509 comprende las etapas de:

- calcular un valor absoluto  $s(t)$  de la diferencia de señal entre una primera señal  $s_1(t)$  y una segunda señal  $s_2(t)$ ;

- recibir los valores  $s(t)$ ,  $v$ , y  $g(t-1)$ , donde  $g(t-1)$  es cero (0) para una primera iteración;

- generar un valor de suma  $y(t) = s(t) - v + g(t-1)$

- emitir el valor  $y(t)$ .

20 Después de la etapa del procedimiento S509 se realiza una etapa del procedimiento posterior S512.

La etapa del procedimiento S512 comprende las etapas de:

- recibir el valor  $y(t)$ ;

- cambiar el estado del valor  $y(t)$  para convertirse en un valor  $g(t)$ ;

- limitar el valor  $g(t)$  a un valor  $X$  predeterminado, si el valor  $g(t)$  es mayor que el valor  $X$ ;

25 - emitir el valor  $g(t)$ .

Después de la etapa del procedimiento S512, se realiza una etapa del procedimiento posterior S515.

La etapa del procedimiento S515 comprende las etapas de:

- recibir el valor de salida  $g(t)$ ;

- comparar el valor recibido  $g(t)$  con un valor umbral predeterminado  $h$ ;

30 - generar una señal de advertencia  $w$  si el valor recibido  $g(t)$  es igual o mayor que el valor umbral predeterminado  $h$ ;  
y

- emitir la señal de advertencia  $w$  generada.

Después de la etapa del procedimiento S515, se realiza una etapa del procedimiento posterior S518.

La etapa del procedimiento S518 comprende las etapas de:

35 - recibir el valor de salida  $g(t)$ ;

- retrasar un punto de tiempo de salida del valor  $g(t)$ ;

- cambiar el estado del valor  $g(t)$  para convertirse en un valor  $g(t-1)$ ;

- emitir el valor  $g(t-1)$  para su uso en la etapa del procedimiento S509 que permite calcular un nuevo valor  $y(t)$ , basado en los valores actualizados  $s(t)$  y  $v$ .

El procedimiento realiza estas etapas hasta que se cumple una necesidad del mismo.

Este procedimiento se describe con referencia al circuito ilustrado con referencia a la figura 3b. Procedimientos correspondientes, por supuesto, pueden representarse con referencia a cualquiera de las figuras 3a a 3e, la figura 4 y la figura 7.

5 Con referencia a la figura 6, se muestra un diagrama de una realización del aparato 100. Cualquiera de las unidades representadas con referencia a, por ejemplo, la figura 7 a continuación puede comprender el aparato 100. El aparato 100 comprende una memoria no volátil 620, un dispositivo de procesamiento de datos 610 y una memoria de lectura/escritura 650. La memoria no volátil 620 tiene una primera porción de memoria 630 en la que se almacena un programa de ordenador, tal como un sistema operativo, para controlar la función del aparato 100. Además, el  
10 aparato 100 comprende un controlador de bus, un puerto de comunicaciones en serie, medios de I/O, un convertidor A/D, una entrada de datos de tiempo y una unidad de transmisión, un contador de eventos y un controlador de interrupciones (no mostrado). La memoria no volátil 620 también tiene una segunda porción de memoria 640.

15 Un programa de ordenador que comprende las rutinas de monitorización cruzada de datos, tal como datos de vuelo críticos, cuyos datos se generan mediante dos sensores independientes separados de acuerdo con la invención. El programa puede almacenarse en una forma ejecutable o en un estado comprimido en una memoria separada 660 y/o en una memoria de lectura/escritura 650.

20 Cuando se afirma que el dispositivo de procesamiento de datos 610 realiza una función determinada se debe entender que el dispositivo de procesamiento de datos 610 realiza una cierta parte del programa que se almacena en la memoria separada 660, o una cierta parte del programa que se almacena en la memoria de lectura/escritura 650.

25 El dispositivo de procesamiento de datos 610 puede comunicarse con un puerto de datos 699 mediante un bus de datos 615. La memoria no volátil 620 está adaptada para la comunicación con el dispositivo de procesamiento de datos 610 a través de un bus de datos 612. La memoria independiente 660 está adaptada para comunicarse con un dispositivo de procesamiento de datos 610 a través de un bus de datos 611. La memoria de lectura/escritura 650 está adaptada para comunicarse con un dispositivo de procesamiento de datos 610 a través de un bus de datos 614.

30 Cuando se reciben los datos en el puerto de datos 699, se almacenan temporalmente en la segunda porción de memoria 640. Cuando los datos de entrada recibidos han sido almacenados temporalmente, el dispositivo de procesamiento de datos 610 está configurado para realizar la ejecución del código en la forma descrita anteriormente. De acuerdo con una realización, los datos recibidos en el puerto de datos 699 comprenden información, tal como las señales de entrada proporcionadas por los sensores 110 y 120. Esta información puede ser utilizada mediante el aparato 100 para monitorización cruzada del conjunto de sensores que comprenden los sensores independientes 110 y 120.

35 Partes de los procedimientos aquí descritos se pueden realizar mediante un aparato 100 mediante un dispositivo de procesamiento de datos 610 que ejecuta el programa almacenado en la memoria separada 660 o en la memoria de lectura/escritura 650. Cuando el aparato 100 ejecuta el programa, partes de los procedimientos aquí descritos son ejecutadas.

Un aspecto de la invención se refiere a un programa de ordenador que comprende un código de programa para realizar las etapas del procedimiento descritas con referencia a las figuras 5a y 5b, respectivamente, cuando el programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

40 Un aspecto de la invención se refiere a un producto de programa de ordenador que comprende un código de programa almacenado en un medio legible por ordenador para realizar las etapas del procedimiento descritas con referencia a las figuras 5a y 5b, respectivamente, cuando el programa de ordenador se ejecuta en el ordenador.

45 Un aspecto de la invención se refiere a un producto de programa de ordenador directamente almacenable en una memoria interna de un ordenador, que comprende un programa de ordenador para la realización de las etapas del procedimiento descritas con referencia a las figuras 5a y 5b, respectivamente, cuando el programa de ordenador se ejecuta en el ordenador.

La figura 7 ilustra esquemáticamente una visión general del sistema de un subsistema basado en una plataforma de monitorización cruzada de los datos.

50 Para monitorizar los datos críticos de seguridad del sistema mostrados al piloto se requiere que la integridad de los datos esté garantizada mediante la seguridad del sistema. RTCA-DO-178B es un estándar de software que se utiliza en materia de seguridad del sistema. El problema es que para garantizar la clasificación más alta, el nivel A, hay una necesidad extendida de verificación y prueba que es más costoso. Normalmente el software se desarrolla para el nivel C (nivel A-E). La necesidad de la capacidad de datos cuando se realiza la monitorización con las grabaciones de video significa que provocan costes elevados para el sistema de vuelo debido a los equipos necesarios y la  
55 capacidad general del sistema.

- 5 Al realizar la monitorización tal como se describe en el circuito, no hay necesidad de elevar el nivel de software para todas las funciones para garantizar la integridad de los datos. Asimismo, el procedimiento se limita a recoger datos, que no requiere mucha más capacidad del sistema como si la monitorización se realizara mediante los datos de grabación de vídeo y el procesamiento de las imágenes. También las fuentes de datos deben ser monitorizadas para ser consideradas correctas para asegurar la exactitud de los datos mostrados. Esto es porque los datos mostrados son monitorizados en la fuente.
- 10 Cuando se recopilan los datos de las pantallas al sistema de monitorización, a través de otros subsistemas, estos subsistemas no se deben desarrollar para cumplir RTCA-DO-178B Nivel A. También se muestran los cálculos realizados antes de los datos no deben ser realizados mediante una unidad de desarrollo al nivel A (circuito 725). Esta solución puede ser aplicable al diseño ya existente y junto con la monitorización del sensor cumple con los requisitos para el buen funcionamiento del sistema de monitorización cruzada para los datos críticos de seguridad de vuelo.
- 15 Un sistema de navegación inercial 710 está dispuesto para la comunicación con un primero ordenador de datos del aire 712 a través de un enlace 780. El primer ordenador de aire 712 está dispuesto para la comunicación con un ordenador de sistemas 720. En particular, el primer ordenador de aire 712 está dispuesto para la comunicación con un dispositivo de procesamiento de datos 725 a través de un enlace 781. El primer ordenador de aire 712 también está dispuesto para la comunicación con un sistema de control de vuelo 730.
- 20 El sistema de control de vuelo 730 comprende una unidad de monitorización cruzada 735 y un sistema de referencia de altitud/rumbo 737. En particular, el primer ordenador de aire 712 está dispuesto para la comunicación con la unidad de monitorización cruzada 735 a través de un enlace 782. El enlace 782 se conecta al enlace 781 en un punto 786. El sistema de referencia de altitud/rumbo 737 está dispuesto para la comunicación con la unidad de monitorización cruzada 735 a través de un enlace 789.
- 25 Un segundo ordenador de datos de aire 715 está dispuesto para la comunicación con el sistema de control de vuelo 730. En particular, el segundo ordenador de datos de aire 715 está dispuesto para la comunicación con la unidad de monitorización cruzada 735 a través de un enlace 788.
- El ordenador del sistema está dispuesto para su comunicación con un sistema electrónico de visualización 740 a través de un enlace 790.
- El sistema electrónico de visualización 740 está dispuesto para la comunicación con un pantalla de encabezado prevista en una cabina de la plataforma 10.
- 30 SW desarrollado al NIVEL C de acuerdo con RTCA-DO-178B (740 y 720).  
SW desarrollado al NIVEL A 730 de acuerdo con RTCA-DO-178B.
- Razón para no implementar todo el código para cumplir con el Nivel A es porque consume más tiempo, requiere la verificación extendida y pruebas.
- 35 El sistema que se representa con referencia a la figura 7 tiene la ventaja de que se consigue una monitorización cruzada mejorada de los datos de los parámetros de vuelo. Los datos de los parámetros de vuelo podrían ser los datos preliminares de la seguridad del vuelo, la altitud, por ejemplo. Los datos de los parámetros de vuelo se muestran realmente en la unidad de visualización 750 y también los monitorizados cruzados de acuerdo con la arquitectura del sistema. Es en muchos aspectos ventajoso proporcionar la señal mostrada en la unidad de monitorización cruzada 735.
- 40 Así, se proporcionan dos funciones de monitorización cruzada. La unidad de monitorización cruzada 735 está dispuesta para realizar un proceso de monitorización cruzada que implica las señales  $s_1(t)$  y  $s_2(t)$  tal como se ilustra con referencia, por ejemplo, a las figuras 3a-3e. Además, la unidad de monitorización cruzada 735 está dispuesta para realizar un proceso de monitorización cruzada que implica las señales  $s_1(t)$  y una señal procesada  $s_1(t)$ , a saber,  $s^*1(t)$ . Se consiguen efectos sinérgicos de este doble funcionamiento, tales como proporcionar un sistema de
- 45 monitorización cruzada más fiable.
- De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema de monitorización cruzada de los datos de vuelo en una plataforma, comprendiendo el sistema:
- unos primeros medios de generación de señal para generar una primera señal, en el que dichos primeros medios están dispuestos para enviar la primera señal a unos medios de procesamiento de datos; y
- 50 unos segundos medios de generación de señal para generar una segunda señal, en el que dichos segundos medios están dispuestos para enviar la segunda señal a medios de control de vuelo que comprenden una unidad de monitorización cruzada;
- en el que los medios de procesamiento de datos están dispuestos para procesar dicha primera señal y enviar una tercera señal a un medios de visualización electrónicos que están dispuestos para emitir la tercera señal a una

- unidad de visualización que se muestra para un operador de la plataforma, en el que el sistema se caracteriza porque dichos medios de visualización electrónicos también está dispuestos para enviar dicha tercera señal a la unidad de monitorización cruzada, y en el que
- 5 dicha unidad de monitorización cruzada está dispuesta para realizar una etapa de procesamiento de dicha primera señal y dicha tercera señal para la monitorización cruzada de dichos primeros y segundos medios de generación de señal.
- Preferiblemente, dichos medios de visualización electrónicos también están dispuestos para enviar dicha tercera señal a la unidad de monitorización cruzada a través de dichos medios de procesamiento de datos.
- 10 Preferiblemente dichos primeros medios de generación de señal están dispuestos para enviar la primera señal a la unidad de monitorización cruzada para permitir un procedimiento de comparación que implica la primera señal y la tercera señal.
- Preferiblemente, los medios de control de vuelo son de seguridad certificada para un nivel más alto que los medios de procesamiento de datos y los medios de visualización electrónicos.
- 15 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una plataforma que comprende un sistema tal como se representa con referencia a la figura 7, en la que dichas primera y segunda señales comprenden valores medidos de forma sustancialmente simultánea relativos a un parámetro de funcionamiento, en la que el parámetro de funcionamiento se elige entre un grupo que comprende la altitud A de una plataforma, la velocidad del aire calibrada CV de una plataforma, la velocidad MS de una plataforma medida en Mach, el valor de paso TV de una plataforma, el valor de rollo RV de una plataforma, el rumbo verdadero TH de una plataforma y el curso magnético MC de una
- 20 plataforma.
- La plataforma se elige entre un grupo que comprende un avión, una nave espacial, un satélite, un helicóptero, un robot, un vehículo de misiles o de tierra, una embarcación o nave bajo el agua, por ejemplo, un automóvil, un barco o un submarino.
- 25 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema de monitorización cruzada de los datos de vuelo en una plataforma (10), comprendiendo el sistema:
- unos primeros medios de generación de señales (712; 110) para generar una primera señal  $s_1(t)$ , en el que dichos primeros medios (712) están dispuestos para enviar la señal de primera  $s_1(t)$  a unos medios de procesamiento de datos (725); y
- 30 unos segundos medios de generación de señal (715; 120) para generar una segunda señal  $s_2(t)$ , en el que dichos segundos medios (715) están dispuestos para enviar la segunda señal  $s_2(t)$  a unos medios de control de vuelo (730) que comprenden una unidad de monitorización cruzada (735);
- en el que los medios de procesamiento de datos (725) están dispuestos para procesar dicha primera señal  $s(t)$  y enviar una tercera señal  $s^*(t)$  a unos medios de visualización electrónicos (740) que están dispuestos para emitir la señal tercera  $s^*(t)$  a una unidad de visualización (750) que se mostrará para un operador de la plataforma (10),
- 35 dichos medios de visualización electrónicos (750) también están dispuestos para enviar dicha tercera señal  $s^*(t)$  a la unidad de monitorización cruzada (735), y en el que
- dicha unidad de monitorización transversal (735) está dispuesta para realizar una etapa de procesamiento de dicha primera señal  $s(t)$  y dicha tercera señal  $s^*(t)$  para la monitorización cruzada de dichos primeros y segundos medios de generación de señal (712, 705, 110, 120).
- 40 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema en el que dichos medios de visualización electrónicos (740) también están dispuestos para enviar dicha tercera señal  $s^*(t)$  a la unidad de monitorización cruzada a través de dichos medios de procesamiento de datos (720).
- De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema en el que dichos primeros medios de generación de señal (712; 110) están dispuestos para enviar la primera señal  $s(t)$  a la unidad de monitorización cruzada (735) para permitir un procedimiento de comparación que implica la primera señal  $s(t)$  y la tercera señal  $s^*(t)$ .
- 45 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema en el que los medios de control de vuelo (730) son de seguridad certificada para un nivel más alto que los medios de procesamiento de datos (720) y los medios de visualización electrónicos (740).
- 50 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una plataforma (10) que comprende dicho sistema en el que dichas primera y segunda señales  $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$  comprenden los valores medidos de forma sustancialmente simultánea relativos a un parámetro de funcionamiento, en el que el parámetro de funcionamiento se elige entre un grupo que comprende la altitud (A) de una plataforma, la velocidad de aire calibrada (CV) de una plataforma, la

velocidad (MS) de una plataforma medida en Mach, el valor de paso TV de una (plataforma), un valor rollo (RV) de un plataforma, el rumbo verdadero (TH) de una plataforma y el curso magnético (MC) de una plataforma.

5 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una plataforma (10) en la que la plataforma se elige entre un grupo que comprende un avión, una nave espacial, un satélite, un helicóptero, un robot, un vehículo de misiles o de tierra, una embarcación o nave subacuática, por ejemplo un automóvil, un buque o un submarino.

10 La descripción anterior de las realizaciones preferidas de la presente invención se ha previsto para fines de ilustración y descripción. No se pretende que sea exhaustiva o limite la invención a las formas precisas descritas. Obviamente, muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los profesionales cualificados en la técnica. Las realizaciones se eligieron y describieron para explicar mejor los principios de la invención y sus aplicaciones prácticas, permitiendo así que otros expertos en la técnica comprendan la invención para diversas realizaciones y con las diversas modificaciones que son adecuadas para el uso particular contemplado.



**REIVINDICACIONES**

1. Disposición para la monitorización cruzada de dos señales independientes generadas mediante sensores ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ), que comprende:

5 medios (100; 305; 730) para el cálculo de un valor ( $y(t)$ ) que depende de un valor de señal ( $s(t)$ ), un valor de deriva ( $v$ ), en el que el valor de deriva ( $v$ ) es un valor de parámetro de diseño predeterminado, y un valor de retroalimentación ( $g(t-1)$ );

medios (100; 309; 310) para la determinación de uno mayor ( $g(t)$ ) del valor calculado ( $y(t)$ ) y un primer valor predeterminado ( $P$ );

10 medios (100; 320) para comparar dicho valor mayor determinado ( $g(t)$ ) con un segundo valor predeterminado ( $h$ );

medios (100; 330) para retrasar dicho valor mayor determinado ( $g(t)$ ) y cambiar el estado de dicho valor mayor ( $g(t)$ ) para convertirse en un valor de retroalimentación actualizado ( $g(t-1)$ ) para proporcionarse a los medios para calcular el valor ( $y(t)$ );

**caracterizada porque**

15 el valor de la señal  $s(t)$  comprende información sobre un valor absoluto de una diferencia entre las dos señales independientes generadas ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ) **y porque** los medios (100; 320) para comparar dicho valor mayor determinado ( $g(t)$ ) con un segundo valor predeterminado ( $h$ ) están dispuestos para emitir una señal de aviso ( $w$ ) si dicho valor mayor determinado ( $g(t)$ ) es igual o mayor que el segundo valor predeterminado ( $h$ ) para indicar que las señales independientes ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ) difieren demasiado entre sí respecto al segundo valor predeterminado.

20 2. Disposición según la reivindicación 1, **caracterizada porque**

los medios (100; 309; 310) para determinar un mayor del valor calculado ( $y(t)$ ) y el primer valor predeterminado ( $P$ ) también están dispuestos para limitar el valor mayor determinado ( $y(t)$ ,  $P$ ) del valor calculado ( $y(t)$ ) y el primer valor predeterminado ( $P$ ) a un valor predeterminado ( $X$ ).

3. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizada porque**

25 medios (100; 311) para la selección de una fase de bucle del valor de retroalimentación actualizado ( $g(t-1)$ ) están dispuestos para recibir el valor actualizado de retroalimentación ( $g(t-1)$ ) de los medios de retardo (100; 330) y para recibir el valor mayor determinado ( $g(t)$ ) de los medios de determinación (100; 309; 310).

4. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque**

30 el segundo valor predeterminado ( $h$ ) depende de un tiempo constante predeterminado ( $t$ ), una frecuencia constante predeterminada ( $f$ ), y una diferencia de un valor de parámetro ( $l$ ) y un valor de deriva ( $v$ ).

5. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque**

el segundo valor predeterminado es un valor umbral ( $h$ ), cuyo valor depende de modos de plataforma diferentes, tal como modo de inicio o modo de aterrizaje.

6. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque**

35 medios para calcular el valor absoluto de la diferencia entre las señales independientes ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ) están dispuestos para introducir el valor absoluto calculado a los medios (100; 305) para calcular el valor ( $y(t)$ ).

7. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada porque**

cada una de las dos señales independientes ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ) se genera mediante un sensor separado independiente (110, 120).

40 8. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque**

dicha primera y segunda señales ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ) comprende valores medidos de forma sustancialmente simultánea relativos a un parámetro de funcionamiento.

9. Disposición según la reivindicación 8, **caracterizada porque**

45 el parámetro de funcionamiento se elige entre un grupo que comprende la altitud ( $A$ ) de una plataforma, la velocidad del aire calibrada ( $CV$ ) de una plataforma, la velocidad ( $MS$ ) de una plataforma medida en Mach, el valor de paso  $TV$  de una (plataforma), el valor de rollo ( $RV$ ) de una plataforma, el rumbo verdadero ( $TH$ ) de una plataforma y el curso magnético ( $MC$ ) de una plataforma.

10. Plataforma que comprende una disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada porque** la plataforma se elige entre un grupo que comprende un avión, una nave espacial, un satélite, un helicóptero, un robot, un vehículo de misiles o de tierra, una embarcación o una nave bajo el agua, por ejemplo, un automóvil, un barco o un submarino.

5 11. Procedimiento para la monitorización cruzada de dos señales independientes generadas mediante sensores ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ) en una plataforma, que comprende las etapas de:

- calcular un valor ( $y(t)$ ) en función de un valor de señal ( $s(t)$ ), un valor de deriva ( $v$ ), en el que el valor de deriva ( $v$ ) es un valor de parámetro de diseño predeterminado, y un valor de retroalimentación ( $g(t-1)$ );

- determinar un mayor ( $g(t)$ ) del valor calculado ( $y(t)$ ) y un primer valor predeterminado ( $P$ );

10 - comparar dicho valor mayor determinado ( $g(t)$ ) con un segundo valor predeterminado ( $h$ );

- retrasar dicho valor mayor determinado ( $g(t)$ ) y cambiar el estado de dicho valor mayor ( $g(t)$ ) para convertirse en un valor de retroalimentación actualizado ( $g(t-1)$ ) que se utiliza en una etapa de cálculo siguiente del valor ( $y(t)$ );

**caracterizado por**

15 - calcular el valor de la señal  $s(t)$  dependiente de un valor absoluto de la diferencia entre las dos señales independientes ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ )

y

20 - emitir sobre la base de la comparación una señal de aviso ( $w$ ) si dicho valor mayor determinado ( $g(t)$ ) es igual o mayor que el segundo valor predeterminado ( $h$ ) para indicar que las señales independientes ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ) difieren demasiado entre sí respecto al segundo valor predeterminado.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, también **caracterizado por** la etapa de:

- limitar el valor mayor determinado ( $y(t)$ ,  $P$ ) del valor calculado ( $y(t)$ ) y el primer valor predeterminado ( $P$ ) a un valor predeterminado ( $X$ ).

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 12, también **caracterizado por** la etapa de:

25 - seleccionar una fase de bucle del valor de retroalimentación actualizado ( $g(t-1)$ ) para proporcionar el valor de retroalimentación actualizado ( $g(t-1)$ ) de una manera predeterminada.

14. Procedimiento según la reivindicación 11, también **caracterizado por** la etapa de:

- no emitir la señal de alarma si se cumple un criterio predeterminado.

30 15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado porque** el criterio predeterminado se define mediante un número predeterminado de valores generados  $g(t)$  menor que el valor umbral ( $g(t) < h$ ) durante un periodo de tiempo predeterminado.

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, **caracterizado por** la etapa de:

- predeterminar el valor de deriva ( $v$ ).

17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, **caracterizado por** las etapas de:

35 - calcular el valor absoluto de la diferencia entre las señales independientes ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ); e

- introducir el valor absoluto calculado.

18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, **caracterizado por** la etapa de:

- generar cada una de las dos señales independientes generadas ( $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ ) mediante un sensor separado (110, 120).

40 19. Programa de ordenador que comprende un código de programa para realizar las etapas del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, cuando el programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

20. Producto de programa de ordenador, que comprende un código de programa almacenado en un soporte legible por ordenador para realizar el procedimiento de las etapas según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, cuando el programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

45 21. Producto de programa informático directamente almacenable en una memoria interna de un ordenador, que

comprende un programa de ordenador para realizar las etapas del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, cuando el programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

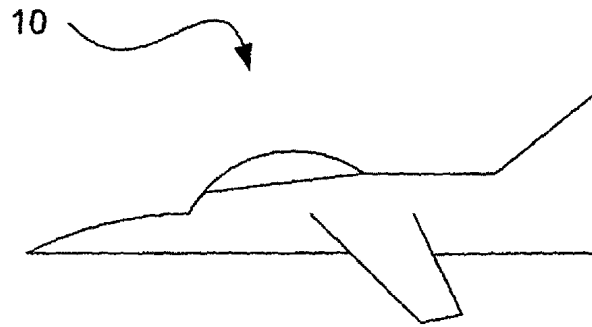


Fig. 1a

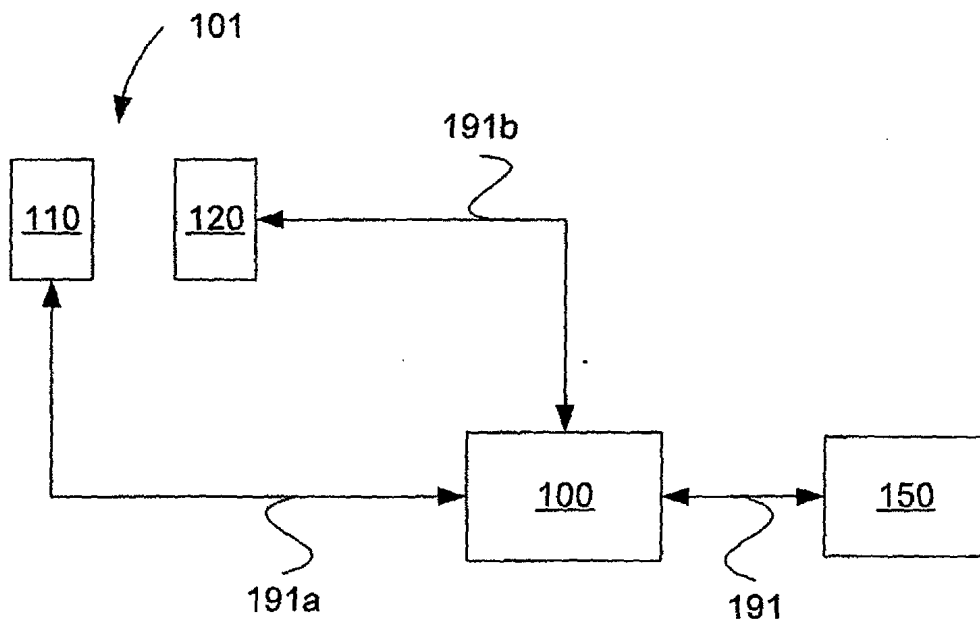


Fig. 1b

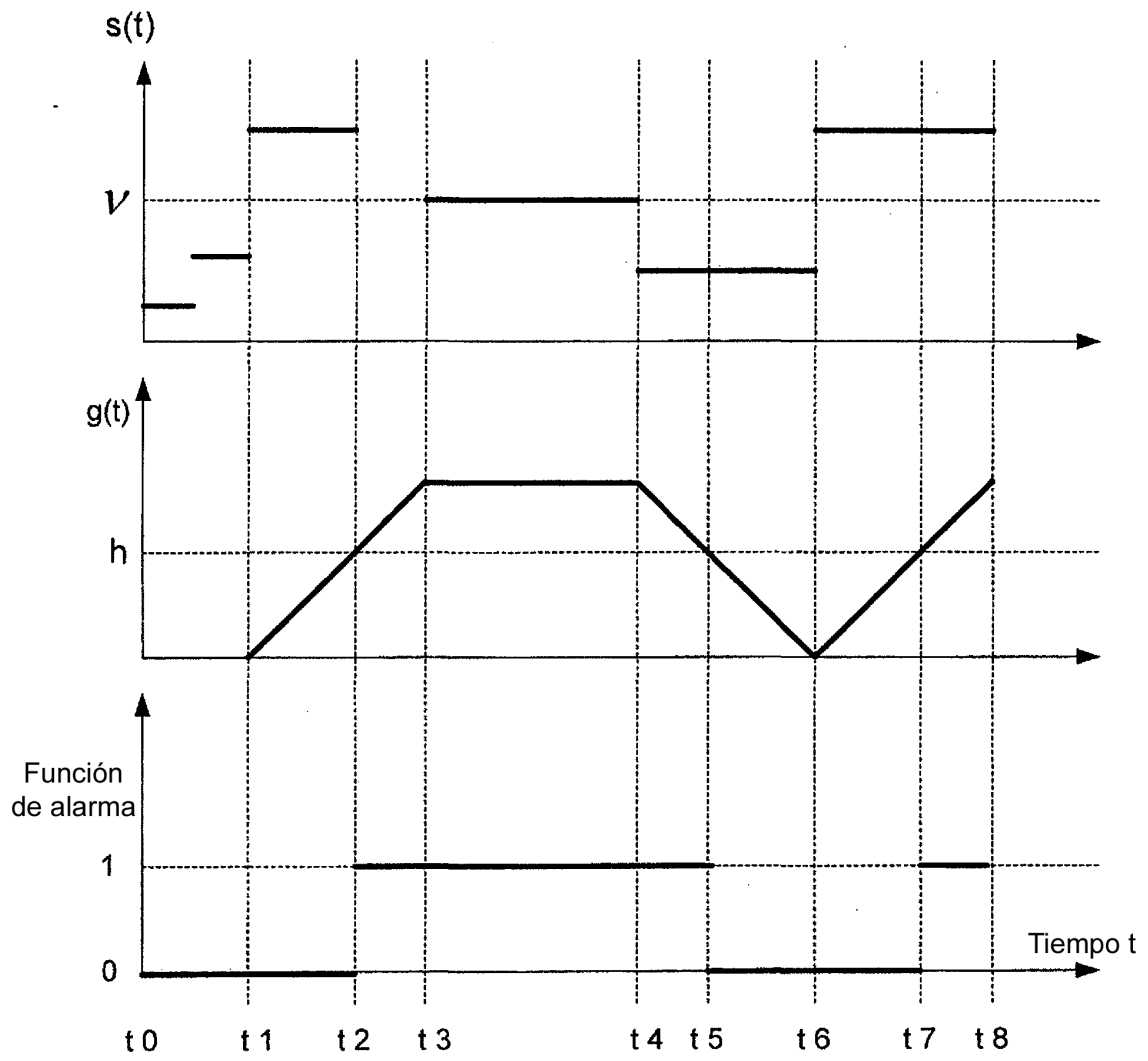


Fig. 2a

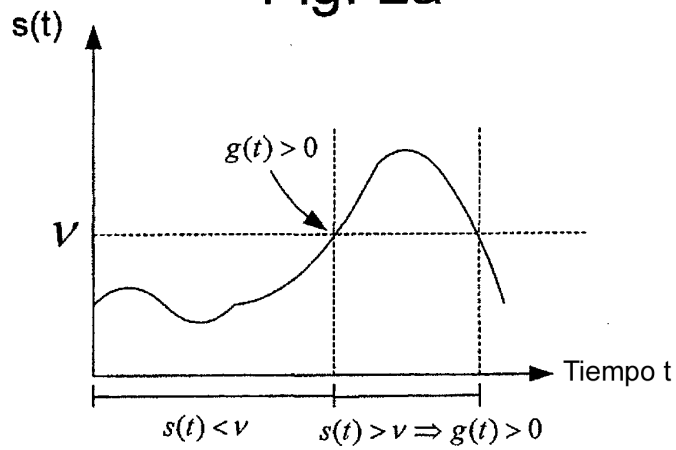


Fig. 2b

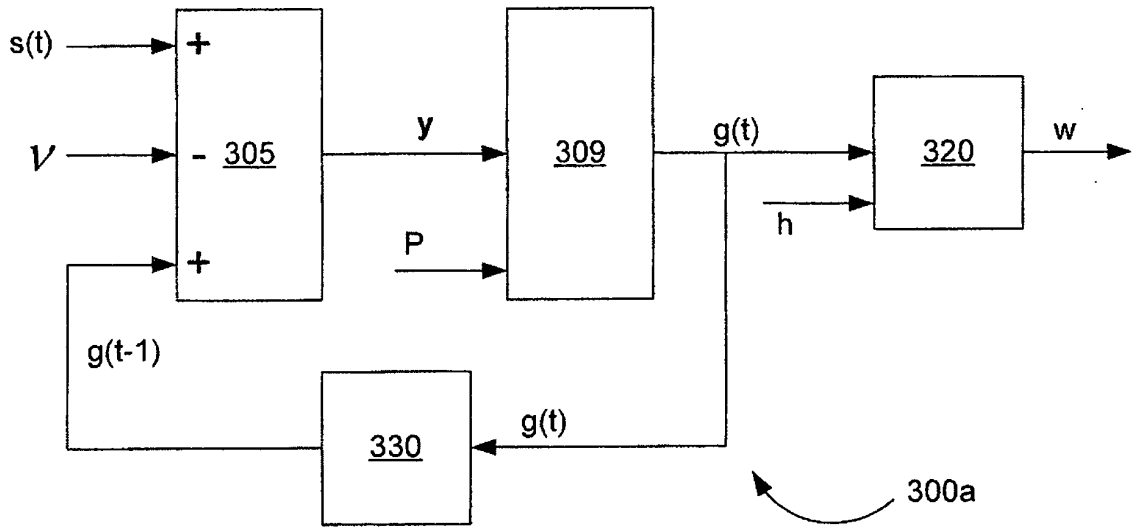


Fig. 3a

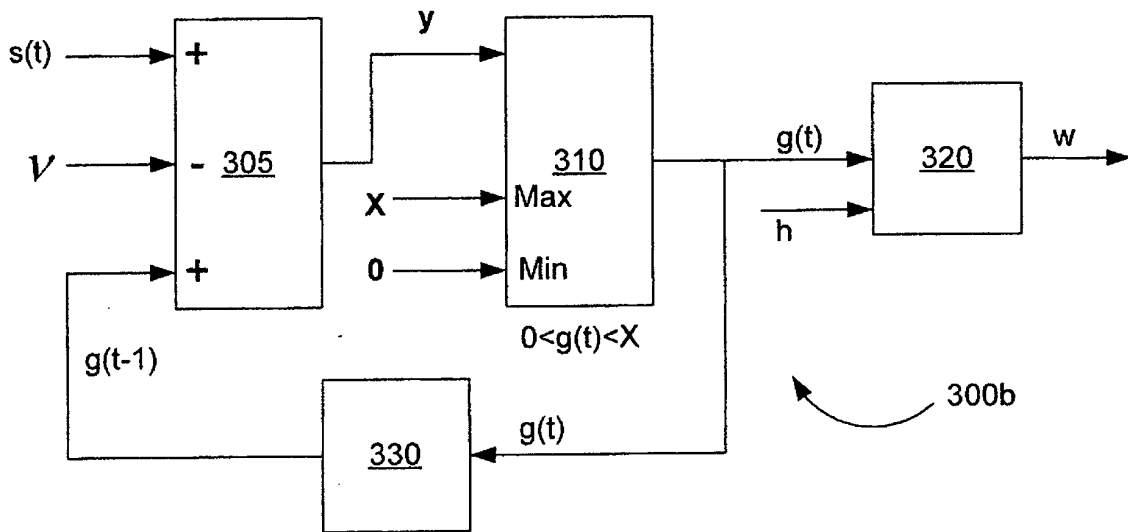


Fig. 3b

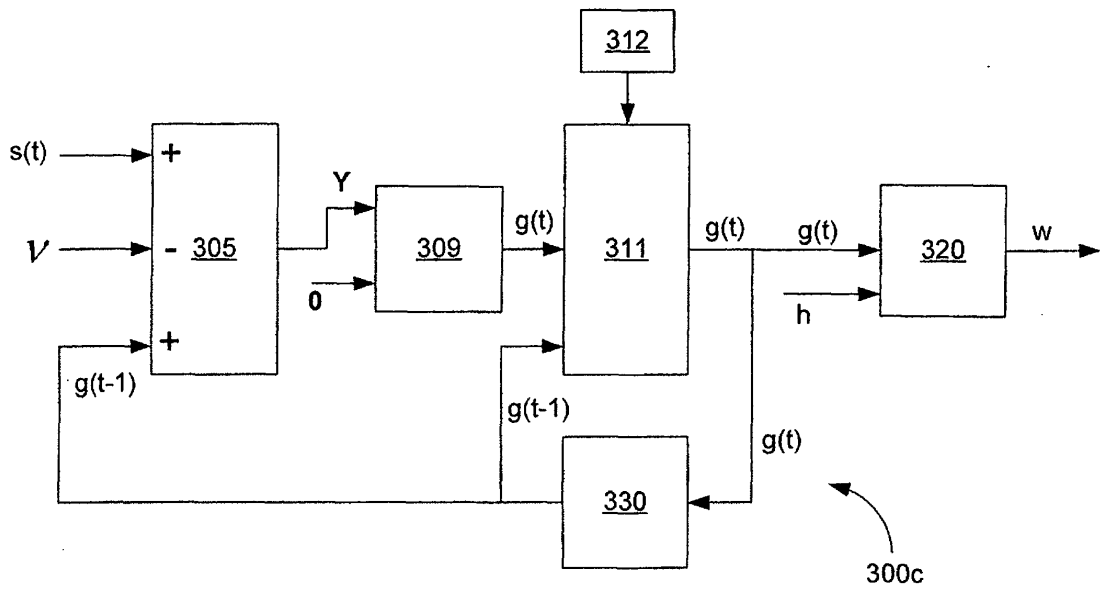


Fig. 3c

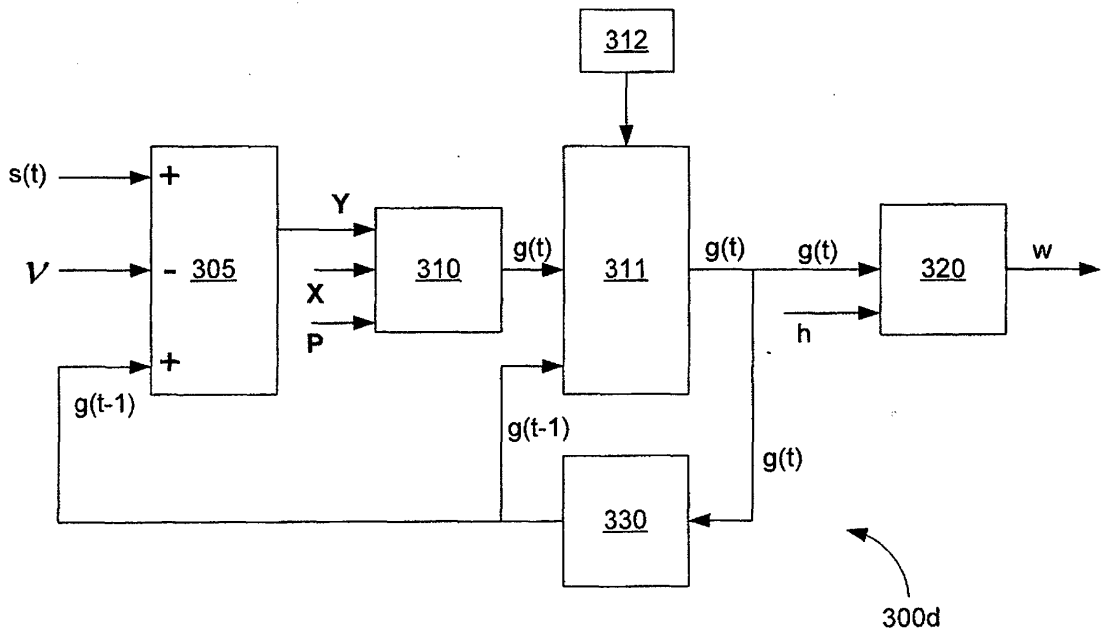


Fig. 3d

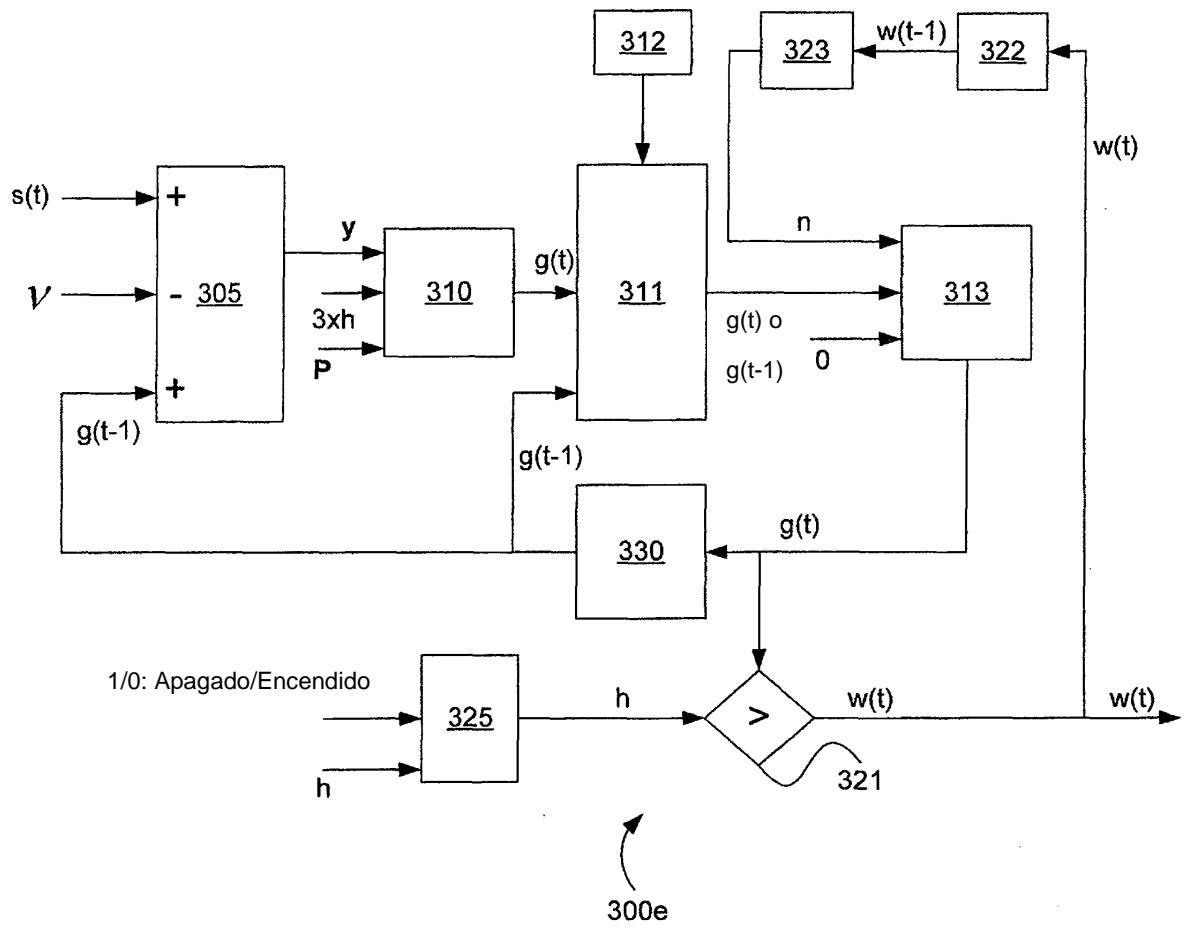


Fig. 3e



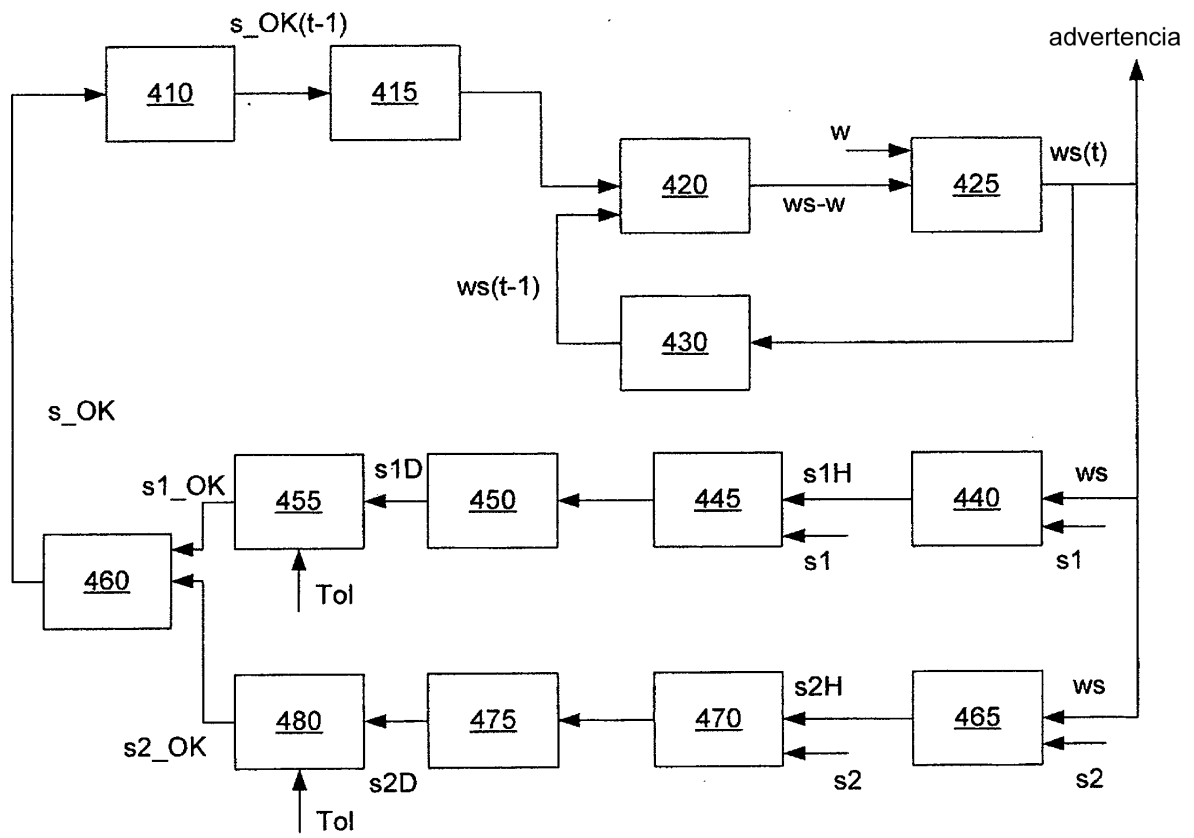


Fig. 4a

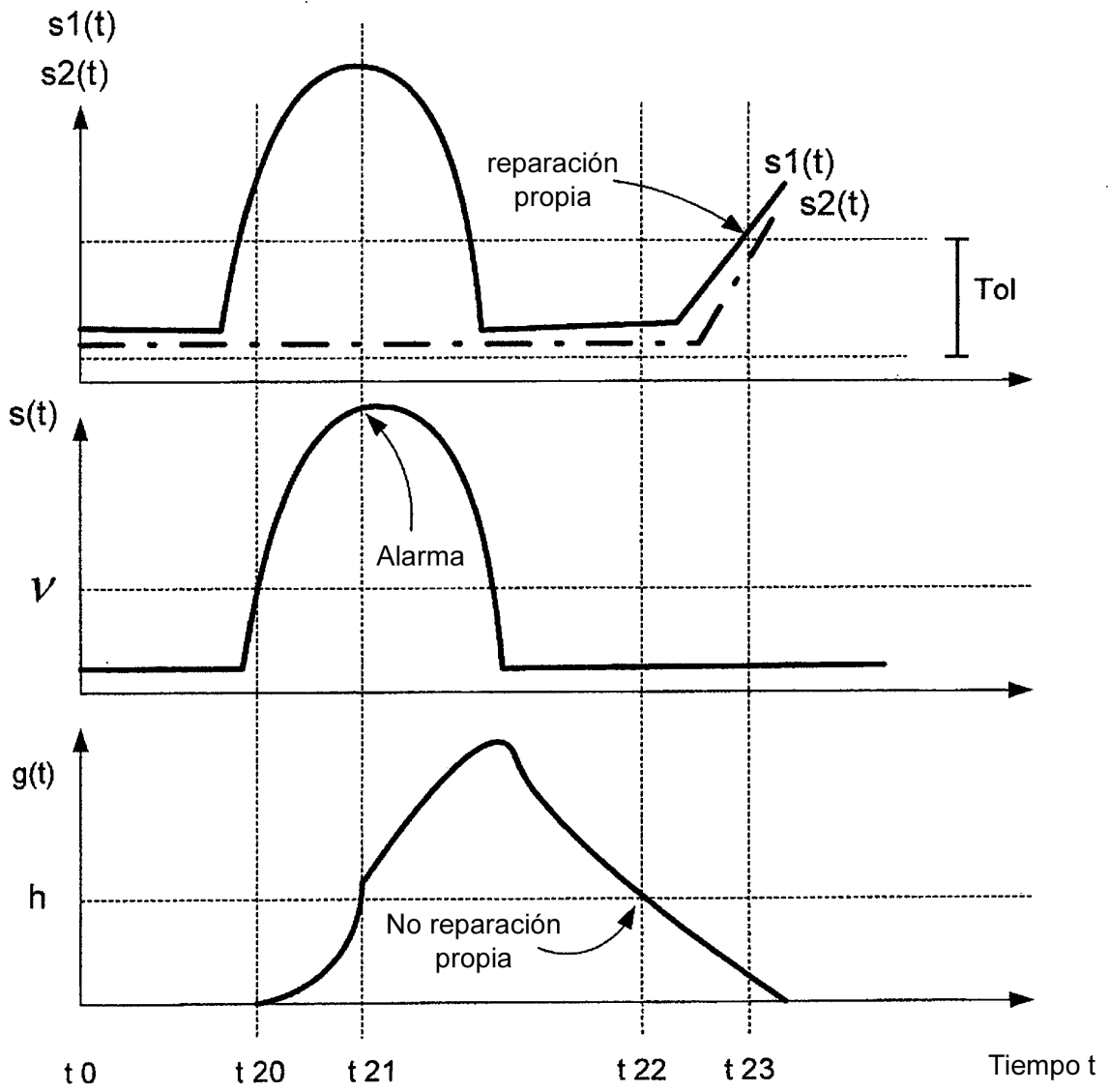


Fig 4b

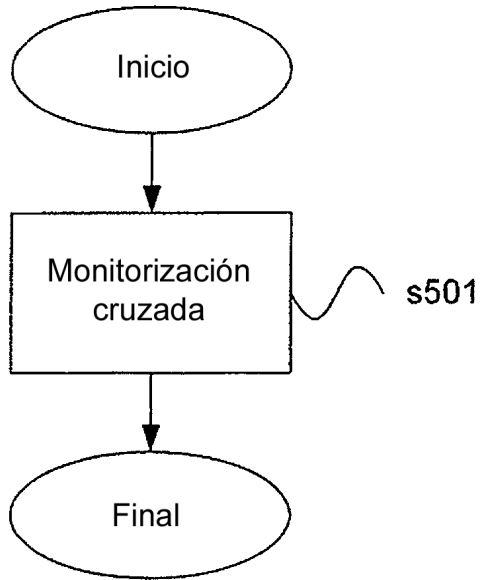


Fig. 5a

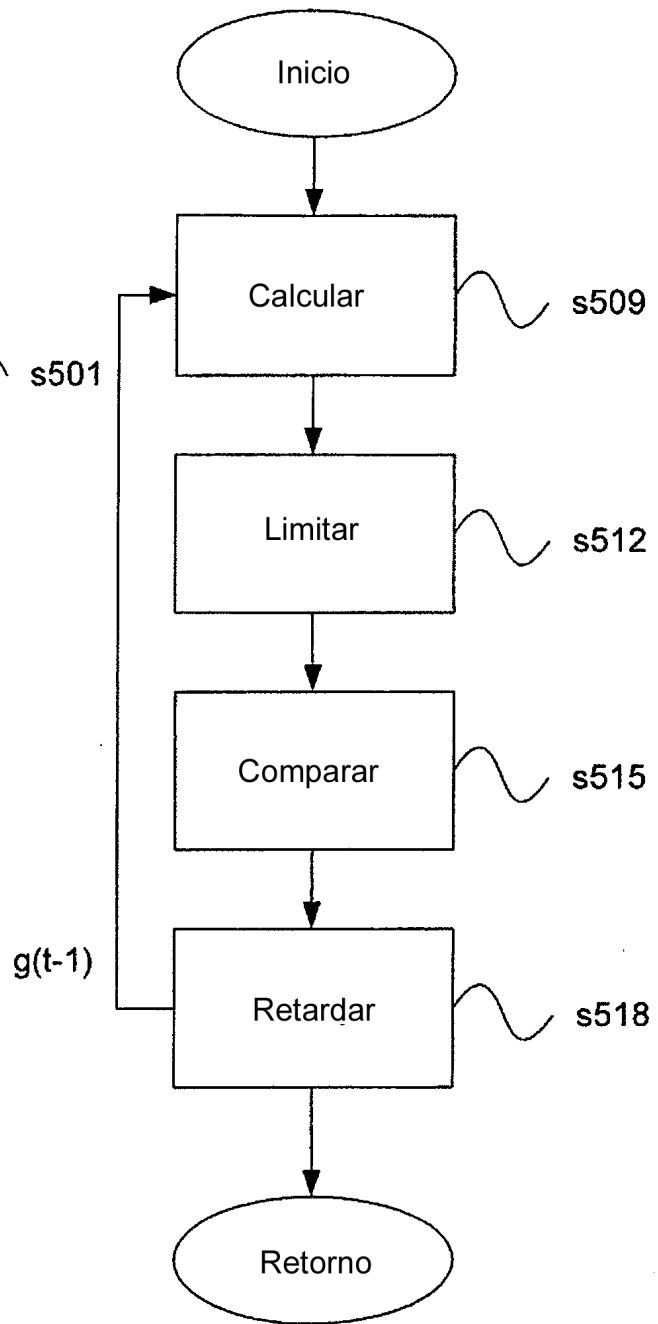


Fig. 5b

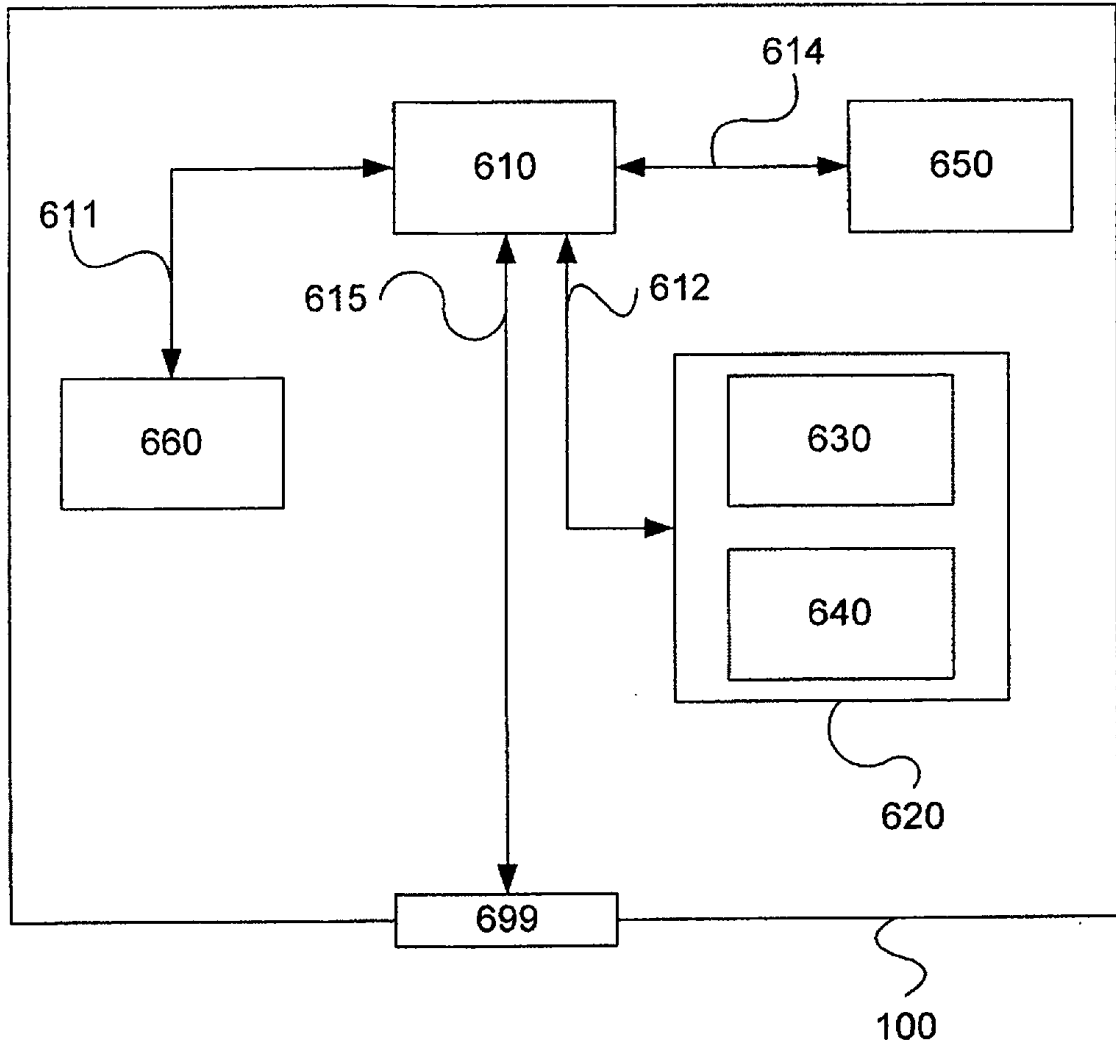


Fig. 6

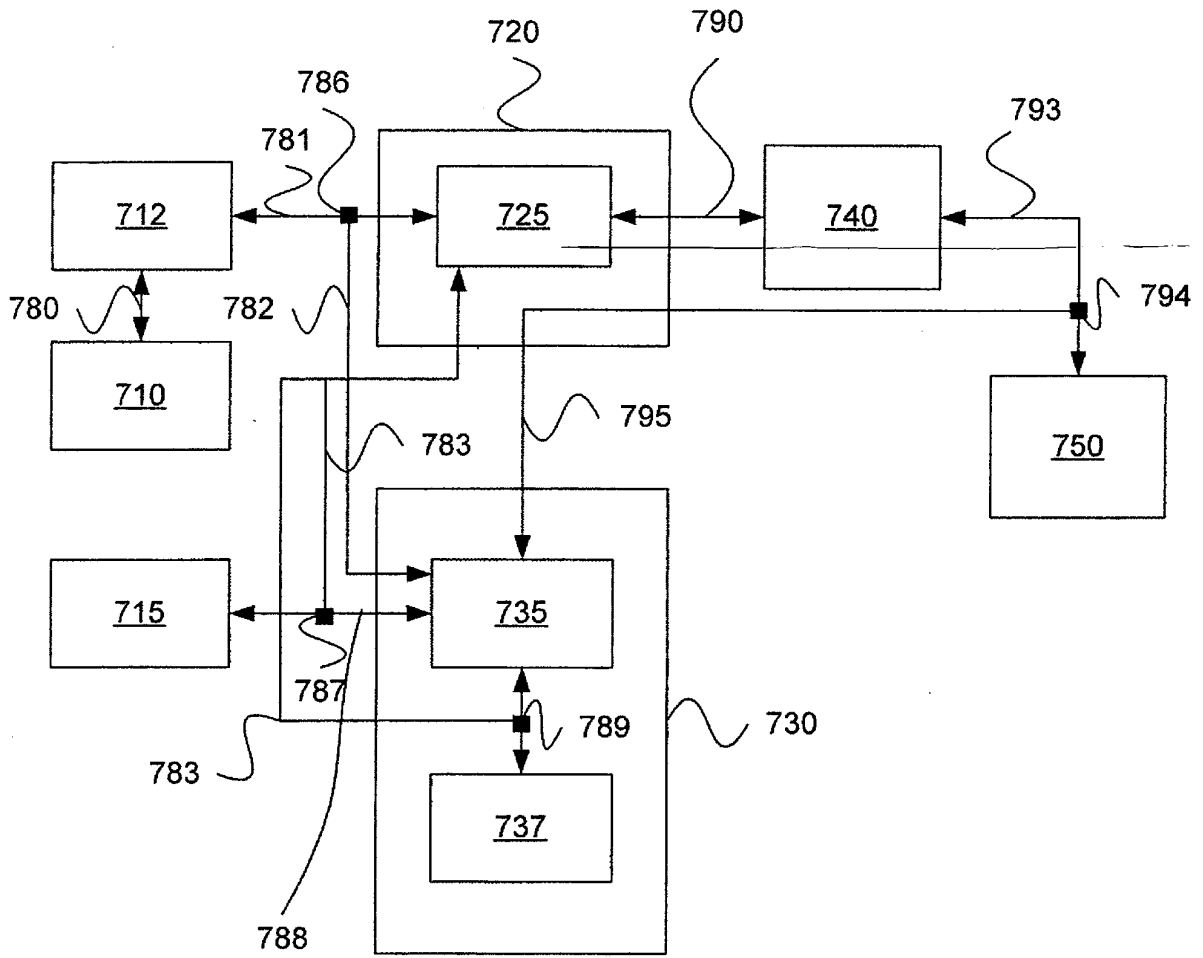


Fig. 7