

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 842**

51 Int. Cl.:

H04L 29/06 (2006.01)

H04L 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2011 E 11784447 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2015 EP 2732600**

54 Título: **Aparato y procedimiento para sincronizar eventos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.03.2016

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**MUTSCHLER, CHRISTOPHER;
WITT, NICOLAS;
PHILIPPSEN, MICHAEL y
OTTO, STEPHAN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 564 842 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

Aparato y procedimiento para sincronizar eventos

5 Las formas de realización de la presente invención se refieren en general a redes de datos y, en particular, a aparatos y procedimientos para sincronizar eventos que llegan a un detector de eventos a través de diferentes rutas de red.

Antecedentes

10 Las redes de sensores tales como, por ejemplo, redes de sensores inalámbricos, tienen una gran variedad de aplicaciones. Por ejemplo, las redes de sensores inalámbricos de varias tecnologías pueden usarse para la localización, por ejemplo para localizar personas y/u otros objetos. En este caso, "localizar" significa la detección o la determinación de una ubicación o posición geográfica. Algunos sistemas especializados de seguimiento de posición
15 pueden usarse para localizar jugadores y otros objetos (por ejemplo, una pelota) en eventos deportivos tales como, por ejemplo, fútbol, fútbol americano, *rugby*, tenis, etc.

20 Cuando se usan datos recopilados de ubicación o posicionamiento geográficos de jugadores y/o de una pelota, es posible obtener información estadística relacionada con el evento deportivo en su conjunto, por ejemplo un partido de fútbol, o relacionada con equipos o jugadores individuales. Tal información estadística obtenida puede ser interesante por varios motivos. Por un lado, existen intereses comerciales, ya que determinadas estadísticas y su análisis pueden ser relevantes para los espectadores de un estadio y/o que siguen el evento por televisión en sus casas. Por tanto, ofrecer ciertas estadísticas puede aumentar el interés en los eventos deportivos. Por otro lado, los
25 datos estadísticos obtenidos a partir de datos de posicionamiento no procesados pueden ser útiles de cara a los entrenamientos. Por ejemplo, puede analizarse un oponente y/o el comportamiento del propio equipo, así como el rendimiento y/o el estado físico de jugadores individuales.

30 Los sistemas de seguimiento de la ubicación o la posición antes mencionados pueden estar basados en varias tecnologías. Por ejemplo, la información de ubicación puede determinarse en función de la evaluación de señales de radio inalámbricas y/o campos magnéticos. Con este fin, transmisores y/o receptores, también denominados comúnmente sensores, pueden colocarse en los objetos individuales (por ejemplo, jugadores, pelota, etc.) para que sean localizados por el sistema. Dispositivos de recepción y/o de transmisión correspondientes también pueden montarse en ubicaciones predeterminadas en torno a un área geográfica de interés como, por ejemplo, un campo de
35 fútbol. La evaluación de las intensidades de señal, de los tiempos de propagación de señal y/o de las fases de señal, solo por citar algunas posibles alternativas técnicas, puede generar flujos de datos de sensor que indican la posición geográfica de jugadores individuales o de objetos en diferentes instantes de tiempo. Normalmente, una muestra de datos de ubicación geográfica está asociada a una indicación de tiempo que indica en qué momento un objeto estaba situado en qué posición geográfica. Con esta información combinada también pueden proporcionarse datos cinemáticos tales como la velocidad (rapidez), aceleración, etc., además de los datos de ubicación que comprenden,
40 por ejemplo, las coordenadas x, y, z. Posteriormente, en esta memoria descriptiva, los datos cinemáticos y de ubicación suministrados por el sistema de sensores de localización se denominarán también datos de sensor (no procesados).

45 En un ejemplo particular de un sistema de seguimiento inalámbrico, las personas o los objetos pueden estar equipados con pequeños transmisores que pueden estar incorporados en las zapatillas, uniformes y pelotas, y cuyas señales son captadas por una pluralidad de antenas situadas alrededor del área observada. Las unidades de recepción procesan las señales recogidas y determinan sus tiempos de llegada (ToA). Basándose en un cálculo de las diferencias en los retardos de propagación, la posición de cada transmisor se determina de manera constante. Además, una red de ordenadores integrada con el sistema de seguimiento inalámbrico puede analizar los datos de
50 posición o de sensor para determinar eventos específicos. El sistema de seguimiento no necesita licencias a nivel global si funciona en la banda de 2,4 GHz.

55 Los denominados "eventos" pueden detectarse en función de los flujos de datos de sensor no procesados transmitidos desde el sistema de seguimiento de la ubicación o posición. De este modo, un evento puede definirse como un acontecimiento instantáneo de interés en un momento determinado. En general, un evento está asociado a un cambio en la distribución de una cantidad relacionada que puede detectarse. Un evento puede ser un evento primitivo, que está basado directamente en datos de sensor (datos cinemáticos) del sistema de seguimiento, o un evento compuesto, que está basado, en cambio, en otros eventos detectados anteriormente. Es decir, un evento compuesto no depende directamente de datos de sensor no procesados, sino de otros eventos. En aplicaciones de
60 juego con pelota, un evento puede ser, por ejemplo, "el jugador X golpea la pelota" o "el jugador X está en posesión de la pelota". Eventos más complicados pueden ser, por ejemplo, "fuera de juego" o "falta".

65 La detección de eventos basada en flujos de datos de sensor subyacentes ha generado en los últimos años un mayor interés en las comunidades de bases de datos y de sistemas distribuidos. En la actualidad, un amplio y creciente número de aplicaciones, incluidas aplicaciones tales como el control de redes, el comercio electrónico, la asistencia médica, el análisis financiero, la seguridad o la supervisión de eventos deportivos antes mencionada, se

basan en la capacidad de procesar consultas relacionadas con flujos de datos que, de manera ideal, adoptan la forma de series de eventos ordenadas en el tiempo. La detección de eventos denota el procesamiento totalmente automatizado de datos de sensor no procesados y/o de eventos sin necesidad de la intervención humana ya que, en muchas aplicaciones, la gran cantidad de eventos y/o de datos de sensor suministrados ya no puede ser recogida o
 5 procesada por una persona. Por ejemplo, si se esperan movimientos rápidos de los jugadores o de un objeto en un evento deportivo, por ejemplo una pelota, la red de sensores (inalámbricos) subyacente tiene que determinar los datos de sensor no procesados (de seguimiento de la ubicación o la posición) a una velocidad de datos suficientemente alta. Además, si hay que realizar un seguimiento de un elevado número de jugadores y/o de objetos (por ejemplo, en un partido de fútbol hay 22 jugadores y una pelota), la cantidad de muestras de datos cinemáticos y
 10 de ubicación geográfica globales por segundo puede ser prohibitivamente elevada, en particular con respecto a requisitos de procesamiento de eventos en tiempo real.

Por tanto, incluso si los flujos de datos de eventos y/o de sensor no procesados se analizan y señalizan de manera totalmente automatizada, seguirá habiendo demasiada información que, posiblemente, no sea de interés en su
 15 totalidad. En el futuro, este problema se agravará ya que cada vez más dispositivos estarán equipados con sensores y tendrán la posibilidad de proporcionar sus datos de sensor determinados a redes públicas, tales como Internet (por ejemplo, datos meteorológicos o de temperatura determinados por dispositivos electrónicos tales como teléfonos inteligentes). Por esta razón, la cantidad de datos de sensor que se procesará en determinados eventos de interés aumentará rápidamente. La detección de eventos automatizada puede solucionar esto al tratar de agregar los datos
 20 de sensor no procesados poco a poco y de determinar eventos más abstractos e interdependientes, que pueden transferir mucha más información que los propios datos de sensor no procesados. Por ejemplo, además de los ejemplos relacionados con el fútbol antes mencionados, tales eventos determinados pueden incluir "el coche X está ubicado en el cruce Y" o "atasco en la carretera X".

El problema que surge con la detección de eventos automatizada es la potencia de cálculo requerida para detectar eventos en flujos de datos de eventos y/o de sensor posiblemente masivos y paralelos (junto con requisitos de procesamiento casi en tiempo real al menos). Este problema puede solucionarse con la paralelización de detectores de eventos que, por ejemplo, pueden ejecutarse en diferentes nodos de red de una red de ordenadores que, por
 30 ejemplo, pueden comunicarse a través de Ethernet. Por lo tanto, un detector de eventos extrae automáticamente un determinado evento de interés de un flujo de datos de evento o de sensor según las especificaciones de evento del usuario. Detectores de eventos individuales pueden estar distribuidos en diferentes nodos de red de una red de datos, donde los diferentes detectores de eventos se comunican usando datos de evento y/o de sensor que se transmiten a través de la red usando diferentes rutas y bifurcaciones de red. De este modo, los datos de sensor no procesados y/o los eventos pueden transportarse en paquetes de datos según algún protocolo de transporte como, por ejemplo, UDP (protocolo de datagramas de usuario), TCP (protocolo de control de transmisión) /IP (protocolo de Internet), etc. Sin embargo, este concepto crea nuevos problemas relacionados con la sincronización de flujos de datos de eventos en la red. Sin contramedidas adecuadas, los flujos individuales de datos de evento y/o de sensor en la red no se sincronizan en el tiempo entre sí, lo que significa que eventos individuales pueden llegar a un detector de eventos fuera de su orden temporal original y, por lo tanto, generar faltos resultados detectados.

A continuación se describe un escenario a modo de ejemplo de un partido de fútbol, donde se supone que una pluralidad de detectores de eventos que funcionan automáticamente en paralelo detectan que un jugador A pasa la pelota a un jugador B. Para detectar dicho evento de "pase", se necesita la siguiente secuencia de eventos
 45 anteriores:

1. "El jugador A está en posesión de la pelota".
2. "El jugador A da una patada a la pelota".
3. "La pelota es propulsada por el jugador A".
4. "La pelota se acerca al jugador B".
5. "El jugador B recibe la pelota".

La detección de eventos para el evento "el jugador X da una patada a la pelota" puede basarse en la secuencia de eventos "el jugador X está cerca de la pelota" y en un pico de aceleración detectado de la pelota. Estas son las alternativas para configurar un detector de eventos automatizado para dicho evento "el jugador X da una patada a la
 55 pelota": Podemos esperar eventos individuales requeridos, uno detrás de otro. Si hemos visto todos los eventos requeridos en el orden (temporal) correcto (en este caso se descartan criterios de interrupción en aras de la simplicidad), podemos decir que hemos visto o experimentado un pase. Sin embargo, en aplicaciones complejas la detección de todos los eventos requeridos no tiene lugar necesariamente en un único nodo de red o una CPU (unidad central de procesamiento) debido a la paralelización de los detectores de eventos. Por este motivo, no se garantiza necesariamente que los eventos individuales requeridos lleguen al detector de eventos en el orden correcto requerido. Esto puede deberse, por ejemplo, a fluctuaciones de la red, a una carga variable de la CPU o a una mayor carga en la red.

Por tanto, los eventos podrían almacenarse en una memoria intermedia y después podrían realizarse búsquedas en tal memoria para obtener el patrón de eventos correcto. Pero, ¿qué tamaño de memoria debería usarse? Si, por ejemplo, un pase tiene que producirse en menos de 5 segundos, entonces habría que tener en cuenta eventos

- dentro de un periodo máximo de tiempo de 5 segundos después del primer evento relevante hasta que se haya detectado el pase o hasta que interrumamos la acción. Sin embargo, también puede suceder que el último evento relevante sea computacionalmente muy complejo, lo que requiere una pequeña memoria intermedia adicional. Pero, ¿cuál es el tamaño de esta memoria intermedia adicional? ¿Y qué relación tiene el tamaño de la memoria intermedia con los detectores de eventos complejos que necesitan el evento de “pase” como un evento de entrada? Los retardos de señalización de eventos dependen de una configuración global de sistema/red final, es decir, de la distribución de los detectores de eventos, así como de la carga de la red y de la CPU. Durante el tiempo de compilación no puede predecirse la configuración de sistema final ni el escenario de carga.
- 10 La mayoría de sistemas de detección de eventos existentes no tienen en cuenta los problemas antes mencionados relacionados con el retardo de la señalización de eventos ya que, en muchos casos, los retardos de propagación o de procesamiento de eventos no son relevantes. Sin embargo, esto no es el caso particular de sistemas de detección de eventos en tiempo real altamente complejos, por ejemplo en escenarios financieros o de seguimiento de la posición. Por ejemplo, el documento US 2005/0125150 A1 describe un centro de control de tiempo real crítico (HRTCC), que comprende hardware, software y firmware, con metodologías de sincronización de tiempo y de compensación de retardos de tiempo, que permite conectar entre sí hardware de aplicación y/o dispositivos de entrada de usuario en cualquier red de comunicaciones como si hubiera retardos de red insignificantes en el sistema. El documento EP 2 301 635 A1 se refiere a un procedimiento de igualación de retardos de red para igualar una transferencia de paquetes de datos asociados a al menos un servicio proporcionado por al menos un servidor de aplicaciones a al menos dos clientes de aplicaciones, un controlador de latencia correspondiente, así como un igualador de latencia correspondiente. El documento US 2007/0070914 A1 proporciona un concepto para igualar la latencia entre un grupo de conexiones que están usándose por la misma aplicación sensible a la latencia, por ejemplo para un juego en red con múltiples jugadores.
- 25 El siguiente ejemplo relacionado con el fútbol ejemplifica el problema del retardo de los eventos en función de un escenario de detección de eventos de “fuera de juego” requerido con frecuencia, el cual se ilustra de manera esquemática en la Fig. 1.
- 30 El jugador 100 pasa la pelota 110 a su compañero de equipo 120. Durante el tiempo efectivo (real) del pase, es decir, el tiempo en que la pelota 110 experimenta un cambio o pico de aceleración (véase la parte izquierda de la Fig. 1), el jugador 120 está situado en la posición de fuera de juego por solo algunos centímetros. Por tanto, la jugada debería interrumpirse.
- 35 Sin embargo, para poder distinguir entre un pase directo o un regate del primer jugador 100, el pase desde el primer jugador 100 hasta el segundo jugador 120 solo puede detectarse cuando la pelota 120 es lanzada realmente desde el primer jugador 100. Debido a la velocidad de datos limitada de los datos de sensor, esta determinación puede tardar en realizarse un tiempo “natural” adicional de al menos algunos milisegundos. Sin embargo, tras este retardo natural, el segundo jugador 120 puede no estar ya en la posición de fuera de juego (véase la parte derecha de la Fig. 1).
- 40 En este caso, tener en cuenta solamente el orden temporal de los eventos implicados generados automáticamente no basta para tomar la decisión de fuera de juego. Además, tienen que clasificarse. No solo es importante el tiempo de cálculo o el retardo de propagación de la red, sino que también hay que tener en cuenta variaciones causales en tiempo real. La indicación de tiempo del evento de pase detectado tiene que reajustarse al pasado, es decir, al momento en que la pelota experimenta un pico de aceleración.
- 45 Debido a la importancia del orden temporal de los eventos para decisiones o eventos de seguimiento correctos, es deseable garantizar el orden temporal original de los eventos que van a procesarse por un detector de eventos.
- 50 Resumen
- Las formas de realización de la presente invención pueden basarse en el hecho de que la recuperación del orden temporal original de eventos que llegan a un detector de eventos a través de diferentes rutas de red y que, por tanto, experimentan diferentes retardos de procesamiento y/o de propagación, puede conseguirse retardando los eventos de manera apropiada antes de reenviarlos o retransmitirlos a un detector de eventos subsiguiente. El momento en que un evento se retransmite al detector de eventos subsiguiente puede basarse en la indicación de tiempo original del evento respectivo y en los retardos de procesamiento y/o de propagación de todos los eventos de entrada requeridos por el detector de eventos subsiguiente para determinar su evento de salida.
- 60 Para ello, las formas de realización de la presente invención proporcionan un aparato para sincronizar un primer evento con un segundo evento. El primer evento tiene asociado al mismo un primer valor de temporización de evento según una señal de reloj común, mientras que el segundo evento tiene asociado al mismo un segundo valor de temporización de evento según la señal de reloj común. El primer y el segundo evento experimentan retardos diferentes, respectivamente, mientras se transmiten a través de diferentes rutas de un sistema informático distribuido. Un detector de eventos determinará al menos un evento de salida basándose en el primer y el segundo evento. Según las formas de realización, el aparato de sincronización comprende un compensador de retardos
- 65

asociado al detector de eventos, donde el compensador de retardos comprende una entrada para recibir el primer y el segundo evento y una salida para reenviar al detector de eventos asociado versiones retransmitidas del primer y del segundo evento recibidos. El compensador de retardos puede hacerse funcionar para retransmitir o reenviar el primer y el segundo evento al detector de eventos asociado en función de los retardos experimentados y en función de los valores de temporización asociados del primer y el segundo evento, que también pueden denominarse indicaciones de tiempo de evento que reflejan el tiempo de aparición de evento original, respectivamente.

El aparato para llevar a cabo la sincronización, que también puede denominarse aparato de sincronización, puede implementarse en un nodo del sistema informático distribuido, que puede ser una red de ordenadores distribuida, así como un procesador de varios núcleos, por ejemplo. En el caso de una red de ordenadores, un nodo, es decir, un nodo de red, puede ser un ordenador o una unidad de procesamiento (por ejemplo, una CPU) del mismo que se comunica con otros nodos a través de Ethernet, por ejemplo. Además, el aparato de sincronización está asociado al detector de eventos, que puede ejecutarse o implementarse preferiblemente en el mismo nodo de hardware. Por tanto, el aparato de sincronización también puede considerarse como un planificador para reenviar eventos entrantes al detector de eventos asociado en el orden correcto. Todos los nodos de sistema o de red y/o los detectores de eventos que están ejecutándose en nodos del sistema informático distribuido tienen una base de tiempo común que puede obtenerse a partir de la señal de reloj común. Los tiempos de aparición o de detección de eventos, es decir, los valores de temporización de evento o las indicaciones de tiempo correspondientes, se obtienen a partir de la señal de reloj común, que es válida para todos los nodos del sistema informático distribuido.

Un evento puede ser un evento primitivo, que solo está basado en o se obtiene a partir de datos de sensor (no procesados), o un evento compuesto, que está basado en eventos primitivos. Por lo tanto, los datos de sensor pueden obtenerse de una red de sensores acoplada al sistema distribuido, donde la red de sensores puede ser, en particular, una red o sistema inalámbricos de seguimiento de ubicación, según algunas formas de realización. En este caso, los datos de sensor pueden contener datos cinemáticos, comprendiendo los datos cinemáticos muestras de datos de ubicación geográfica, muestras de datos de velocidad y/o muestras de datos de aceleración, donde las muestras de datos individuales corresponden a intervalos de tiempo de muestra predefinidos, respectivamente. Por tanto, según algunas formas de realización, el primer y el segundo evento pueden basarse en flujos de datos de sensor paralelos que proceden de un sistema de localización geográfica. Además, el primer y el segundo evento pueden haberse producido o detectado originalmente en diferentes nodos informáticos del sistema informático distribuido, de modo que tienen que transmitirse a través de diferentes rutas de sistema para llegar al nodo del compensador de retardos, que es el nodo informático en el que se ejecuta o está implementado el compensador de retardos.

Según algunas formas de realización, el compensador de retardos puede comprender una memoria intermedia para almacenar y retardar al menos uno del primer y el segundo evento antes de retransmitirlo o reenviarlo a su detector de eventos asociado para un procesamiento adicional. En caso de que el primer y el segundo evento lleguen a la entrada del compensador de retardos en un orden de recepción temporal que no se corresponde con el orden de aparición o detección temporal original del primer y del segundo evento, que puede obtenerse a partir de sus indicaciones de tiempo de evento originales asociadas, el compensador de retardos puede hacerse funcionar para retransmitir el primer y el segundo evento al detector de eventos asociado de modo que el orden temporal del primer y del segundo evento retransmitido corresponda a su orden de aparición temporal original. Por lo tanto, el orden de aparición temporal original se refiere al orden en que el primer y el segundo evento se produjeron o detectaron originalmente antes de llegar al compensador de retardos del aparato de sincronización.

Para restaurar o recuperar el orden temporal original del primer y del segundo evento, que pueden haber llegado desordenados a la entrada del compensador de retardos, el compensador de retardos puede hacerse funcionar para retransmitir el primer y el segundo evento, respectivamente, de modo que una diferencia de tiempo relativa entre las versiones retransmitidas del primer y del segundo evento recibidos corresponde a una diferencia de tiempo relativa original entre el primer y el segundo evento. Esto puede conseguirse determinando instancias de tiempo de salida para retransmitir o reenviar el primer y el segundo evento al detector de eventos asociado en función del primer y del segundo valor de temporización de evento originales, es decir, en función de la primera y la segunda indicación de tiempo de evento originales, y un valor de retardo común mediante el cual se retardan todos los eventos para un detector de eventos subsiguiente asociado.

Con el fin de garantizar un valor de retardo común mínimo requerido, es decir, para permitir una retransmisión posiblemente rápida de los (al menos) dos eventos, el compensador de retardos puede hacerse funcionar para determinar un tiempo de salida para retransmitir el primer y el segundo evento al detector de eventos asociado en función del primer y el segundo valor de temporización de evento y en función de un retardo máximo del primer y el segundo evento. Por lo tanto, el retardo de un evento puede deberse a varias razones. Por ejemplo, el retardo de un evento en el sistema informático distribuido puede deberse a diferentes condiciones de fluctuación en diferentes rutas de red, o a diferentes duraciones de procesamiento y/o diferentes latencias de red. Dicho de otro modo, el orden de recepción del primer y del segundo evento en la entrada del compensador de retardos puede ser diferente de un orden de aparición original del primer y del segundo evento debido a diferentes condiciones de fluctuación, diferentes duraciones de procesamiento y/o diferentes latencias de red.

Según algunas formas de realización de la presente invención, el compensador de retardos puede hacerse funcionar para medir o determinar los retardos de evento del primer y del segundo evento, respectivamente, en función del tiempo de recepción del primer y del segundo evento en el compensador de retardos y en función de sus valores de temporización de evento asociados respectivos que reflejan las apariciones de los eventos. Cuando se denota un retardo de propagación o de señalización de un evento e_i ($i = 1, 2, \dots$) desde su tiempo de aparición o de detección t_{event,e_i} ($i = 1, 2, \dots$) hasta la entrada del compensador de retardos mediante $\Delta(\cdot)$, el compensador de retardos puede hacerse funcionar, según algunas formas de realización, para determinar instancias de tiempo de salida t_{out,e_i} ($i = 1, 2, \dots$) para retransmitir el primer y el segundo evento hasta el detector de eventos subsiguiente en función de:

$$t_{\text{out},e_1,e_2} = t_{\text{event},e_1,e_2} + \max(\Delta(e_1), \Delta(e_2)). \quad (1)$$

donde $\max(\cdot)$ denota el operador máximo. Es decir, el compensador de retardos puede hacerse funcionar para determinar un valor de retardo máximo tomado del conjunto de retardos de evento asociado al primer y al segundo evento. Evidentemente, en caso de que haya más de dos eventos a retransmitir mediante las formas de realización del compensador de retardos, el compensador de retardos puede determinar el valor de retardo común tomando el valor de retardo máximo del conjunto de retardos de evento asociado a los más de dos eventos.

En un sistema informático distribuido dinámico con una situación variable de carga del sistema, capacidades de procesamiento variables en nodos individuales y rutas de red que posiblemente varían de manera dinámica, los retardos de propagación o de procesamiento del primer y del segundo evento que llegan al compensador de retardos también cambiarán en el tiempo en lugar de ser estáticos. Las formas de realización de la presente invención pueden adaptarse para tener esto en cuenta. Por tanto, el compensador de retardos puede adaptarse o hacerse funcionar para determinar un retardo de evento $\Delta(e_j)$ de un evento j en función de un retardo de evento actual y de una pluralidad de retardos de evento medidos o determinados anteriormente. Por lo tanto, los retardos de evento más recientes pueden ponderarse más que sus retardos de evento anteriores. En una forma de realización específica, el compensador de retardos puede adaptarse para determinar el retardo de evento $\Delta(e_j)$ del evento j en función de:

$$\Delta(e_j) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \left(\Delta e_j(i) \frac{1}{2^{i-1}} \right) + \theta \cdot \sigma(e_j), \quad (2)$$

donde k denota un conjunto de k retardos de evento ya determinados, $\Delta e_j(i)$ denota el i -ésimo retardo determinado de evento e_j , donde $i = 1$ corresponde al último retardo determinado, $\sigma(e_j)$ denota la desviación estándar de los últimos retardos determinados $\Delta(e_j)$, y donde θ denota un factor de seguridad. En algunas formas de realización, el factor θ también puede fijarse a cero para un cálculo más sencillo y menos complejo del retardo de evento $\Delta(e_j)$ del evento j . Los sumandos individuales de la ecuación 2 se ponderan según una fila geométrica. El factor $\frac{1}{2}$ sirve como un factor de normalización, ya que la fila geométrica converge hacia 2 para una " k " suficientemente grande. El término $\theta \cdot \sigma(e_j)$ puede servir como un regulador de seguridad, que tiene en cuenta la desviación estándar de los últimos valores medidos. Por ejemplo, si $\theta = 3$, puede ofrecer una seguridad del 99,975%, por ejemplo. De este modo, una seguridad del 99,975% significa que un retardo calculado o predicho según la ecuación (2) no es inferior a un retardo de red real correspondiente con una probabilidad del 99,975%. El regulador de seguridad $\theta \cdot \sigma(e_j)$ puede adaptar la estabilidad de la red con respecto a variaciones de retardo, por ejemplo.

Un aparato de sincronización y, por tanto, el compensador de retardos pueden implementarse preferiblemente en el mismo nodo (por ejemplo, nodo de red, núcleo de procesador, etc.) del sistema informático distribuido que el detector de eventos asociado para no introducir más retardos de señal diferentes e impredecibles para el primer y el segundo evento retransmitido o reenviado. Por lo tanto, el compensador de retardos y/o el detector de eventos asociado pueden implementarse en hardware, por ejemplo en forma de ASIC (circuito integrado de aplicación específica), o en software, por ejemplo mediante una instancia de un programa de ordenador que está ejecutándose en el nodo informático como un proceso. Un proceso comprende código de programa y su actividad actual. Dependiendo del sistema operativo (OS), un proceso puede estar formado por múltiples hilos de ejecución que ejecutan instrucciones de manera concurrente. Por ejemplo, el compensador de retardos puede implementarse como un componente de software o middleware que conecta el detector de eventos asociado a los eventos, que se distribuyen entre diferentes nodos de red de la red o sistema distribuido.

El compensador de retardos recibe señales de evento destinadas al detector de eventos. Los eventos recibidos pueden suministrarse al compensador de retardos fuera de su orden temporal original, ya que los eventos que se transmiten en diferentes rutas a través del sistema informático distribuido pueden experimentar diferentes retardos. Por ejemplo, aunque un primer evento se produjo originalmente antes de un segundo evento, el primer evento puede llegar al compensador de retardos después del segundo evento debido a un mayor retardo de propagación, por ejemplo. Como se ha descrito anteriormente, el compensador de retardos puede determinar los retardos de los eventos basándose en sus indicaciones de tiempo de aparición y en su tiempo de recepción en el compensador de retardos. Un valor de retardo máximo puede determinarse en función de los retardos de todos los eventos de interés. Con el fin de recuperar el orden temporal original de los eventos y, al mismo tiempo, introducir solamente el retardo

común más pequeño posible, cada evento de interés se reenvía al detector de eventos asociado en una instancia de tiempo de salida que se determina en función de la indicación de tiempo de aparición del evento más el valor de retardo máximo de todos los eventos de interés. Dado un flujo de eventos para el detector de eventos, comprendiendo el flujo de eventos el primer o el segundo evento, el compensador de retardos puede estar dispuesto aguas arriba (es decir, antes) del detector de eventos asociado con el fin de poder almacenar el evento de interés para su detector de eventos asociado. De manera correspondiente, el detector de eventos puede estar dispuesto aguas abajo (es decir, después) de su compensador de retardos asociado.

Según un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un sistema informático distribuido para determinar eventos en función de al menos un flujo de datos de sensor (no procesados). El sistema informático distribuido proporcionado, que puede ser una red de ordenadores, comprende una pluralidad de nodos distribuidos, donde cada uno de la pluralidad de nodos distribuidos comprende un detector de eventos y un aparato de sincronización asociado según las formas de realización de la presente invención.

En algunas formas de realización, el sistema informático distribuido puede estar acoplado a un sistema de localización para localizar y/o realizar un seguimiento de objetos en un área geográfica predefinida, donde el sistema de localización proporcionar el al menos un flujo de datos de sensor al sistema informático distribuido, transportando el flujo de datos de sensor datos que indican las posiciones geográficas de los objetos localizados. El sistema de localización puede estar basado en una red de sensores inalámbricos, la cual se ha descrito en la introducción de esta memoria descriptiva.

Para detectar eventos, tales como eventos primitivos y/o compuestos, varios detectores de eventos se ejecutan en diferentes nodos del sistema informático distribuido. Tales detectores de eventos puede generar diferente carga en sus respectivos nodos y/o en todo el sistema informático distribuido, dependiendo del estado del sistema y/o dependiendo de la complejidad de los detectores de eventos o de los datos de sensor que van a analizarse. Por tanto, en un escenario de premisas o condiciones variables de una configuración de sistema original, una distribución original de los detectores de eventos en los diversos nodos de red puede no ser del todo óptima en lo que respecta a la distribución equitativa de la carga o incluso puede hacer que el sistema informático distribuido se bloquee.

Tales desequilibrios de carga no deseados pueden detectarse, por ejemplo, por las formas de realización del aparato de sincronización o por su compensador de retardos. Si al menos un retardo de evento llegar a ser un retardo prohibitivamente alto, esto puede indicar que un proceso de detector de eventos de origen, a partir del cual los eventos correspondientes llegan al compensador de retardos, está sobrecargado o experimenta algún otro problema. En tal escenario puede ser deseable transferir o llevar el proceso de detector de eventos de origen malicioso a alguna otra fuente de hardware del sistema informático distribuido. Por ejemplo, el proceso de detector de eventos malicioso puede transferirse desde su nodo actual a otro nodo físicamente separado y diferente del sistema informático distribuido que tenga más recursos de hardware disponibles.

Con este fin, según un aspecto adicional de la presente invención, también se proporciona un aparato para transferir un primer proceso de detector de eventos de un primer nodo de un sistema informático distribuido a un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo del sistema informático distribuido, siendo el segundo nodo diferente del primer nodo. El aparato de transferencia comprende medios para copiar un contenido de proceso del primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos. Además, el aparato comprende medios para coordinar eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos de manera que los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos se procesan en paralelo tanto en el primer como en el segundo proceso de detector de eventos. Se proporcionan además medios para verificar si los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, que se procesan en paralelo tanto en el primer como en el segundo proceso de detector de eventos, generan eventos de salida idénticos tanto en el primer como en el segundo proceso de detector de eventos.

Según algunas formas de realización, los medios de verificación pueden hacerse funcionar para interrumpir el primer proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida del primer y del segundo proceso de detector de eventos sean idénticos, o para interrumpir el segundo proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida del primer y del segundo proceso de detector de eventos no sean idénticos.

Según otro aspecto adicional de la presente invención, el aparato para transferir el primer proceso de detector de eventos puede estar integrado en un sistema informático distribuido, preferiblemente, aunque no exclusivamente, en combinación con el aparato para sincronizar el primer y el segundo evento. Por tanto, un sistema informático distribuido de este tipo puede comprender una pluralidad de nodos distribuidos, donde cada uno de la pluralidad de nodos distribuidos comprende un aparato de sincronización según las formas de realización de la presente invención y un aparato para transferir un primer proceso de detector de eventos de un primer nodo del sistema informático distribuido a un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo del sistema informático distribuido, donde el aparato de transferencia comprende las características antes mencionadas.

De este modo, el aparato de sincronización de eventos y el aparato de transferencia de procesos de detector de eventos pueden cooperar sinérgicamente de la manera descrita. Es decir, el aparato de sincronización puede detectar retardos y, por tanto, anomalías de carga en el sistema informático distribuido, mientras que el aparato de transferencia puede transferir procesos de detector de eventos con el fin de equilibrar mejor la distribución de los detectores de eventos, dando lugar a retardos globales más pequeños y cargas más bajas. La distribución de los detectores de eventos puede realizarse según varios criterios de distribución de procesos de detector de eventos. Según diferentes aspectos de la presente invención, el criterio óptimo de distribución de procesos de detector de eventos puede dar lugar a un retardo global mínimo de todos los eventos en el sistema informático distribuido, un número mínimo de suscripciones de evento seguras en el sistema informático distribuido, una variación mínima de la carga de un nodo dado del sistema informático distribuido o una carga mínima global del sistema informático distribuido. Por tanto, un detector de eventos o un planificador de eventos asociado puede suscribirse a eventos requeridos por el detector de eventos. Si determinados eventos son realmente imprescindibles para el detector de eventos, puede "suscribirse de manera segura" a dichos eventos. En este caso, los eventos en cuestión se transfieren al detector/planificador de eventos a través de conceptos de transmisión de errores controlados (por ejemplo, solicitud de repetición automática (ARQ)).

Otros aspectos adicionales de la presente invención proporcionan además un procedimiento para sincronizar un primer evento, que tiene asociado al mismo un primer valor de temporización de evento (original) según una señal de reloj común, y un segundo evento, que tiene asociado al mismo un segundo valor de temporización de evento (original) según la señal de reloj común, donde el primer y el segundo evento experimentan diferentes retardos cuando se transmiten a través de diferentes rutas de un sistema informático distribuido. El procedimiento comprende una etapa de retransmitir, en un compensador de retardos, el primer evento y el segundo evento a un detector de eventos asociado, donde el primer y el segundo evento se retransmiten al detector de eventos en función de los retardos experimentados y en función del primer y del segundo valor de temporización de evento (originales) asociados. El procedimiento de sincronización comprende además una etapa de detectar, en el detector de eventos asociado al compensador de retardos, al menos un evento de salida en función del primer y el segundo evento de entrada retransmitidos.

Algunas formas de realización comprenden un circuito de control digital instalado en un aparato para llevar a cabo el procedimiento para sincronizar el primer evento y el segundo evento. Un circuito de control digital de este tipo, por ejemplo un procesador de señales digitales (DSP), necesita programarse en consecuencia. Por tanto, otras formas de realización adicionales proporcionan además un programa informático que presenta un código de programa para llevar a cabo las formas de realización del procedimiento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador o un procesador digital.

Un beneficio de las formas de realización de la presente invención es que los eventos pueden reconocerse/detectarse y reenviarse a detectores de eventos subsiguientes solamente con un retardo mínimo. Las formas de realización de la presente invención pueden implementarse de manera que reenviar eventos con menos retardo no sea fácilmente posible sin correr el riesgo de una detección de eventos subsiguiente errónea. Además, gracias a las formas de realización de la presente invención, los desarrolladores de detectores de eventos no necesitan tener ningún conocimiento especial acerca de retardos de evento particulares, ya que las formas de realización del sistema distribuido pueden medir y administrar esos retardos de evento automáticamente.

Otro beneficio está relacionado con la propia organización de un sistema informático distribuido según las formas de realización de la presente invención. Un sistema informático distribuido de este tipo puede reaccionar ante condiciones de sistema variables transfiriendo los procesos de detector de eventos entre los nodos de red, de manera que el sistema o red distribuidos siempre puede llevar a cabo un procesamiento de señales de eventos robusto y eficaz.

50 Breve descripción de las figuras

A continuación se describirán algunas formas de realización de aparatos y/o procedimientos, solamente a modo de ejemplo, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

- 55 la Fig. 1 ilustra un escenario de detección de un evento de fuera de juego específico de un partido de fútbol;
- la Fig. 2 muestra esquemáticamente un diagrama de bloques de un aparato para sincronizar un primer evento con un segundo evento, según una forma de realización de la presente invención;
- la Fig. 3 muestra esquemáticamente una forma de realización de la presente invención, donde el aparato para sincronizar el primer evento con el segundo evento está implementado como middleware entre una red distribuida y un software de detector de eventos asociado;
- 60 la Fig. 4 muestra una tabla de tiempos de cuatro eventos A, B, C y D requeridos por un detector de eventos;
- la Fig. 5 ilustra esquemáticamente una planificación de eventos según una forma de realización de la presente invención;
- 65 la Fig. 6 muestra esquemáticamente un diagrama de flujo de un procedimiento a modo de ejemplo para sincronizar un primer evento con un segundo evento;

la Fig. 7 muestra una forma de realización de un sistema informático distribuido para determinar eventos en función de al menos un flujo de datos de sensor, donde el sistema informático distribuido comprende una pluralidad de nodos informáticos distribuidos, donde cada uno de la pluralidad de nodos informáticos distribuidos comprende una forma de realización de un aparato de sincronización de eventos;

la Fig. 8 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un aparato para transferir un primer proceso de detector de eventos de un primer nodo de un sistema informático distribuido a un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo del sistema informático distribuido; y

la Fig. 9 ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo de una forma de realización de un procedimiento para transferir un primer proceso de detector de eventos de un primer nodo de un sistema informático distribuido a un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo del sistema informático distribuido.

Descripción de las formas de realización

A continuación se describirán en mayor detalle varias formas de realización de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se ilustran algunas formas de realización de ejemplo. En las figuras, los grosores de las capas y/o de las regiones pueden haberse exagerado para ofrecer una mayor claridad.

Por consiguiente, aunque las formas de realización de ejemplo son susceptibles a varias modificaciones y formas alternativas, las formas de realización de la invención se muestran a modo de ejemplo en las figuras y se describirán en detalle en el presente documento. Sin embargo, debe entenderse que no se pretende limitar las formas de realización de ejemplo a las formas particulares dadas a conocer, sino que, por el contrario, las formas de realización de ejemplo abarcan todas las modificaciones, equivalencias y alternativas que están dentro del alcance de la invención. Números idénticos hacen referencia a elementos idénticos o similares a lo largo de la descripción de las figuras.

Debe entenderse que cuando se dice que un elemento está “conectado” o “acoplado” a otro elemento, puede estar directamente conectado o acoplado al otro elemento o puede haber elementos intermedios. Por el contrario, cuando se dice que un elemento está “directamente conectado” o “directamente acoplado” a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Otras expresiones que describen la relación entre elementos deben interpretarse de manera similar (por ejemplo, “entre” y “directamente entre”, “adyacente” y “directamente adyacente”, etc.).

La terminología usada en el presente documento solo tiene como objetivo describir formas de realización particulares y no pretende limitar las formas de realización de ejemplo. Tal y como se usa en el presente documento, las formas en singular “un”, “una”, “el” y “la” también incluyen las formas en plural, a no ser que el contexto indique claramente lo contrario. Debe apreciarse además que los términos “comprende”, “que comprende”, “incluye” y/o “que incluye”, cuando se usan en el presente documento, especifican la presencia de características, enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes especificados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos diferentes de los mismos.

A menos que se definan de otra manera, todos los términos (incluyendo términos técnicos y científicos) usados en el presente documento tienen el mismo significado que el conocido habitualmente por los expertos en la técnica, a los que pertenecen las formas de realización de ejemplo. Debe entenderse además que los términos, por ejemplo los definidos en diccionarios usados habitualmente, tienen un significado que es coherente con su significado en el contexto de la técnica pertinente y no deben interpretarse en un sentido idealizado o demasiado formal a no ser que se definan así expresamente en el presente documento.

La Fig. 2 ilustra esquemáticamente una forma de realización de un aparato 200 para sincronizar un primer evento 202 con un segundo evento 204.

El primer evento 202 tiene asociado al mismo un primer valor de temporización de evento original o indicación de tiempo según una señal de referencia de reloj común. El segundo evento 204 también tiene asociado al mismo un segundo valor de temporización de evento original o indicación de tiempo según la señal de reloj común. El primer y el segundo valor de temporización de evento originales representan un instante de tiempo de aparición de evento original. La señal de reloj común proporciona un tiempo de sistema global, que es válido para todos los diferentes nodos de un sistema informático distribuido. Antes de llegar al aparato 200 de sincronización de eventos, el primer y el segundo evento 202, 204 pueden experimentar diferentes retardos cuando se transmiten a través de diferentes rutas o trayectorias del sistema informático distribuido (no mostrado en la Fig. 2). En función de los dos eventos 202, 204, al menos un evento de salida 206 puede determinarse por un detector de eventos 208, que puede estar dispuesto después de (detrás de) o aguas abajo del aparato 200 de sincronización de eventos 202, 204.

El aparato de sincronización 200, que también puede considerarse un planificador de eventos para el detector de eventos 208 en algunas formas de realización, comprende un compensador de retardos 210, también denominado medio de compensación de retardos, que está asociado o relacionado con el detector de eventos subsiguiente 208. El compensador de retardos 210 tiene entradas 212-1, 212-2 para recibir el primer y el segundo evento 202, 204 desde la red distribuida. Además, el compensador de retardos tiene salidas 214-1, 214-2 para retransmitir o reenviar

versiones retransmitidas del primer y del segundo evento recibidos 202, 204 al detector de eventos asociado 208, que puede estar dispuesto después de o aguas abajo del compensador de retardos 210. El compensador de retardos 210 puede hacerse funcionar para retransmitir el primer y el segundo evento 202, 204 al detector de eventos asociado 208 en función de los retardos experimentados de los eventos 202, 204 y en función del primer y del segundo valor de temporización de evento originales asociados o indicaciones de tiempo relacionadas con los dos eventos 202, 204.

En la Fig. 3 se ilustra esquemáticamente una configuración a modo de ejemplo de un sistema informático distribuido 300 (en forma de red), varios detectores de eventos 208 y una forma de realización de un aparato 200 para sincronizar una pluralidad de eventos.

La Fig. 3 ilustra de manera esquemática una red distribuida 300 desde la cual eventos 302 y datos de sensor no procesados 304 llegan al aparato de sincronización 200, designado a modo de ejemplo como "núcleo de eventos" en la Fig. 3. El aparato de sincronización 200 puede actuar como un planificador de eventos, por un lado, al recibir eventos 302 y/o datos de sensor no procesados 304 desde la red subyacente 300 y, por otro lado, al reenviarlos a una pluralidad de detectores de eventos 208 acoplados al aparato de sincronización 200 en determinadas instancias de tiempo de retransmisión o de salida requeridas. El aparato de sincronización 200 está adaptado para sincronizar diferentes eventos 302 y/o datos de sensor 304, que son requeridos por los detectores de eventos subsiguientes 208. De este modo, el aparato de sincronización 200 puede implementarse de manera distribuida, de modo que pueda sincronizar individualmente eventos 302 o 304 requeridos por cada uno de los detectores de eventos subsiguientes 208. Es decir, el aparato de núcleo de eventos 200 puede comprender una pluralidad de compensadores de retardos 210 o instancias de los mismos, donde cada uno de la pluralidad de compensadores de retardos 210 está asociado a uno de la pluralidad de detectores de eventos subsiguientes 208. Por lo tanto, una instancia de compensador de retardos 210 y un detector de eventos asociado 208 pueden implementarse preferiblemente en un nodo de red común. Según algunas formas de realización, el aparato de sincronización 200 y sus instancias de compensador de retardos 210 pueden implementarse como middleware entre la red 300 y los detectores de eventos 208.

Una señal de reloj común 306 se proporciona al aparato de sincronización 200 o a las diferentes instancias del mismo, permitiendo así la sincronización temporal de todas las instancias de compensador de retardos y/o de detector de eventos 210, 208 de la arquitectura de sistema distribuido ilustrada en la Fig. 3. Por tanto, cada compensador de retardos 210 tiene acceso a la misma base de tiempo común. Dicho de otro modo, todas las instancias (distribuidas) del aparato de sincronización o del compensador de retardos 200, 210 pueden obtener la misma indicación de tiempo de sistema en cualquier tiempo dado. En caso de que una instancia de compensador de retardos 210 reciba un evento 302 o 304, puede almacenar dicho evento para una instancia de detector de eventos subsiguiente asociado 208 durante una cantidad de tiempo requerida, lo que corresponde a una probabilidad suficientemente alta de que no se reciba ningún otro evento requerido por la instancia de detector de eventos 208 que transporte una indicación de tiempo más temprana.

En el siguiente ejemplo se ofrecen más detalles: un detector de eventos arbitrario 208 requiere eventos de entrada A, B, C y D para poder determinar o detectar correctamente un evento de salida compuesto E en función de dichos eventos de entrada. Puesto que cada instancia de red está sincronizada mediante la señal de reloj común global 306, es posible asociar un tiempo de detección a cada evento (véase la Fig. 4, columna central). Por lo tanto, un instante de tiempo de detección de un evento es necesariamente posterior al instante de tiempo de aparición real del evento (véase la Fig. 4, columna izquierda) debido a una velocidad de procesamiento limitada.

En este ejemplo, el tiempo de aparición $t_{event,A}$ del evento A es 10; sin embargo, solo es detectado por un detector de eventos en tiempo de detección $t_{detection,A} = 14$. El detector de eventos subsiguiente para detectar el evento compuesto E recibe el evento requerido A en el tiempo de recepción $t_{ED,A} = 16$. Asimismo, el evento B se produce realmente en $t_{event,B} = 12$ y es detectado por algún detector de eventos en $t_{detection,B} = 13$. El detector de eventos compuestos subsiguiente para detectar el evento compuesto E obtiene el evento B en el instante de tiempo $t_{ED,A} = 15$. Es decir, el detector de eventos compuestos para el evento E recibe el evento B antes de recibir el evento A que, sin embargo, sucedió realmente antes que el evento B. Debido a los retardos de procesamiento y de propagación de red, el evento C, que se produce realmente después del evento A, también se recibe antes en el detector de eventos compuestos subsiguiente.

A partir de este ejemplo, sin usar formas de realización de la presente invención, puede observarse que el detector de eventos compuestos subsiguiente para el evento E recibe los eventos requeridos A, B, C y D en un orden temporal (véase la Fig. 4, columna más a la derecha) que es diferente del orden causal o temporal original (véase la Fig. 4, columna más a la izquierda) de dichos eventos. Por tanto, las formas de realización de la presente invención tienen que ordenar los eventos requeridos A, B, C y D de manera apropiada para obtener un orden temporal que corresponda al orden temporal original antes de reenviar los eventos requeridos A, B, C y D al detector de eventos compuestos subsiguiente. Con este fin, una instancia del aparato de sincronización 200 puede implementarse en cada nodo de red junto con un detector de eventos asociado 208.

Según las formas de realización, un compensador de retardos 210 del aparato de sincronización (posiblemente distribuido) 200 puede hacerse funcionar para retransmitir la pluralidad de eventos requeridos a un detector de eventos asociado de manera que un orden temporal de las versiones retransmitidas de los eventos requeridos A, B, C y D, que se han recibido en el compensador de retardos 210, corresponda al orden temporal original de la pluralidad de eventos requeridos A, B, C y D. Con este fin, el compensador de retardos 210 puede retransmitir cada uno de la pluralidad de eventos A, B, C y D de modo que una diferencia de tiempo relativa entre eventos retransmitidos individuales corresponda a una diferencia de tiempo relativa original entre los eventos individuales A, B, C y D, respectivamente. Para obtener el orden de eventos temporal original, el compensador de retardos 210 puede determinar instancias de tiempo de salida para cada uno de la pluralidad de eventos A, B, C y D. Por lo tanto, un evento se retransmite al detector de eventos asociado 210 en su instancia de tiempo de salida correspondiente. Las instancias de tiempo de salida de los eventos pueden determinarse en función de un valor de retardo común y de las instancias de tiempo de aparición originales de los eventos A, B, C y D.

Tomando el ejemplo anterior, las instancias del aparato de sincronización 200 y, por tanto, las instancias del compensador de retardos 210 comprendidas en las mismas, pueden medir o determinar los siguientes retardos de evento basándose en sus respectivos tiempos de recepción y en sus respectivos valores de temporización de evento originales asociados que reflejan su aparición real:

Evento A:	16 - 10 = 6
Evento B:	15 - 12 = 3
Evento C:	15 - 14 = 1
Evento D:	18 - 15 = 3

Evidentemente, la recepción del evento A en el compensador de retardos 210 tarda mucho más en comparación con los otros eventos B, C y D requeridos por el detector de eventos compuesto subsiguiente. Esto puede deberse, por ejemplo, a la detección del evento A en un nodo informático bastante remoto, lo que da lugar a un tiempo de propagación largo a través de la red 300, o puede deberse a que el evento A es detectado mediante un algoritmo computacional más complejo que tiene un mayor tiempo de cálculo. En el caso a modo de ejemplo, el largo retardo del evento A se debe probablemente a que la detección del evento tarda cuatro ciclos de reloj o intervalos de tiempo.

Supóngase que se ha medido o determinado todos los retardos de todos los eventos de interés con la suficiente frecuencia y que nos encontramos en el siguiente punto: en la instancia de tiempo $t_{DC,C} = 1000$, el evento C llega al aparato de sincronización 200 que comprende el compensador de retardos 210. El evento C lleva consigo un valor de temporización de evento $t_{event,C} = 999$, que indica que el evento C se ha producido en el instante de tiempo 999. El compensador de retardos 210 consulta los retardos de todos los eventos de interés, es decir, de todos los eventos A, B, C y D requeridos por el detector de eventos compuesto subsiguiente asociado 208, y determina cuánto tiene que retardarse el evento C hasta que pueda reenviarse al detector de eventos subsiguiente asociado 208. Debe observarse que el compensador de retardos 210 solo sabe que los eventos A, B, C y D son requeridos por el detector de eventos subsiguiente asociado 208, pero no en qué orden ni con qué finalidad.

Las instancias de tiempo de salida para retransmitir el evento C al detector de eventos subsiguiente asociado 208 pueden determinarse de la siguiente manera:

$$t_{out,C} = t_{event,C} + \max(\Delta(A), \Delta(B), \Delta(C), \Delta(D))$$

$$= 999 + \max(6,3,1,3) = 999 + 6 = 1005. \quad (3)$$

En la ecuación (3), A, B, C y D denotan los cuatro eventos, respectivamente; $\Delta(\cdot)$ denota un retardo de un evento desde su aparición hasta la entrada del compensador de retardos 210 asociado al detector de eventos subsiguiente asociado 208; $\max(\cdot)$ denota el operador máximo y $t_{out,C}$ denota la instancia de tiempo de salida del evento retardado C.

En general, el compensador de retardos 210 puede hacerse funcionar para determinar una instancia de tiempo de salida para retransmitir el evento e_j de un conjunto de K eventos requeridos en función de:

$$t_{out,e_j} = t_{event,e_j} + \max(\Delta(e_1), \Delta(e_2), \dots, \Delta(e_j), \dots, \Delta(e_K)). \quad (4)$$

En un sistema informático distribuido dinámico con una situación de red 300 de carga variable, con capacidades de procesamiento posiblemente variables de nodos individuales y/o con rutas de red que pueden variar posiblemente de manera dinámica, es probable que los retardos de propagación o de procesamiento de los eventos que llegan a una instancia de compensador de retardos 210 cambien en el tiempo en lugar de ser estáticos. El compensador de retardos 210 puede tener esto en cuenta determinando un valor de retardo de evento $\Delta(e_j)$ de un evento e_j de un conjunto de K eventos en función de un retardo de evento actual y de una pluralidad de retardos de evento medidos

o determinados anteriormente para dicho evento e_j . Por tanto, los retardos de evento más recientes pueden ponderarse más que sus retardos de evento anteriores. En una forma de realización específica, el compensador de retardos puede adaptarse para determinar el retardo de evento $\Delta(e_j)$ del evento e_j basándose en variantes de la ecuación 2 antes mencionada.

5 Volviendo al sencillo ejemplo anterior, el evento C puede reenviarse al detector de eventos subsiguiente asociado 208 en la instancia de tiempo de salida $t_{out,C} = 1005$. Esta es exactamente la instancia de tiempo en la que puede decirse que los eventos A, B y D no sucedieron causalmente antes del evento C. En este ejemplo, el detector de eventos subsiguiente asociado 208 recibe los siguientes eventos en las instancias de tiempo de retransmisión o de salida indicadas en la siguiente tabla:

Evento	Aparición	Recibido en el compensador de retardos	Retransmitido al detector de eventos
A	999	1005	$999 + 6 = 1005$
B	999	1002	$999 + 6 = 1005$
C	999	1000	$999 + 6 = 1005$
D	1000	1003	$1000 + 6 = 1006$

15 Como puede observarse en la tabla anterior, los eventos A, B, C y D han sido reenviados por el compensador de retardos 210 al detector de eventos subsiguiente asociado 208 ordenados correctamente según su orden de aparición temporal original.

20 La Fig. 5 ilustra esquemáticamente el principio de funcionamiento de un aparato de sincronización 200 que comprende un compensador de retardos 210.

Un evento entrante, denotado por el número de referencia 502, comprende un valor de temporización de evento original t_{event} y un identificador de evento (ID de evento). Además, un valor de tiempo de salida t_{out} está asociado al evento 502. El tiempo de salida o de retransmisión t_{out} del evento puede determinarse en función del tiempo de evento original t_{event} y de un valor de retardo común δ , que es 79 en el ejemplo ilustrado en la Fig. 5. Anteriormente se han descrito posibles cálculos del valor de retardo común. El evento 502 que va a retransmitirse a un detector de eventos subsiguiente o aguas abajo 208 puede introducirse después en una memoria intermedia de retransmisión o de planificación 504 del aparato de sincronización 200. La inserción de eventos entrantes en la memoria intermedia 504 puede basarse en sus instancias de tiempo de salida determinadas t_{out} , en las que los eventos van a reenviarse al detector de eventos subsiguiente asociado 208. Para el evento 502 a modo de ejemplo, que acaba de llegar a la entrada del compensador de retardos 210, la instancia de tiempo de salida t_{out} se ha calculado con el valor 367. Por ese motivo se inserta entre dos eventos almacenados que van a planificarse (es decir, reenviarse) en los tiempos de salida 364 y 369, respectivamente. Después de que los eventos se hayan retardado según el valor de retardo común actual δ , que es 79 en el ejemplo ilustrado, los eventos de la memoria intermedia de eventos 504 se planifican o notifican, es decir, se reenvían, al detector de eventos asociado subsiguiente 208. Después de que un evento se haya reenviado al detector de eventos asociado 208, el evento puede borrarse antes de que se planifique el siguiente evento de la memoria intermedia 504.

40 La Fig. 6 ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo de un procedimiento 600 para sincronizar el primer evento 202 y el segundo evento 204, según una forma de realización de la presente invención.

Como se ha mencionado anteriormente, los dos eventos 202, 204 tienen asociadas a los mismos una primera y una segunda indicación de tiempo de evento $t_{event,e1}$, $t_{event,e2}$ según la señal de reloj común 306, respectivamente. Además, el primer y el segundo evento experimentan diferentes retardos $\Delta(e1)$, $\Delta(e2)$ cuando se transmiten a través de diferentes rutas del sistema informático distribuido 300. Para sincronizar los eventos 202, 204, el procedimiento de sincronización 600 comprende una etapa 602 que retransmite, en un compensador de retardos 210, el primer y el segundo evento 202, 204 al detector de eventos asociado 208, donde el primer y el segundo evento 202, 204 se retransmiten al detector de eventos 208 en función de los retardos experimentados $\Delta(e1)$, $\Delta(e2)$ y en función de la primera y la segunda indicación de tiempo de evento originales asociadas $t_{event,e1}$, $t_{event,e2}$. Además, el procedimiento 600 comprende una etapa 604 que detecta, en el detector de eventos 208 asociado al compensador de retardos 210, al menos un evento de salida 206 en función del primer y del segundo evento de entrada retransmitidos 202', 204'. El primer y el segundo evento de entrada retransmitidos 202', 204' también pueden considerarse versiones retransmitidas del primer y del segundo evento de entrada retransmitidos. Normalmente, estas versiones retransmitidas son idénticas al primer y segundo eventos 202, 204, respectivamente. Sin embargo, pueden estar retardadas temporalmente mediante el aparato de sincronización 200 o mediante el compensador de retardos 210 del mismo.

El concepto descrito solo funciona de manera fiable si los retardos de evento determinados o medidos están disponibles. Justo después del inicio del sistema no se conocen los retardos de evento. Sin embargo, es posible proporcionar retardos de evento iniciales al compensador de retardos 210 después de un inicio de sistema. Tales retardos de evento iniciales pueden basarse en los peores escenarios de los respectivos eventos. Como alternativa,
 5 el aparato de sincronización puede almacenar su información relacionada con los retardos de evento antes de su apagado, de modo que cada instancia de aparato de sincronización 200 puede obtener la configuración de un estado (de red) anterior y, por tanto, puede aproximar los retardos para la configuración de red actual ya que tiene información acerca de qué eventos se ejecutan en qué nodos del sistema informático distribuido.

10 Los valores de retardo medidos pueden haberse medido en diferentes situaciones de carga de red y/o de CPU. Esto podría tenerse en cuenta mediante una normalización apropiada de los respectivos valores de retardo medidos. Por ejemplo, el factor de normalización que refleja una situación de carga actual puede aplicarse al valor de retardo medido en dicha situación de carga actual. Por ejemplo, un factor de normalización correspondiente a una situación de carga normal puede ser uno. Si un valor de retardo se determina en una situación de carga elevada, esto puede
 15 reflejarse mediante un factor de normalización mayor que 1. Por el contrario, si un valor de retardo se mide en situaciones de baja carga, esto puede reflejarse mediante un factor de normalización inferior a 1. El peso real aplicado al valor de retardo respectivo, por ejemplo en la ecuación (2), puede depender entonces de una relación entre el factor de normalización del retardo medido y un factor de normalización actual relacionado con la situación de carga actual. Si una situación de carga actual es inferior a una situación de carga en la que se ha determinado un
 20 cierto valor de carga, un enfoque de este tipo puede dar lugar a un valor de retardo normalizado que es inferior al valor de retardo medido realmente con el fin de tener en cuenta la situación de carga más baja o inferior.

La Fig. 7 ilustra esquemáticamente una forma de realización adicional de la presente invención.

25 La Fig. 7 muestra esquemáticamente un sistema informático distribuido 700 para determinar eventos en función de, al menos, un flujo de datos de sensor 702-1, 702-2. El sistema informático distribuido 700, que puede ser una red de ordenadores distribuida o un procesador de varios núcleos, por ejemplo, comprende una pluralidad de nodos informáticos distribuidos 704, donde cada uno de la pluralidad de nodos informáticos distribuidos 704 comprende un
 30 aparato de sincronización 200 según formas de realización de la presente invención.

Según una forma de realización de la presente invención, cada uno de los nodos informáticos 704 puede comprender, por tanto, un aparato de sincronización 200 junto con un compensador de retardos 210. Además, cada uno de los nodos 700 que comprende un aparato de sincronización 200 comprende además un detector de eventos asociado 208. Según una forma de realización a modo de ejemplo, los nodos informáticos 704 pueden ser
 35 ordenadores o procesadores de señales distribuidos. En algunas otras formas de realización, los nodos 704 también pueden ser un tipo diferente de unidad de procesamiento de varios núcleos implementada en el mismo dispositivo informático y, por tanto, ubicada esencialmente en la misma posición geográfica.

Las formas de realización de la presente invención se refieren, en particular, a la detección de eventos en función de
 40 datos de sensor no procesados procedentes de un sistema de seguimiento inalámbrico, que puede usarse para realizar un seguimiento de los jugadores y de todas las posiciones de un evento deportivo jugado con pelota tal como, por ejemplo, fútbol, fútbol americano, *rugby*, tenis, etc. Por tanto, el sistema informático distribuido 700 puede acoplarse a tal sistema de seguimiento inalámbrico o sistema de localización para localizar y/o realizar un
 45 seguimiento de los objetos y de todas las personas en un área geográfica predefinida, que puede ser un campo de fútbol, por ejemplo. El sistema de localización introduce el al menos un flujo de datos de sensor 702-1, 702-2 en el sistema informático distribuido 700, donde el flujo de datos de sensor transporta datos que indican las posiciones geográficas de los objetos localizados. Además, el flujo de datos de sensor también puede transportar otros datos cinemáticos de los objetos localizados.

50 Para detectar eventos, tales como eventos primitivos y/o compuestos, varios detectores de eventos 208 se ejecutan en diferentes nodos 704 del sistema informático distribuido 700. Tales detectores de eventos o instancias de detector de eventos 208 pueden generar diferente carga en sus nodos respectivos 704 y/o en todo el sistema informático distribuido 700, dependiendo de la situación actual del sistema 700 o dependiendo de la complejidad de los detectores de eventos 208 y/o de los flujos de datos de sensor 702-1, 702-2 que van a analizarse. Por tanto, en
 55 un escenario de premisas o condiciones variables de una configuración de sistema original, es decir, una distribución de los detectores de eventos 208 en los diversos nodos de red 704, una configuración de sistema actual puede no ser del todo óptima o incluso puede hacer que el sistema informático distribuido 700 se bloquee.

Tales desequilibrios de carga no deseables, que, por consiguiente, también dan lugar a retardos de evento no
 60 equilibrados, pueden detectarse por las formas de realización del aparato de sincronización 200 o, en particular, por su compensador de retardos o instancia de compensador de retardos 210. Si al menos un retardo de evento medido o determinado $\Delta(\cdot)$ alcanza un valor prohibitivamente alto, esto puede indicar que un proceso de detector de eventos que suministra el evento correspondiente y que está dispuesto aguas arriba del compensador de retardos 210 puede estar sobrecargado o puede experimentar algún otro problema. En un escenario de este tipo puede ser deseable
 65 transferir o llevar el proceso de detector de eventos malicioso de origen a algún otro nodo o recurso de hardware 704 del sistema informático distribuido 700. Por ejemplo, el proceso de detector de eventos malicioso puede

transferirse desde su nodo actual a otro nodo físicamente separado y diferente del sistema informático distribuido 700. Con este fin, según un aspecto adicional de la presente invención, también se proporciona un aparato 800 para transferir un proceso de detector de eventos entre diferentes nodos 704. Las formas de realización del aparato de transferencia 800 pueden combinarse con las formas de realización del aparato de sincronización 200 y/o del sistema informático distribuido 700.

La Fig. 8 ilustra esquemáticamente un diagrama de bloques esquemático de una forma de realización de un aparato 800 para llevar a cabo transferencias, que también puede denominarse aparato de transferencia.

El aparato de transferencia 800 sirve para transferir un primer proceso de detector de eventos de un primer nodo 704-1 del sistema informático distribuido 700 a un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo 704-2 del sistema informático distribuido 700. Por lo tanto, el segundo nodo 704-2 es diferente del primer nodo 704-1, o bien con respecto a su ubicación geográfica o bien con respecto a una unidad de procesamiento diferente de un procesador de varios núcleos, por ejemplo. El aparato de transferencia 800 comprende medios 802 para copiar un contenido de proceso del primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos. Además, el aparato de transferencia 800 comprende medios 804 para coordinar eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, de manera que los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos se procesan en paralelo tanto en el primer como en el segundo proceso de detector de eventos. Además, el aparato 800 comprende medios 806 para verificar si los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, que se procesan en paralelo tanto en el primer como en el segundo proceso de detector de eventos, generan eventos de salida idénticos en el primer y en el segundo proceso de detector de eventos.

Por lo general, debe entenderse que un proceso es una instancia de un programa de ordenador que se ejecuta en un dispositivo informático, que puede estar comprendido por un nodo de red. Un proceso comprende el código de programa del programa de ordenador y su actividad actual. Un proceso de detector de eventos puede comprender una máquina de estados, que puede entenderse como un modelo de comportamiento usado para diseñar programas de ordenador. Una máquina de estados está compuesta por un número (finito) de estados asociados a transiciones. Una transición es un conjunto de acciones que empieza por un estado y termina en otro (o el mismo) estado. Una transición es iniciada por un disparador, donde tal disparador puede ser, por ejemplo, un evento primitivo o compuesto introducido en el proceso. Por tanto, según los aspectos de la presente invención, un proceso de detector de eventos puede comprender una máquina de estados, y un contenido o memoria del proceso de detector de eventos puede reflejar el estado actual de dicha máquina de estados como, por ejemplo, variables individuales o conjuntos de variables.

En formas de realización en las que hay un conjunto de segundos nodos informáticos posibles o alternativos 704-2 que se ocupan del primer proceso de detector de eventos del primer nodo 704-1, el aparato de transferencia 800 puede comprender además medios 808 para determinar el segundo nodo 704-2 de entre el conjunto de posibles nodos en función de o según un criterio óptimo de distribución de procesos de detector de eventos. De este modo, tal criterio óptimo de distribución de procesos de detector de eventos puede dar lugar a un retardo global mínimo de todos los eventos en el sistema informático distribuido 700, un número mínimo de suscripciones de evento seguras en el sistema informático distribuido 700, una variación mínima de la carga de un nodo dado 704 del sistema informático distribuido 700 o una carga mínima global del sistema informático distribuido.

Los medios de determinación 808 pueden comprender, por ejemplo, una entidad de red central que posee información acerca de una condición de red global, incluyendo la carga de nodos individuales 704 y la carga de todo el sistema 700. Tal entidad de red central puede tener además información acerca de tiempos de retardo de evento $\Delta(.)$ de los eventos que se transmiten a través de la red distribuida 700. En tal caso, la entidad de red central puede iniciar una transferencia de un proceso de detector de eventos, por ejemplo, desde un nodo con mucha carga 704-1 hasta un nodo con menos carga 704-2. Como alternativa, puede iniciar una transferencia de proceso de detector de eventos entre diferentes nodos 704-2, 704-2 con el fin de reducir uno o más retardos de evento en el sistema distribuido 700.

Según otra forma de realización, los medios de determinación 808 pueden comprender además o estar comprendidos por un aparato de sincronización 200 o una instancia de compensador de retardos 210 del mismo. Una instancia de compensador de retardos 210 conoce los retardos de los eventos que retransmite a un proceso de detector de eventos subsiguiente o aguas abajo asociado. Por ejemplo, en caso de que la instancia de compensador de retardos 210 mida un retardo prohibitivamente alto de un evento procedente de un detector de eventos de origen o aguas arriba, la instancia de compensador de retardos 210 puede iniciar la transferencia de dicho proceso de detector de eventos aguas arriba desde su nodo de red actual hasta otro nodo de red con el fin de reducir el retardo de evento. En caso de que la instancia de compensador de retardos 210 no conozca la situación de carga de los nodos individuales 704 del sistema distribuido 700, esto puede ser un procedimiento sencillo de prueba y error, por ejemplo.

Según algunas formas de realización, el aparato de transferencia 800 puede comprender además medios 810 para crear una instancia de proceso, correspondiente al primer proceso de detector de eventos, en el segundo nodo 704-2 con el fin de obtener el segundo proceso de detector de eventos. Todo el procedimiento de transferencia de

proceso puede llevarse a cabo, por ejemplo, con la ayuda de un sistema operativo (OS), que debe entenderse como un conjunto de programas que gestiona recursos de hardware de un ordenador y que proporciona servicios comunes al software de las aplicaciones, como a un proceso de detector de eventos, por ejemplo. Tales servicios de OS pueden comprender además funcionalidades de instanciación a las que los medios de copiado de contenido de proceso 802 pueden tener acceso. Es decir, los medios de creación 810 pueden comprender medios para acceder a funcionalidades de instanciación de proceso de un sistema operativo que se ejecuta en los nodos informáticos individuales 704-1, 704-2 y/o que controla al sistema distribuido 700. Tan pronto como se haya instanciado el segundo proceso de detector de eventos del segundo nodo 704-2, puede suscribirse al (a los) mismo(s) evento(s) al (a los) que se han suscrito el primer y el segundo proceso de detector de eventos del primer nodo 704-1 con el fin de recibir el (los) mismo(s) evento(s) o flujo(s) de evento desde el sistema distribuido como señales de entrada. Dicho de otro modo, los medios de creación de instancia 810 pueden hacerse funcionar, tras instanciarse el segundo proceso de detector de eventos en el segundo nodo 704-2, para suscribir el segundo proceso de detector de eventos a eventos de entrada idénticos a los del primer proceso de detector de eventos.

Los servicios de OS pueden comprender además funcionalidades de copiado a las que pueden acceder los medios de copiado 802 que copian el contenido de proceso. Es decir, los medios de copiado 802 pueden comprender medios para acceder a funcionalidades de copiado de proceso de un sistema operativo que se ejecuta en los nodos informáticos 704-1, 704-2 o en alguna otra entidad de control del sistema distribuido 700. Los medios de copiado 802 también pueden hacerse funcionar para “congelar” el contenido de proceso del primer proceso de detector de eventos en un instante de tiempo predefinido para obtener una condición definida del primer proceso de detector de eventos. En este caso, “congelar” significa que el proceso de detector de eventos deja de responder a sus entradas. Los medios de copiado 802 pueden estar adaptados además para copiar el contenido de proceso congelado desde el primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos para obtener la misma condición definida en el segundo proceso de detector de eventos. Por lo tanto, los medios de copiado 802 pueden hacerse funcionar para copiar el contenido de proceso de manera iterativa desde el primer proceso de detector de eventos hasta el segundo proceso de detector de eventos, de manera que el contenido, que no cambiará durante el resto del procedimiento de copiado, se copia primerio. Por tanto, los datos contenidos en el primer proceso de detector de eventos pueden copiarse desde el primer nodo 704-1 al segundo nodo 704-2 en una pluralidad de iteraciones. Por lo tanto, debe definirse qué datos pertenecen a la información de estado de un detector de eventos. En el caso de los procesos, estos datos conforman la memoria de proceso, por ejemplo. Durante el copiado iterativo del contenido de proceso, la diferencia o cantidad restante (es decir, el delta) del contenido de proceso que va a copiarse es cada vez menor hasta que la diferencia es pequeña, aunque no nula.

Antes de que el nuevo, es decir, el segundo proceso de detector de eventos se inicie o active en el segundo nodo 704-2, los datos de entrada (idénticos) de ambos procesos de detector de eventos pueden almacenarse de modo que ambos procesos de detector de eventos, que de manera ideal ya tienen la misma condición interna definida, obtengan además datos de entrada externos idénticos a partir del instante de tiempo predefinido, es decir, el instante de “congelación”. Por tanto, los medios de copiado 802 también pueden hacerse funcionar para almacenar los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos durante y/o después de copiar el contenido de proceso desde el primer al segundo proceso de detector de eventos.

Cuando todo el contenido relevante se ha copiado desde el primer (antiguo) al segundo (nuevo) proceso de detector de eventos y los datos de entrada se han almacenado, ambos procesos de detector de eventos pueden activarse para procesar en paralelo los datos (eventos) de entrada almacenados (idealmente idénticos), dadas las mismas condiciones o estados internos del primer y el segundo proceso de detector de eventos. Es decir, ambos detectores de eventos se activan después del procedimiento de copiado y almacenamiento y procesan los datos de entrada bifurcados, y por tanto idénticos, en paralelo. Con este fin, los medios de coordinación 804 pueden hacerse funcionar para procesar los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos en paralelo tanto en el primer como en el segundo proceso de detector de eventos a partir del instante de tiempo (de congelación) predefinido y en función del contenido de proceso copiado. Además, los medios de coordinación 804 pueden acceder al OS con este fin, por ejemplo.

Los medios de verificación 806, por ejemplo un comparador, verifican después si ambos procesos de detector de eventos generan la misma salida, respectivamente. Si esto es el caso, el antiguo, es decir, el primer proceso de detector de eventos puede interrumpirse. Si esto no es el caso, el procedimiento de copiado y/o de almacenamiento ha fallado probablemente y el nuevo (es decir, el segundo) proceso de detector de eventos puede interrumpirse para iniciar todo el procedimiento de transferencia desde el principio. Por tanto, según algunas formas de realización, los medios de verificación 806 pueden hacerse funcionar para interrumpir el primer proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida del primer y del segundo proceso de detector de eventos sean idénticos, o para interrumpir el segundo proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida del primer y del segundo proceso de detector de eventos no sean idénticos.

Como se ha mencionado anteriormente, las formas de realización del aparato de transferencia 800 pueden combinarse con formas de realización del aparato de sincronización 200, ya que sus características pueden complementarse de manera sinérgica entre sí. Por tanto, algunos aspectos de la presente invención proporcionan además un sistema informático distribuido 700 para determinar eventos en función de al menos un flujo de datos de

sensor, donde el sistema informático distribuido comprende una pluralidad de nodos informáticos distribuidos 704 y una forma de realización de un aparato de transferencia de proceso de eventos 800 para transferir un primer proceso de detector de eventos de un primer nodo 704-1 del sistema informático distribuido 700 a un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo 704-2 del sistema informático distribuido 700. Además, cada uno de la pluralidad de nodos informáticos distribuidos 704 comprende un aparato 200 para sincronizar un primer evento 202, que tiene asociado al mismo un primer tiempo de evento $t_{event,e1}$ según una señal de reloj común, y un segundo evento 204, que tiene asociado al mismo un segundo tiempo de evento $t_{event,e2}$ según la señal de reloj común, donde el primer y el segundo evento 202, 204 (o $e1$ y $e2$) experimentan diferentes retardos $\Delta(e1)$, $\Delta(e2)$ cuando se transmiten a través de diferentes rutas o trayectorias del sistema informático distribuido 700, y donde al menos un evento de salida 206 va a ser determinado por un (proceso de) detector de eventos 208 en función del primer y el segundo evento 202, 204 (o $e1$ y $e2$). Como ya se ha explicado con referencia a la Fig. 2, el aparato 200 para sincronizar los eventos 202, 204 comprende un compensador de retardos 210 asociado al detector de eventos 208, presentando el compensador de retardos 210 entradas 212-1, 212-2 para recibir el primer y el segundo evento 202, 204 y presentando una salida 214-1, 214-2 para reenviar las versiones retransmitidas 202', 204' del primer y del segundo evento recibidos al detector de eventos asociado 208. Las formas de realización del compensador de retardos 210 pueden hacerse funcionar para retransmitir el primer y el segundo evento 202, 204 al detector de eventos asociado 208 en función de los retardos experimentados $\Delta(e1)$, $\Delta(e2)$ y en función de los tiempos asociados del primer y el segundo evento $t_{event,e1}$, $t_{event,e2}$, como se ha explicado anteriormente en mayor detalle.

Aspectos de la presente invención, en los que los detectores de eventos se transferirán de un nodo a otro, preferiblemente cuando están ejecutándose, comprenden además un procedimiento para transferir un primer proceso de detector de eventos de un primer nodo 704-1 de un sistema informático distribuido 700 a un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo 704-2 del sistema informático distribuido 700. En la Fig. 9 se ilustra un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de transferencia 900 de este tipo.

El procedimiento de transferencia 900 comprende una etapa 902 para copiar un contenido de proceso del primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos. Antes de eso, puede determinarse qué nodo informático o proceso administrativo del mismo se ocupará del procesamiento de un proceso/hilo de detector de eventos con sobrecarga. En algunas formas de realización, la etapa de copiado 902 puede comprender copiar datos comprendidos en el proceso de detector de eventos desde el primer nodo 704-1 al segundo nodo 704-2 en una pluralidad de iteraciones, como se ha descrito anteriormente. Por tanto, la etapa de copiado 902 comprende definir qué datos pertenecen a la información de estado de un detector de eventos. En el caso de los procesos, estos datos conforman la memoria de proceso, por ejemplo. Durante el copiado, el delta del contenido de proceso que va a copiarse es cada vez menor hasta que los cambios son pequeños, pero no nulos. Es decir, un delta de copiado de contenido de proceso no será nulo ya que un detector de eventos no congelado puede cambiar su estado continuamente. Por lo tanto, antes de copiar un último delta de contenido, el proceso de detector de eventos puede congelarse de manera ventajosa.

El procedimiento 900 comprende además una etapa 904 de procesamiento de eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos en paralelo tanto en el primer como en el segundo proceso de detector de eventos. Con este fin, los datos de entrada del primer detector de eventos pueden almacenarse y/o copiarse para ambos detectores de eventos, de manera que ambos detectores pueden procesar flujos de datos de entrada idénticos. Después, ambos detectores de eventos pueden activarse para procesar dichos flujos de datos de entrada en paralelo.

En una etapa adicional 906 se verifica si los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, que se procesan en paralelo en el primer y en el segundo proceso de detector de eventos, generan eventos de salida idénticos en el primer y en el segundo proceso de detector de eventos. Si esto es el caso, es decir, en caso de que los eventos de salida en el primer y en el segundo proceso de detector de eventos sean idénticos, el primer proceso de detector de eventos puede interrumpirse (véase la etapa 908). Si esto no es el caso, es decir, en caso de que los eventos de salida en el primer y en el segundo proceso de detector de eventos no sean idénticos, el segundo proceso de detector de eventos puede interrumpirse y el procedimiento de transferencia 900 se inicia de nuevo en la etapa 902.

Por tanto, la transferencia de procesos de detector de eventos entre diferentes nodos de red puede realizarse, por ejemplo, haciendo que instancias de administración, como planificadores (denominados también procesos de núcleo de eventos), asociadas a los detectores de eventos de los diferentes nodos 704 se comunican entre sí. Conforme a esta comunicación pueden decidir traspasar sus procesos o algoritmos de detector de eventos de un nodo a otro del sistema 700.

La descripción y los dibujos simplemente ilustran los principios de la invención. Debe apreciarse que los expertos en la técnica podrán concebir varias disposiciones que, aunque no se describan o muestren de manera explícita en el presente documento, representan los principios de la invención. Además, todos los ejemplos mencionados en el presente documento solo se ofrecen fundamental y expresamente con fines pedagógicos para ayudar al lector a entender los principios de la invención y los conceptos aportados por los inventores para explicar en detalle la técnica, y no debe considerarse que tales ejemplos y condiciones mencionados de manera específica tienen un

carácter limitativo. Además, todas las afirmaciones del presente documento que describen principios, aspectos y formas de realización de la invención, así como ejemplos específicos de los mismos, abarcan equivalencias de los mismos.

- 5 Los bloques funcionales denotados como “medios para/de...” (que llevan a cabo una determinada función) deben considerarse bloques funcionales que comprenden circuitos que están adaptados, configurados o que pueden hacerse funcionar para llevar a cabo una determinada función, respectivamente. En este caso, la expresión “medios para algo” puede entenderse como “medios que están adaptados, configurados o que pueden hacerse funcionar para hacer algo”. Por tanto, un medio adaptado para llevar a cabo una determinada función no implica que tal medio
10 esté llevando a cabo necesariamente dicha función (en un instante de tiempo dado).

- Las funciones de varios elementos mostrados en las figuras, incluido cualquier bloque funcional, pueden proporcionarse usando hardware dedicado como, por ejemplo, un procesador, así como hardware que puede ejecutar software en asociación con un software apropiado. Cuando se proporcionan mediante un procesador, las
15 funciones pueden proporcionarse mediante un único procesador dedicado, un único procesador compartido o una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden estar compartidos. Además, el uso explícito del término “procesador” o “controlador” no debe limitarse exclusivamente a hardware que puede ejecutar software, sino que puede incluir implícitamente, sin limitación, hardware de procesador de señales digitales (DSP), un procesador de red, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de puertas de campo
20 programable (FPGA), una memoria de solo lectura (ROM) para almacenar software, una memoria de acceso aleatorio (RAM) y almacenamiento no volátil. También puede incluirse otro hardware, ya sea convencional y/o personalizado.

- Los expertos en la técnica apreciarán que cualquier diagrama de bloques del presente documento representa vistas
25 conceptuales de circuitos ilustrativos que representan los principios de la invención. Asimismo, debe apreciarse que cualquier diagrama de flujo, diagrama de transición de estados, seudocódigo y similares representan varios procesos que pueden representarse sustancialmente en un medio legible por ordenador y ejecutarse así por un ordenador o procesador, tanto si tal ordenador o procesador se muestra de manera explícita como si no.

- Además, las siguientes reivindicaciones se incorporan en la descripción detallada, donde cada reivindicación puede
30 representar por sí misma una forma de realización diferente. Aunque cada reivindicación puede representar por sí misma una forma de realización diferente, debe observarse que, aunque una reivindicación dependiente puede hacer referencia en las reivindicaciones a una combinación específica con una o más reivindicaciones, otras formas de realización también pueden incluir una combinación de la reivindicación dependiente con el contenido de cada
35 otra reivindicación dependiente. Tales combinaciones se proponen en el presente documento a menos que se indique que una combinación específica no está prevista. Además, también se pretende incluir características de una reivindicación en cualquier otra reivindicación independiente incluso si esta reivindicación no depende directamente de la reivindicación independiente.

- 40 Debe observarse además que los procedimientos dados a conocer en la memoria descriptiva o en las reivindicaciones pueden implementarse por un dispositivo que tiene medios para llevar a cabo cada una de las etapas respectivas de estos procedimientos.

- Debe entenderse además que la descripción de múltiples etapas o funciones dadas a conocer en la memoria
45 descriptiva o en las reivindicaciones no está limitada a un orden específico. Por lo tanto, la descripción de las múltiples etapas o funciones no las limitará a un orden particular a no ser que tales etapas o funciones no puedan intercambiarse por razones técnicas.

- Además, en algunas formas de realización, una única etapa puede incluir o puede dividirse en múltiples subetapas.
50 Tales subetapas pueden incluirse y formar parte de la descripción de esta etapa individual a no ser que se excluyan explícitamente.

REIVINDICACIONES

1.- Un aparato (200) para ordenar un primer evento (202), que tiene asociado al mismo un primer valor de temporización de evento según una señal de reloj común, y un segundo evento (204), que tiene asociado al mismo un segundo valor de temporización de evento según la señal de reloj común, constituyendo el primer y el segundo valor de temporización de evento un orden temporal original del primer y del segundo evento, donde el primer y el segundo evento (202; 204) experimentan diferentes retardos cuando se transmiten a través de diferentes rutas de un sistema informático distribuido (300; 700), y donde al menos un evento de salida (206) va a determinarse por un detector de eventos (208) en función del primer y del segundo evento (202; 204), comprendiendo el aparato (200):

10 un compensador de retardos (210) asociado al detector de eventos (208), presentando el compensador de retardos (210) una entrada (212) para recibir, en un orden temporal correspondiente a los diferentes retardos, el primer y el segundo evento (202; 204) y presentando una salida (214) para reenviar versiones retransmitidas (202'; 204') del primer y del segundo evento recibidos al detector de eventos asociado (208),
 15 donde el compensador de retardos (210) puede hacerse funcionar para retransmitir el primer y el segundo evento (202; 204) al detector de eventos asociado (208) en un orden temporal correspondiente al orden temporal original del primer y el segundo evento en función de los retardos experimentados y en función del primer y el segundo valor de temporización de evento asociados.

20 2.- El aparato (200) según la reivindicación 1, en el que el compensador de retardos (210) puede hacerse funcionar para retransmitir respectivamente el primer y el segundo evento (202; 204; 302; 304) de manera que una diferencia de tiempo relativa entre las versiones retransmitidas (202'; 204') del primer y el segundo evento recibidos corresponda a una diferencia de tiempo relativa original entre el primer y el segundo evento (202; 204; 302; 304).

25 3.- El aparato (200) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el compensador de retardos puede hacerse funcionar para determinar instancias de tiempo de salida para retransmitir el primer y el segundo evento al detector de eventos asociado en función del primer y del segundo valor de temporización de evento y de un valor de retardo común.

30 4.- El aparato (200) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el compensador de retardos (210) puede hacerse funcionar para determinar un tiempo de salida para retransmitir el primer y el segundo evento (202; 204; 302; 304) al detector de eventos asociado en función del primer y del segundo valor de temporización de evento y de un retardo de evento máximo del primer y el segundo evento.

35 5.- El aparato (200) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el compensador de retardos (210) puede hacerse funcionar para medir retardos de evento del primer y el segundo evento (202; 204; 302; 304), respectivamente, en función de un tiempo de recepción del primer o del segundo evento (202; 204; 302; 304) en el compensador de retardos (210) y sus valores de temporización de evento asociados respectivos.

40 6.- El aparato (200) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el compensador de retardos (210) puede hacerse funcionar para determinar instancias de tiempo de salida para retransmitir el primer y el segundo evento (202; 204; 302; 304) en función de:

45
$$t_{out} = t_{event1,2} + \max(\Delta(e_1), \Delta(e_2))$$

donde e_1 , e_2 denotan el primer y el segundo evento respectivamente, $\Delta(\cdot)$ denota un retardo de un evento desde su origen hasta la entrada del compensador de retardos asociado al detector de eventos, $\max(\cdot)$ denota el operador máximo y t_{out} denota la instancia de tiempo de salida del primer o el segundo evento retransmitido.

50 7.- El aparato (200) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el compensador de retardos (210) puede hacerse funcionar para determinar un retardo de evento $\Delta(e_j)$ del evento j en función de:

$$\Delta(e_j) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \left(\Delta e_j(i) \frac{1}{2^{i-1}} \right) + \theta \cdot \sigma(e_j)$$

55 donde k denota un conjunto de k retardos de evento ya determinados, $\Delta e_j(i)$ denota el i -ésimo retardo determinado de evento e_j , donde $i = 1$ corresponde al último retardo determinado, $\sigma(e_j)$ denota la desviación estándar de los últimos retardos determinados $\Delta(e_j)$, y donde θ denota un factor de seguridad.

60 8.- El aparato (200) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que un valor de temporización de evento corresponde a un tiempo de detección de evento original o a un tiempo de aparición de evento original.

9.- El aparato (200) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que un evento (202; 204; 302; 304) es un evento primitivo, que está basado directamente en datos de sensor, o un evento compuesto, que está basado en eventos primitivos.

5 10.- El aparato (200) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer y el segundo evento (202; 204; 302; 304) se detectan originalmente en nodos distribuidos (704) del sistema informático distribuido (300; 700), y en el que el primer y el segundo evento (202; 204; 302; 304) están basados en flujos de datos de sensor paralelos de un sistema de localización geográfica.

10 11.- Un sistema informático distribuido (700) para determinar eventos en función de al menos un flujo de datos de sensor (702), comprendiendo el sistema informático distribuido (700):

15 una pluralidad de nodos informáticos distribuidos (704), donde cada uno de la pluralidad de nodos informáticos distribuidos comprende un aparato de sincronización (200) según una de las reivindicaciones anteriores.

20 12.- El sistema informático distribuido (700) según la reivindicación 11, donde el sistema informático distribuido (700) está acoplado a un sistema de localización para localizar y/o realizar un seguimiento de objetos en un área geográfica predefinida, y donde el sistema de localización introduce un flujo de datos de sensor (702) en el sistema informático distribuido (700), transportando el flujo de datos de sensor (700) datos que indican posiciones geográficas de los objetos localizados.

13.- El sistema informático distribuido (700) según una de las reivindicaciones 11 o 12, que comprende además:

25 un aparato (800) para transferir un primer proceso de detector de eventos de un primer nodo (704-1) del sistema informático distribuido (700) a un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo (704-1) del sistema informático distribuido que es diferente del primer nodo, comprendiendo el aparato (800):

30 medios (802) para copiar un conjunto de datos del primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos;
 medios (804) para procesar eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos en paralelo tanto en el primer como en el segundo proceso de detector de eventos; y
 medios (806) para verificar si los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, que se procesan en paralelo tanto en el primer como en el segundo proceso de detector de eventos,
 35 generan eventos de salida idénticos en el primer y en el segundo proceso de detector de eventos.

40 14.- Procedimiento (600) para ordenar un primer evento (202), que tiene asociado al mismo un primer valor de temporización de evento según una señal de reloj común, y un segundo evento (204), que tiene asociado al mismo un segundo valor de temporización de evento según la señal de reloj común, constituyendo el primer y el segundo valor de temporización de evento un orden temporal original del primer y del segundo evento, donde el primer y el segundo evento (202; 204) experimentan diferentes retardos cuando se transmiten a través de diferentes rutas de un sistema informático distribuido (300; 700), comprendiendo el procedimiento (600):

45 recibir, en un compensador de retardos (210), el primer y el segundo evento (202; 204) en un orden temporal correspondiente a los diferentes retardos;
 retransmitir (602), en el compensador de retardos (210), el primer y el segundo evento (202; 204) a un detector de eventos asociado (208), donde el primer y el segundo evento (202; 204) se retransmiten al detector de eventos (208) en un orden temporal correspondiente al orden temporal original del primer y del segundo evento en función de los retardos experimentados y en función del primer y del segundo valor de temporización de evento originales asociados; y
 50 detectar (604), en el detector de eventos (208) asociado al compensador de retardos (210), al menos un evento de salida (206) en función del primer y el segundo evento de entrada retransmitidos.

55 15.- Un programa informático que tiene un código de programa para llevar a cabo el procedimiento según la reivindicación 14, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador o un procesador.

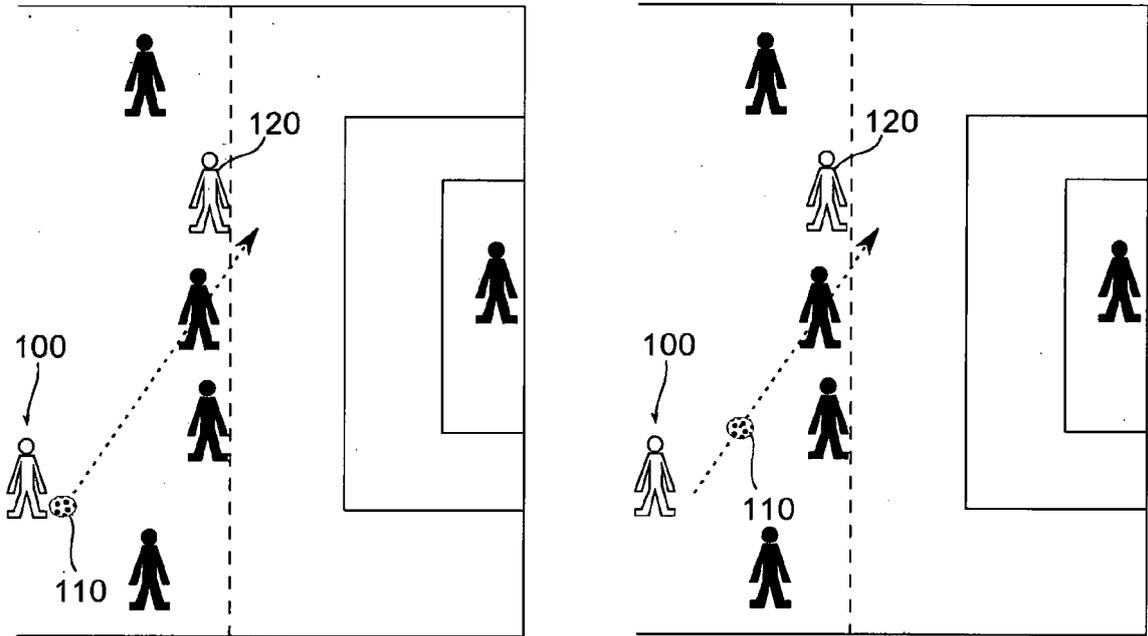


Fig. 1

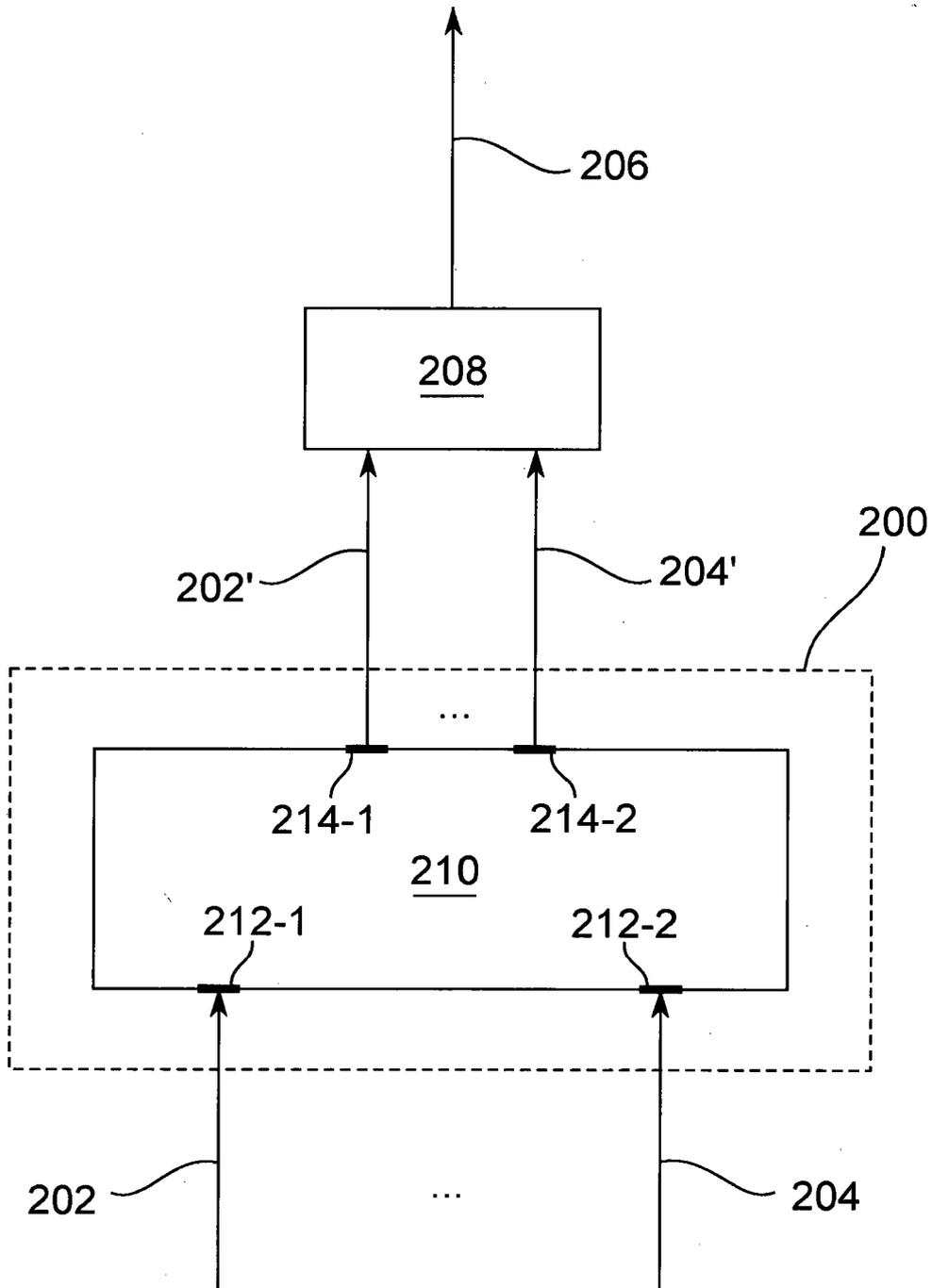


Fig. 2

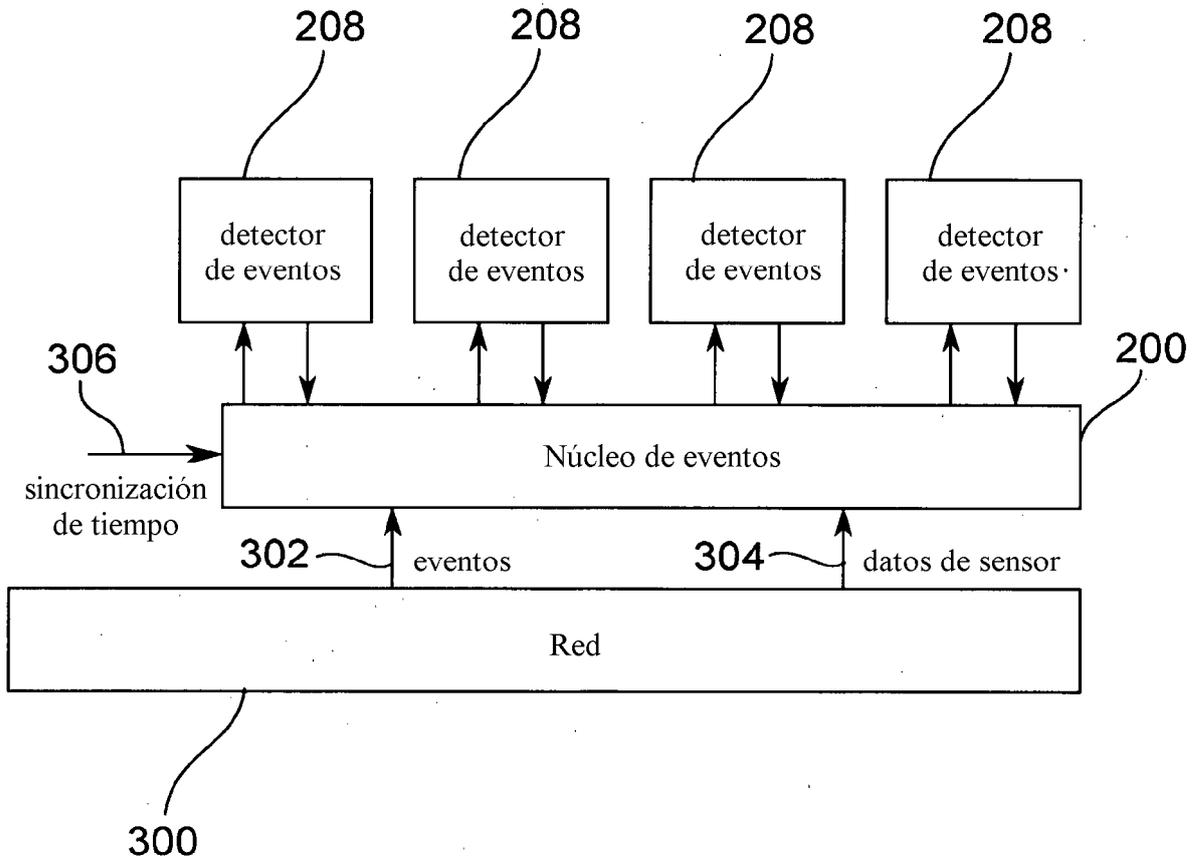


Fig. 3

	ocurrido en	detectado en	recibido en el detector de eventos en
evento A	10	14	16
evento B	12	13	15
evento C	14	14	15
evento D	15	17	18

Fig. 4

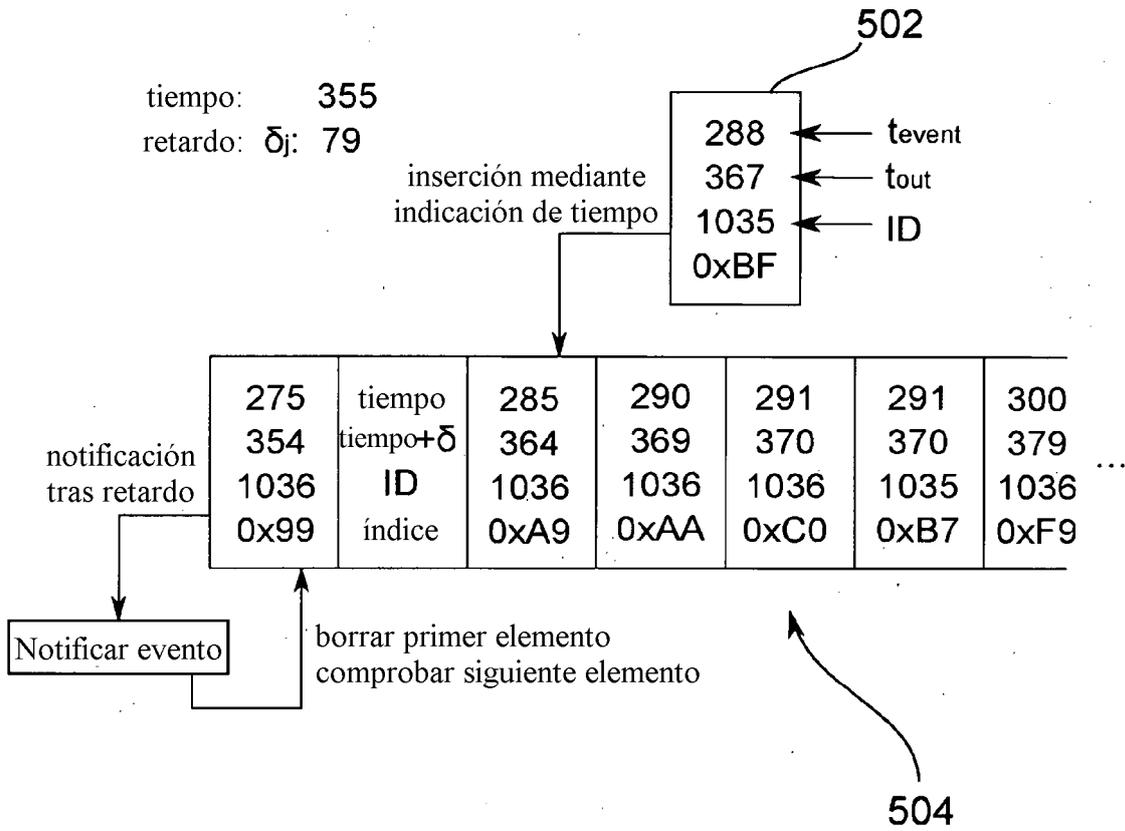


Fig. 5

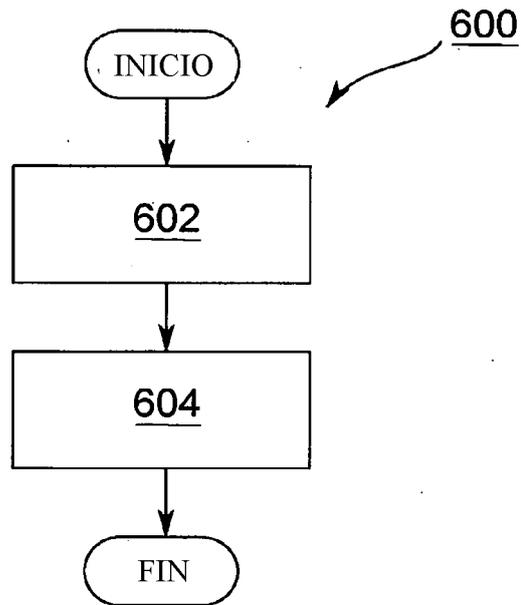


Fig. 6

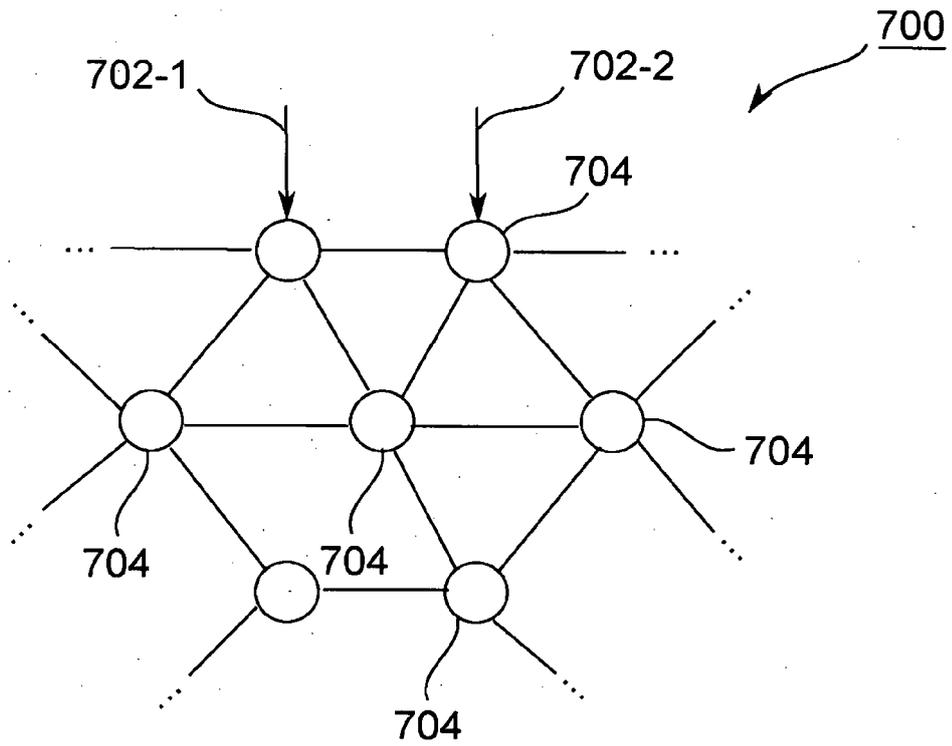


Fig. 7

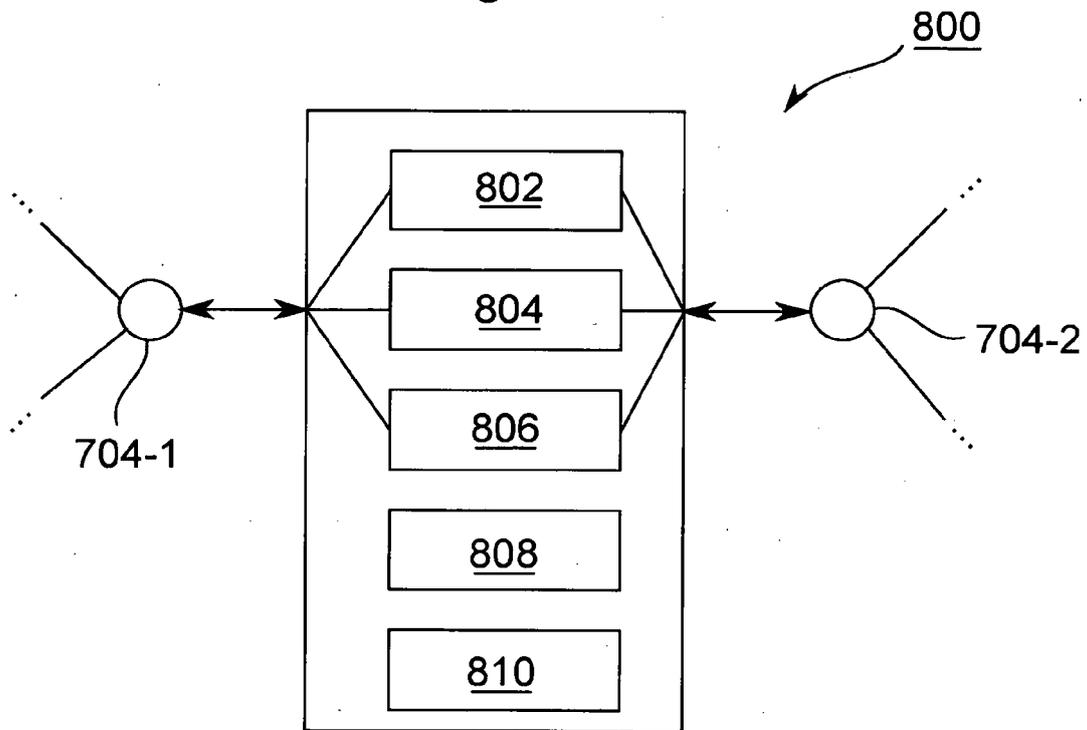


Fig. 8

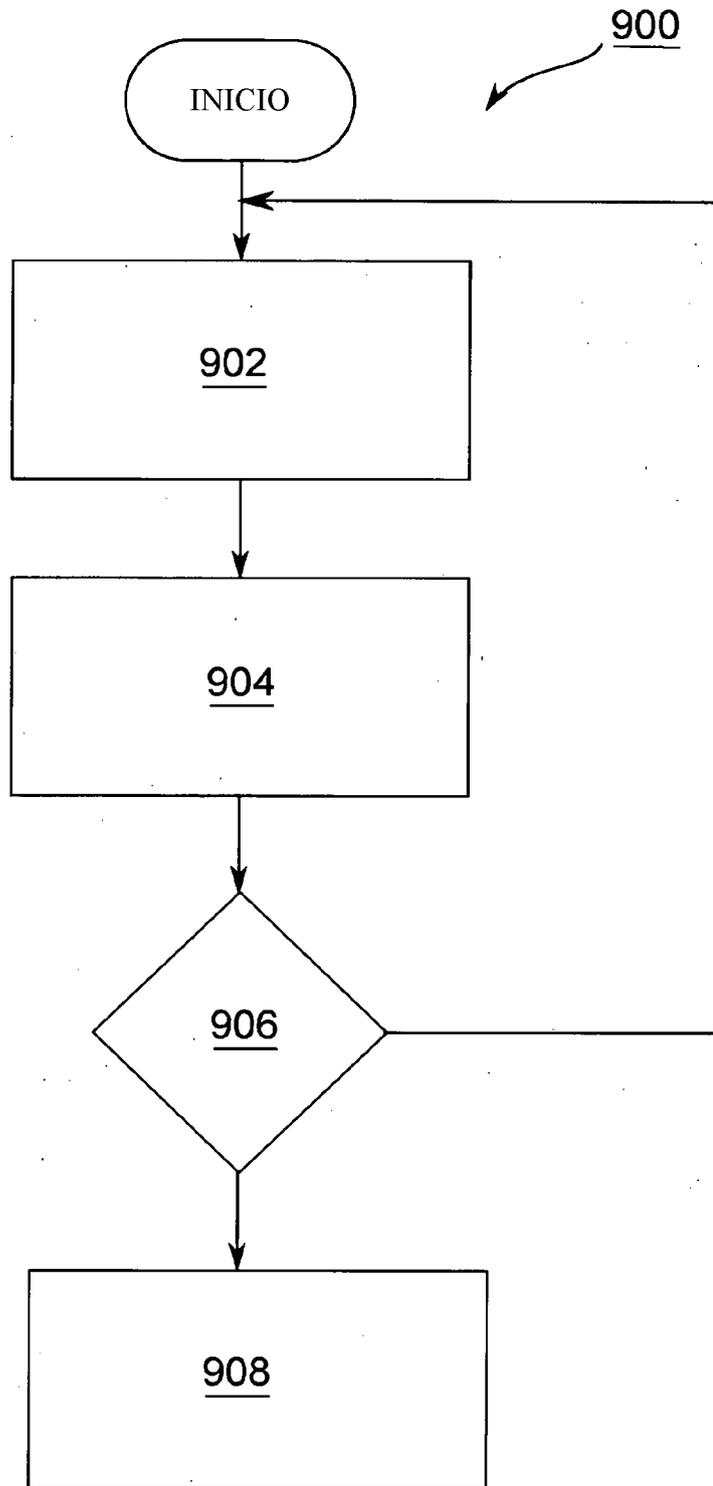


Fig. 9