

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 804**

51 Int. Cl.:

G06F 9/50 (2006.01)

H04L 29/08 (2006.01)

G06F 9/48 (2006.01)

G06F 9/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2011 PCT/EP2011/069159**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.05.2013 WO13064171**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2011 E 11782086 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2774035**

54 Título: **Aparato y método para la transferencia de procesos de detector de eventos operativos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.02.2017

73 Titular/es:
**FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27 c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:
MUTSCHLER, CHRISTOPHER

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 601 804 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 método para la transferencia de procesos de detector de eventos operativos

5 CAMPO DE LA INVENCION

Las formas de realización de la presente invención se refieren, en general, a redes de datos y, en particular, a aparatos y métodos para la transferencia de procesos de detector de eventos entre diferentes nodos de un sistema informático distribuido.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las redes de sensores, tales como, a modo de ejemplo, redes de sensores inalámbricas, tienen una amplia gama de aplicaciones. A modo de ejemplo, las redes de sensores inalámbricas de diversas tecnologías pueden utilizarse para fines de localización, tal como la localización de seres humanos y/o otros objetos. En este caso, el término "localización" significa la detección o determinación de una localización o posición geográfica. Algunos sistemas especializados en el seguimiento de localizaciones o posiciones pueden utilizarse para localizar los jugadores y otros objetos (p.ej., una pelota) en acontecimientos deportivos, tales como, a modo de ejemplo, soccer, futbol americano, rugby, tenis, etc.

15

Con la utilización de datos agrupados de posicionamiento o localización geográfica de jugadores y/o una pelota es posible obtener información estadística relacionada con los acontecimientos deportivos completos, a modo de ejemplo, un partido de futbol americano, o en relación con equipos individuales o jugadores. Dicha información estadística derivada puede ser de interés por varios motivos. Por una parte, existen diversos intereses comerciales tales como algunas estadísticas y su análisis que pueden ser de particular importancia para los espectadores en un estadio y/o en frente de un aparato de televisión en su domicilio. En consecuencia, proporcionar algunas estadísticas puede suscitar más interés en los acontecimientos deportivos. Por otro lado, los datos estadísticos derivados de datos de posicionamiento en bruto pueden también utilizarse para fines de entrenamiento. En este caso, un oponente y/o el comportamiento del propio equipo pueden analizarse así como el rendimiento y/o estado de salud de jugadores individuales.

20

25

Los sistemas de seguimiento de localización o posición antes citados pueden basarse en diversas tecnologías. A modo de ejemplo, la información de localización puede determinarse sobre la base de la evaluación de señales de radio inalámbricas y/o campos magnéticos. Para esta finalidad los transmisores y/o receptores se suelen utilizar también como sensores, pueden situarse en los objetos individuales (p.ej., jugadores, pelota, etc.) para ser localizados por el sistema. Dispositivos de recepción y/o transmisión correspondientes pueden montarse también para localizaciones predeterminadas alrededor de una zona geográfica de interés, como, a modo de ejemplo, un campo de futbol americano. Una evaluación de las intensidades de las señales, los tiempos de propagación de las señales y/o fases de las señales, solamente para nombrar unas pocas alternativas técnicas posibles, pueden conducir entonces a flujos de datos de sensores indicativos de la posición geográfica de jugadores u objetos individuales en diferentes instantes en el tiempo. En condiciones normales, una muestra de datos de localización geográfica está asociada con una marca temporal que indica en qué momento un objeto estaba situado en qué posición geográfica. Con estos datos cinemáticos de información combinados, tales como velocidad (*speed*), aceleración, etc., pueden proporcionarse también además de los datos de localización comprendiendo, a modo de ejemplo, coordenadas x-, y- y z-. En la secuela de esta especificación, los datos de localización y cinemáticos proporcionados por el sistema de sensores de localización se referirán también como datos (brutos) de sensores.

35

40

45

50

55

En un ejemplo particular de un sistema de seguimiento inalámbrico, las personas u objetos pueden estar provistos de transmisores diminutos, que pueden incorporarse en el calzado, uniformes y pelotas y cuyas señales se captan por varias antenas situadas alrededor de la zona bajo observación. Las unidades de receptores procesan las señales recogidas y determinan sus tiempos de llegada (ToA). Sobre la base de un cálculo de las diferencias en el retardo de propagación, se determina entonces continuamente la posición de cada transmisor. Además, una red informática integrada con el sistema de seguimiento inalámbrico puede analizar las posiciones o datos de sensores con el fin de detectar eventos específicos. Operando en la banda de 2.4 GHz, el sistema de seguimiento está libre de licencias en un marco global.

60

65

Sobre la base de los flujos de datos brutos de sensores obtenidos a partir del sistema de seguimiento de localizaciones o posiciones así denominados "eventos" pueden ser objeto de detección. De este modo, un evento puede definirse como siendo una ocurrencia instantánea de interés en un punto en el tiempo. En general, un evento está asociado con un cambio en la distribución de una magnitud relacionada que puede detectarse. Un evento puede ser un evento primitivo, que esté directamente basado en datos de sensores (datos cinemáticos) del sistema de seguimiento o un evento compuesto, que esté basado, en cambio, en otros eventos anteriormente detectados. Es decir, un evento compuesto no es directamente dependiente de los datos brutos de sensores sino de otros eventos. En aplicaciones de juegos con pelotas, un evento puede, a modo de ejemplo, ser "jugador X golpea la pelota" o "el jugador X está en posesión de la pelota". Eventos más complicados pueden ser, a modo de ejemplo, "offside" (fuera de juego) o "foul" (falta).

La detección de eventos sobre la base de los flujos de datos de sensores subyacentes ha suscitado un interés cada vez mayor en la base de datos y comunidades de sistemas distribuidos en los últimos años. Una amplia gama y números cada vez mayores de aplicaciones actuales, incluyendo aplicaciones tales como control de redes, comercio electrónico, asistencia sanitaria, análisis financiero y seguridad o la supervisión de eventos deportivos antes citados, se basan en la capacidad para procesar demandas informativas a través de flujos de datos que, en condiciones ideales, adoptan la forma de series de eventos temporalmente ordenados. La detección de eventos indica el procesamiento completamente automatizado de datos brutos de sensores y/o eventos sin la necesidad de la intervención humana, puesto que en numerosas aplicaciones, la amplia cantidad de datos de sensores suministrados y/o eventos ya no pueden capturarse ni procesarse por un operador humano. A modo de ejemplo, las publicaciones WO 2011/127059 A1 y WO 99/17478 A1 están relacionadas con la migración de eventos y la solicitud de eventos.

A modo de ejemplo, si variaciones a alta velocidad de jugadores o un objeto deportivo, p.ej., una pelota, han de estar previstos, los datos brutos del detector (seguimiento de localizaciones o posiciones) ha de determinarse con una tasa de datos suficientemente alta por la red de sensores subyacente (inalámbrica). Además, si existe un alto número de jugadores y/o objetos (p.ej., en el fútbol americano hay 22 jugadores en la pista y una pelota) para ser objeto de seguimiento, la cantidad de muestras de datos cinemáticos y de posiciones geográficas globales por segundo pueden hacerse prohibitivamente altas en particular con respecto a los requisitos de procesamiento de eventos en tiempo real.

Por lo tanto, aun cuando los flujos de datos brutos de eventos y/o sensores sean analizados y señalizados de forma completamente automática, puede existir todavía demasiada información, que posiblemente no sean de interés alguno en su integridad. En el futuro, este problema será cada vez peor puesto que cada vez más dispositivos estarán provistos de sensores y la posibilidad de proporcionar sus datos de sensores determinados para redes públicas, tales como Internet (p.ej., datos meteorológicos o de temperaturas determinados por dispositivos inalámbricos tales como teléfonos inteligentes). Por este motivo, la cantidad de datos de sensores a procesarse crecerá con rapidez, incluso en algunos eventos de interés. La detección de eventos automatizada puede proporcionar una solución para esta situación intentando agregar los datos de sensores brutos elemento por elemento y determinar los eventos abstractos e interdependientes, que puedan transferirse por bastante más información que los propios datos brutos de sensores. A modo de ejemplo, además de los acontecimientos relacionados con el fútbol americano antes citados, dichos eventos determinados podrían incluir "el vehículo X está situado en el cruce Y" o "atasco de tráfico en la carretera X".

El problema que se plantea en la detección de eventos automatizada es la potencia informática requerida para realizar la detección de eventos sobre posiblemente flujos masivos de datos de eventos y/o sensores en paralelo – y todo bajo al menos requisitos de procesamiento casi en tiempo real. Este problema puede resolverse mediante la disposición en paralelo de los detectores de eventos, que pueden, a modo de ejemplo, realizarse en diferentes nodos de redes de una red informática, lo que permite, a modo de ejemplo, comunicarse a través de Ethernet. Por lo tanto, un detector de eventos extrae automáticamente un determinado evento de interés a partir de un flujo de datos de sensores o de eventos en conformidad con las especificaciones de eventos de un usuario. Detectores de eventos individuales pueden distribuirse a través de diferentes nodos de red de una red de datos, en donde los diferentes detectores de eventos se comuniquen utilizando datos de detectores y/o eventos que se desplazan a través de la red utilizando rutas y bifurcaciones de redes diferentes. En consecuencia, los datos brutos de sensores y/o eventos pueden transportarse en paquetes de datos en conformidad con algún protocolo de transporte, tal como, a modo de ejemplo, UDP (Protocolo de Datagrama de Usuarios), TCP (Protocolo de Control de Transmisión)/IP (Protocolo Internet), etc. Este concepto, sin embargo, causa nuevos problemas con respecto a la carga de cálculo informático posiblemente desequilibrada entre diferentes nodos de redes y con respecto a la sincronización de flujos de datos de eventos dentro de la red. Sin contramedidas adecuadas, las cargas de cálculo informático entre diferentes nodos de la red están desequilibradas y los flujos de datos de eventos y/o sensores individuales, en la red, no están sincronizados temporalmente entre sí, lo que significa que eventos individuales pueden alcanzar un detector de eventos fuera de su orden temporal original y dan lugar, en consecuencia, a resultados detectados falsos.

Examinemos, a modo de ejemplo, un escenario operativo deportivo de fútbol americano, en donde una pluralidad de detectores de eventos de funcionamiento automático en paralelo se supone que detectan pase desde el jugador A al jugador B. Con el fin de detectar dicho evento de "pase" se requiere la secuencia de eventos precedente siguiente:

1. "el jugador A está en posesión del balón"
2. "el jugador A golpea el balón",
3. "el balón abandona la posición del jugador A",
4. "el balón llega cerca del jugador B",
5. "el jugador B golpea el balón".

La detección de eventos para el evento de “el jugador X golpea el balón” puede basarse en la secuencia de eventos de “el jugador X cerca del balón y un máximo de aceleración detecta del balón. Existen las siguientes alternativas para la configuración de un detector de eventos automatizado para dicho evento “el jugador X golpea el balón”.

5 Se puede esperar eventos requeridos individuales – uno tras otro. Si se han considerado todos los eventos requeridos en el orden correcto (temporal) (en este caso, cualesquiera criterios de interrupción no son considerados para mayor simplicidad), puede decirse que se ha visto o experimentado un pase. Sin embargo, para aplicaciones complejas, la detección de todos los eventos requeridos no tiene lugar necesariamente en un nodo de red único o
10 una unidad CPU (Unidad Central de Procesamiento) debido a la disposición en paralelo de los detectores de eventos. Por este motivo, no está necesariamente garantizado que los eventos requeridos individuales alcancen el detector de eventos en el orden requerido correcto. Esto puede deberse, a modo de ejemplo, a fluctuación de la red, carga de la unidad CPU desequilibrada y/o variable o aumento de la carga de la red.

15 En consecuencia, se podría intentar memorizar los eventos y luego buscar en la memoria el modelo de eventos correcto. ¿Pero qué magnitud de memoria intermedia debería utilizarse?. Si se considera que un pase ha de suceder dentro de un máximo de 5 segundos, se tendría que considerar eventos dentro de un periodo de tiempo de un máximo de 5 segundos después del primer evento pertinente hasta que se haya detectado el pase o hasta que se haya interrumpido voluntariamente. Sin embargo, es también posible que el último evento pertinente tenga un
20 cálculo informático demasiado complejo, lo que exige una pequeña memoria intermedia adicional. ¿Pero cuál es el tamaño de esta memoria intermedia adicional?. Y ¿cuál es la magnitud de la memoria intermedia relacionada con detectores de eventos compuestos que requieren el evento de “pase” como un evento de entrada?. Los retardos de señalización de eventos son dependientes de una configuración de sistema/red completa, esto es, la distribución de los detectores de eventos, así como la carga de la red y la carga de la unidad CPU. Ni la configuración del sistema final ni el escenario operativo de la carga pueden estar previstos en el momento de la compilación.

La mayoría de los sistemas de detección de eventos existentes no consideran el retardo de la señalización de eventos antes citado y/o las cuestiones del equilibrio de las cargas, puesto que en numerosos casos carece de importancia los retardos de propagación o procesamiento de eventos. Sin embargo, éste no es el caso en particular
30 para sistemas de detección de eventos en tiempo real de alta complejidad, tales como escenarios de seguimiento de posiciones o de elementos financieros.

El siguiente ejemplo relacionado con el fútbol americano se refiere al problema del retardo de eventos sobre la base de un escenario de detección de eventos “offside” frecuentemente requerido, lo que se ilustra esquemáticamente en la Figura 1.

El jugador 100 pasa el balón 110 hacia delante a su compañero de equipo 120. En el tiempo verdadero (real) del pase, esto es, el momento en el que el balón 110 experimenta una oscilación de aceleración o de valor máximo (véase Figura 1, izquierda), el jugador 120 está situado en posición “offside” (fuera de juego) en unos pocos centímetros. En consecuencia, el juego tendría que interrumpirse.

Sin embargo, para poder ser capaces de distinguir entre un pase directo o un *dribbling* del primer jugador 100, el pase desde el primer jugador 100 al segundo jugador 120 solamente puede detectarse cuando el balón 120 abandona realmente la posición del primer jugador 100. Debido a la tasa de datos limitada de los datos del sensor, esta decisión característica puede tener un retardo “natural” de al menos unos pocos milisegundos. Después de transcurrir este retardo natural, el segundo jugador 120 puede, sin embargo, ya no estar en una posición de fuera de juego (véase Figura 1, derecha).

En este caso, simplemente considerando el orden temporal de los eventos participantes automáticamente generados no es suficiente tomar la decisión de fuera de juego. Además, han de clasificarse. No solamente el tiempo de cálculo del evento o el retardo de propagación es importante, sino también las variaciones en tiempo real causales que han de considerarse. La marca temporal del evento del pase detectado ha de ser objeto de reposición en el pasado, esto es, el momento en el que el balón experimenta un impulso de aceleración.

Además de la estabilidad del sistema general demandada, es deseable garantizar una distribución de la carga informática posiblemente igual en un sistema informático distribuido también debido a la importancia del orden temporal de los eventos para decisiones de seguimiento correctas o los propios eventos.

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

60 La invención se establece con respecto a un aparato independiente en la reivindicación 1, el método correspondiente en la reivindicación 9 y el programa informático correspondiente en la reivindicación 10.

65 Para detectar eventos, tales como eventos primitivos y/o compuestos, varios detectores de eventos pueden hacerse funcionar en diferentes nodos de un sistema informático distribuido. Por lo tanto, un evento primitivo suele estar exclusivamente basado o derivado a partir de datos (brutos) de sensores, mientras que un evento compuesto suele

estar basado en eventos primitivos u otros eventos compuestos precedentes. Los datos de sensores pueden derivarse de una red de sensores acoplada al sistema distribuido, en donde la red de sensores puede, en particular, ser una red de seguimiento de localizaciones inalámbrica o un sistema pertinente, en conformidad con algunas formas de realización. En este caso, los datos de sensores pueden comprender datos cinemáticos comprendiendo, a su vez, los datos cinemáticos, muestras de datos de localizaciones geográficas, muestras de datos de velocidad y/o muestras de datos de aceleración, en donde las muestras de datos individuales corresponden a intervalos temporales de muestras predefinidos, respectivamente. Por lo tanto, los eventos pueden detectarse por detectores de eventos sobre la base de eventos anteriores y/o flujos de datos de detectores en paralelo que se derivan a partir de un sistema de localización geográfica.

Dichos detectores de eventos pueden causar diferentes cargas sobre sus respectivos nodos asociados y/o el sistema informático distribuido completo, dependiendo de la condición del sistema y/o dependiendo de la complejidad informática del algoritmo subyacente del detector de eventos y/o los datos de detectores que han de analizarse. Por lo tanto, en un escenario de premisas o condiciones cambiantes de una configuración del sistema original, una distribución original de los detectores de eventos en los diversos nodos de la red podría llegar a ser sub-óptimos con respecto al equilibrio de carga informática o podría incluso dar lugar a una interrupción no planificada del sistema informático distribuido.

Dichos desequilibrios de cargas indeseables pueden contrarrestarse por las formas de realización de la presente invención. Si, a modo de ejemplo, al menos un retardo de eventos alcanza un valor prohibitivamente alto, ello puede constituir un indicador para ese hecho en un procedimientos de detector de eventos original a partir de los cuales el evento correspondiente alcanza un proceso de detector de eventos destino, se sobrecarga o experimenta algunos otros problemas operativos. En dicho escenario, puede ser deseable transferir o reubicar el proceso de detector de eventos origen en condición anómala a algún otro recurso de hardware del sistema informático distribuido. A modo de ejemplo, el proceso de detector de eventos origen en condición anómala puede transferirse desde su nodo actual a otro nodo, físicamente separado y diferente, del sistema informático distribuido, que tiene más recursos de hardware disponibles.

Para esta finalidad, las formas de realización de la presente invención dan a conocer un aparato para la transferencia de 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. El segundo nodo es físicamente diferente del primer nodo. El aparato comprende un medio para copiar un contenido de proceso del primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos, medios para coordinar eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos tales como los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos que se procesan en paralelo en, a la vez, el primer y el segundo proceso de detector de eventos y medios para verificar si los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, que se procesan en paralelo en, a la vez, el primer y el segundo proceso de detector de eventos, conducen a eventos de salida idénticos en ambos primero y segundo proceso de detector de eventos.

En conformidad con algunas formas de realización, un proceso de detector de eventos ha de entenderse como una instancia operativa de un programa informático que se está ejecutando en un nodo del sistema distribuido. Un proceso de detector de eventos comprende el código del programa del programa informático y su actividad actual. El sistema distribuido puede ser una red informática distribuida o un procesador multinúcleo, a modo de ejemplo. En caso de una red informática, un nodo, esto es, un nodo de red, puede comprender un dispositivo informático o una unidad de procesamiento (p.ej., unidad CPU) que se comunica con otros nodos de la red a través de Ethernet, a modo de ejemplo, o alguna otra forma de tecnología de comunicación por redes.

En conformidad con algunas formas de realización, un proceso de detector de eventos puede comprender una máquina de estados, que puede entenderse como un modelo de comportamiento utilizado para diseñar un programa informático subyacente del proceso de detector de eventos. Una máquina de estados está constituida por un número (finito) de estados asociados a transiciones, en donde la transición es un conjunto de acciones que se inicia desde un estado y finaliza en otro (o el mismo) estado. Una transición se inicia por un dispositivo iniciador, en donde dicho dispositivo iniciador puede, a modo de ejemplo, ser un evento primitivo o evento compuesto o una entrada de datos brutos de sensores al proceso de detector de eventos. Por lo tanto, en conformidad con los aspectos de la idea inventiva de la presente invención un proceso de detector de eventos puede comprender una máquina de estados y un contenido de proceso de detector de eventos o respuesta anticolidión que puede reflejar un estado actual de dicha máquina de estados, tal como, a modo de ejemplo, variables individuales o conjuntos matriciales o variables. Para procesos de detector de eventos, la máquina de estados puede ser una máquina de estados basada en software, p.ej., una máquina de estados de Lenguaje Unificado de Modelado (UML).

El aparato para la transferencia, que puede referirse entonces como un aparato de transferencia, puede ponerse en práctica, a modo de ejemplo, como una entidad central del sistema informático distribuido. Dicha entidad central puede tener información sobre más o la totalidad de los retardos de señales de eventos que se desplazan a lo largo de diferentes rutas en el sistema distribuido. Por lo tanto, un retardo de un evento puede, a modo de ejemplo, deberse a diferente fluctuación, diferentes capacidades de procesamiento y/o diferentes tiempos de propagación de las señales de las rutas o trayectorias de las redes. Como alternativa o de forma adicional, el aparato de

transferencia central puede tener información sobre más o la totalidad de situaciones de carga (p.ej., carga de la unidad CPU) de nodos individuales y/o información indicativa de una carga del sistema global. En consecuencia, en conformidad con algunas formas de realización, el aparato de transferencia puede tener un conocimiento global de los parámetros del sistema. En conformidad con otras formas de realización, el aparato de transferencia puede ser también no central, esto es, distribuido a través de una pluralidad de nodos de la red. En este caso, un nodo de la red solamente puede tener información limitada indicativa de su propia carga o situación de retardo de eventos. Por lo tanto, el conocimiento de los parámetros del sistema global puede no estar disponible en algunas formas de realización.

Los procesos de detectores de eventos del sistema pueden estar distribuidos entre los nodos de la red en conformidad con un determinado criterio de distribución de procesos de detector de eventos, que puede ser más o menos óptimo, dependiendo del parámetro del sistema global o del nivel de conocimiento de la situación del sistema del aparato de transferencia. Un aparato de transferencia central acoplado a por lo menos una pluralidad de nodos de red pueden más información del sistema disponible que la forma de realización de un aparato de transferencia, que solamente están acoplados a un nodo de red único o a unos pocos nodos de red.

Formas de realización del aparato de transferencia pueden comprender medios para determinar el segundo nodo entre un conjunto de posibles segundos nodos sobre la base de un criterio de distribución del proceso de detector de eventos (óptimo). Dependiendo de lo que se considere como ser "óptimo", el criterio de distribución de procesos de detector de eventos óptimo puede dar lugar a uno de entre un retardo global mínimo de todos los eventos en el sistema informático distribuido, un número mínimo de suscripciones de eventos seguras en el sistema informático distribuido, una variación mínima de la carga de un nodo dado del sistema informático distribuido o una carga mínima del sistema informático distribuido global. En consecuencia, un proceso de detector de eventos, o un planificador de eventos que le esté asociado, pueden realizar la suscripción a eventos que sean requeridos por el proceso de detector de eventos para determinar sus eventos de salida. Si algunos eventos de entrada son absolutamente obligatorios para el detector de eventos puede "suscribirse de forma segura" a dichos eventos de entrada. En este caso, los eventos en cuestión pueden transportarse al planificador/detector de eventos mediante conceptos de transmisión controlada por errores (p.ej., Demanda de Repetición Automática (ARQ)).

En conformidad con algunas formas de realización, el aparato de transferencia puede comprender medios para crear una instancia operativa de proceso, que esté en correspondencia con el primer proceso de detector de eventos, en el segundo nodo con el fin de obtener el segundo proceso de detector de eventos. Una instancia operativa ha de entenderse como una ocurrencia o una copia de un objeto, se esté ejecutando actualmente o no lo esté. Instancias operativas de una clase o de un proceso comparten el mismo conjunto de atributos, pero suelen diferir en lo que contienen esos atributos. El procedimiento de transferencia de procesos de detector de eventos puede, a modo de ejemplo, realizarse con la ayuda de un Sistema Operativo (OS) que controle el sistema informático distribuido. Un sistema operativo OS, por lo tanto, ha de entenderse como un conjunto de programas que gestiona los recursos de hardware del ordenador del sistema distribuido, y proporciona servicios comunes para el software de aplicación, tales como los procesos de detectores de eventos, a modo de ejemplo. Dichos servicios del sistema operativo OS pueden comprender también funcionalidades de instanciación, esto es, funcionalidades para crear una instancia operativa del proceso, a la que puedan tener acceso los medios para copiar el contenido del proceso. Es decir, los medios de creación pueden comprender medios para acceder a funcionalidades de instanciación de procesos de un sistema operativo que controla el sistema distribuido.

Tan pronto como el segundo proceso de detector de eventos, que es una instancia operativa del primer proceso de detector de eventos, haya sido objeto de instanciación en el segundo nodo, puede suscribirse a los mismos eventos a los que el segundo proceso de detector de eventos del primer nodo haya estado ya suscrito, con el fin de recibir los mismos eventos o flujos de eventos desde el sistema distribuido como señales de entrada. Dicho de otro modo, los medios para crear la instancia pueden ser utilizables, después de la instanciación del segundo proceso de detector de eventos en el segundo nodo, para la suscripción del segundo proceso de detector de eventos para o a eventos de entrada idénticos que los del primer proceso de detector de eventos.

Los servicios del sistema operativo pueden comprender, además, funcionalidades de copia, a las que pueden tener acceso los medios de copia para copiar el contenido del proceso. Es decir, los medios de copia pueden comprender medios para acceder a las funcionalidades de copia del proceso de un sistema operativo que se ejecuta en los nodos informáticos o alguna otra entidad de control del sistema distribuido. Los medios de copia pueden ser también utilizables para "congelar" el contenido del proceso del primer proceso de detector de eventos en un instante temporal predefinido con el fin de obtener una condición definida del primer proceso de detector de eventos en el instante de la "congelación". Por lo tanto, el término "congelación" significa que el proceso de detector de eventos se lleva a un estado determinado y deja de dar respuesta a sus entradas en el instante de la congelación operativa. Dicho de otro modo, el primer proceso de detector de eventos puede interrumpirse en el instante de la congelación operativa con el fin de copiar su contenido para el segundo proceso de detector de eventos objeto de instanciación.

Por lo tanto, los medios de copia pueden adaptarse para copiar el contenido del proceso congelado desde el primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos con el fin de obtener el mismo estado determinado o condición definida en el segundo proceso de detector de eventos. En consecuencia, los medios para

copiar pueden ser utilizables para copiar el contenido del proceso de forma iterativa desde el primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos, de modo que sea copiado primero el contenido del proceso (que ya no cambiará durante el resto del procedimiento de copia). Es decir, en cada iteración, solamente se copia el contenido del proceso, que no cambiará durante el procedimiento de copia restante. Lo que antecede permite copiar el contenido del proceso sin interrumpir explícitamente los procesos de detector de eventos mientras se realiza la copia. En consecuencia, los datos contenidos en el primer proceso de detector de eventos pueden copiarse desde el primer nodo al segundo nodo en una pluralidad de iteraciones. En consecuencia, debe definirse qué datos pertenecen a la información del estado operativo de un detector de eventos. En caso de procesos, ésta es la memoria de procesos, a modo de ejemplo. Mientras se copia, de forma iterativa, el contenido del proceso, la diferencia o el intervalo (esto es, el denominado delta) del contenido del proceso a copiarse obtiene una diferencia cada vez menor hasta que la diferencia permanezca pequeña si no es cero. Es decir, una copia del delta del contenido del proceso no será cero puesto que un detector de eventos "no congelados" puede cambiar su estado de forma continua. Por lo tanto, antes de copiar un último delta de contenido, el proceso de detector de eventos puede congelarse de forma conveniente.

Antes del recientemente objeto de instanciación, esto es, el segundo proceso de detector de eventos, se inicie o conmute en el segundo nodo, los datos de entrada (idénticos) de ambos procesos de detector de eventos pueden memorizarse de modo que ambos procesos de detector de eventos que, debido a la operación de copia, ya tienen, en condiciones ideales, la misma condición interna definida, también obtienen datos de entrada externos idénticos comenzando a partir del instante predefinido, esto es, el instante de "congelación". Por lo tanto, los medios para copiar pueden ser también utilizables para memorizar los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos durante y/o después de la copia del contenido el proceso desde el primero al segundo proceso de detector de eventos.

Cuando la totalidad del contenido del proceso pertinente ha sido copiado desde el primero (es decir, la antigua instancia), al segundo (esto es, la nueva instancia) proceso de detector de eventos y los datos de entrada han sido memorizados, ambos procesos de detector de eventos pueden activarse para el procesamiento en paralelo de los datos de entrada (eventos) memorizados (idealmente idénticos) a condición de que el primero y el segundo proceso de detector de eventos estén ambos en las mismas condiciones internas o estados. Es decir, ambos detectores de eventos pueden activarse después de la copia y del procedimiento de memorización y pueden procesar los mismos datos de entrada bifurcados y, por lo tanto, en paralelo. Para esta finalidad, los medios para coordinar pueden ser utilizables para planificar la copia de contenidos de procesos, la memorización intermedia y el procesamiento de los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, de modo que el primero y el segundo proceso de detector de eventos se realicen en paralelo comenzando desde el instante temporal predefinido (congelación) y sobre la base del contenido del proceso objeto de copia. De este modo, las instancias de procesos que se ejecutan en diferentes nodos de red pueden producir salidas idénticas. Además, los medios de coordinación pueden tener acceso al sistema operativo OS para esa finalidad, a modo de ejemplo.

Los medios para verificar, que pueden, a modo de ejemplo, comprender un comparador, pueden verificar luego si ambos procesos de detector de eventos conducen realmente, o no, a la misma salida, respectivamente. Si éste no fuera el caso, pueden desactivarse el antiguo, es decir, el primero, proceso de detector de eventos. De este modo, puede disminuir la carga del primer nodo. Si ambos procesos de detector de eventos no conducen a la misma salida, la copia precedente y/o el procedimiento de memorización intermedia probablemente haya tenido un fallo operativo y el nuevo proceso de detector de eventos (esto es, el segundo) puede desactivarse para iniciar el procedimiento de transferencia de detector de eventos completo desde el principio. Por lo tanto, en conformidad con algunas formas de realización, los medios para la verificación pueden ser utilizables para desactivar el primer proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida, en ambos primero y segundo proceso de detector de eventos, sean idénticos o, desactivar el segundo proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida en ambos primero y segundo proceso de detector de eventos no sean idénticos.

En conformidad con un aspecto adicional de la idea inventiva de la presente invención, se da a conocer también un sistema informático distribuido para determinar los eventos sobre la base de al menos un flujo de datos (brutos) de sensores. El sistema informático distribuido, dado a conocer, que puede ser una red informática, comprende una pluralidad de nodos distribuidos, teniendo cada uno de ellos un proceso de detector de eventos asociado y al menos una forma de realización de un aparato para la transferencia de procesos de detector de eventos entre los nodos distribuidos del sistema informático distribuido.

En algunas formas de realización, el sistema informático distribuido puede acoplarse a un sistema de localización para localizar y/o efectuar el seguimiento de objetos dentro de una zona geográfica preestablecida, en donde el sistema de localización proporciona el por lo menos un flujo de datos de sensores para el sistema informático distribuido, conteniendo el flujo de datos de sensores, que son datos indicativos de posiciones geográficas de los objetos localizados. El sistema de localización puede basarse de una red de sensores inalámbrica, que ha sido ya descrita en la parte introductoria de esta especificación.

A pesar de la transferencia de los procesos de detectores de eventos, los eventos que se desplazan a lo largo de diferentes rutas o trayectorias a través del sistema distribuido pueden experimentar todavía retardos diferentes,

incluso cuando los detectores de eventos estén (casi) óptimamente distribuidos en el sistema distribuido. Lo que antecede puede deberse a diferentes retardos de propagación, tiempo de procesamiento de señales y/o fluctuación de la red. Las diferencias en los retardos de eventos pueden dar lugar a detecciones de eventos compuestos falsas indeseables, puesto que un detector de eventos puede consumir eventos de entrada en un orden temporal que no corresponda a su orden de ocurrencia original. Por lo tanto, además de una distribución óptima de los detectores de eventos entre varios nodos de la red, una recuperación de un orden temporal original de eventos que alcanzan un detector de eventos a través de diferentes rutas de la red y, por lo tanto, que experimenten diferentes retardos de procesamiento y/o programa de aplicación pueden ser deseables para obtener resultados óptimos.

Lo que antecede puede conseguirse retardando los eventos adecuadamente antes del reenvío o su retransmisión a un detector de eventos posterior. El tiempo en el que un evento es retardado para el detector de evento posterior puede basarse en la marca temporal original del respectivo evento y los retardos de procesamiento y/o propagación de todos los eventos de entrada requeridos por el detector de eventos posterior con el fin de determinar su evento de salida.

Para esta finalidad, las formas de realización de la presente invención dan a conocer también un aparato para sincronizar un primer evento con un segundo evento. El primer evento se ha asociado con un primer valor de temporización de eventos basado en una señal de reloj común, mientras que el segundo evento se ha asociado con un segundo valor de temporización de eventos basado en la señal de reloj común. El primero y el segundo eventos experimentan diferentes retardos, respectivamente, mientras se desplazan a través de diferentes rutas de un sistema informático distribuido. Al menos un evento de salida ha de determinarse sobre la base del primero y del segundo evento por un detector de eventos. En conformidad con las formas de realización, el aparato para sincronizar comprende un compensador de retardos asociado al detector de eventos, en donde el compensador de retardos comprende una entrada para recibir el primero y el segundo eventos y una salida para reenviar las versiones retardadas del primero y segundo eventos recibidos al detector de eventos asociado. El compensador de retardos es utilizable para retransmitir o enviar el primero y el segundo evento al detector de eventos asociado sobre la base de los retardos experimentados y basados en el primero y segundo valores de temporización de eventos asociados, que pueden referirse también como marcas temporales de eventos que reflejan el tiempo de ocurrencia del evento original, respectivamente.

En conformidad con otro aspecto de la presente invención, el aparato para la transferencia del primer proceso de detector de eventos puede integrarse en un sistema informático distribuido, preferentemente, pero no de forma exclusiva, en combinación con el aparato para sincronizar los primeros y segundos eventos operativos. Dicho sistema informático distribuido puede, por consiguiente, comprender una pluralidad de nodos distribuidos, en donde cada uno de entre la pluralidad de nodos distribuidos comprende un aparato para sincronizar, en conformidad con las formas de realización de la presente invención, y un aparato la transferencia de 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, en donde el aparato para la transferencia comprende las características operativas antes citadas.

Dicho de otro modo, las formas de realización dan a conocer un sistema informático distribuido para determinar eventos basados en al menos un flujo de datos de detectores (brutos). El sistema informático distribuido que puede ser una red de ordenadores, comprende una pluralidad de nodos distribuidos. El sistema informático distribuido comprende una forma de realización del aparato de transferencia en conformidad con la presente invención. Además, cada uno de entre la pluralidad de nodos informáticos distribuidos pueden comprender un aparato para sincronizar un primer evento, que tenga asociado un primer valor de temporización de eventos basado en una señal de reloj común, y un segundo evento que tiene asociado un segundo valor de temporización de eventos sobre la base de la señal de reloj común, en donde el primero y el segundo eventos experimentan diferentes retardos mientras se desplazan a través de diferentes rutas del sistema informático distribuido. Al menos un evento de salida ha de determinarse por detector de eventos sobre la base del primer evento y del segundo evento. El aparato para la sincronización comprende un compensador de retardos asociado para el detector de eventos, teniendo el compensador de retardos una entrada para la recepción del primero y del segundo eventos y teniendo una salida para reenviar las versiones retardadas del primero y del segundo eventos recibidos al detector de eventos asociado, en donde el compensador de retardos es utilizable para retransmitir el primero y el segundo eventos al detector de eventos sobre la base de los retardos experimentados y basado en los primeros y segundos valores asociados.

Los desequilibrios de la carga indeseables antes citados entre diferentes nodos pueden, a modo de ejemplo, detectarse mediante formas de realización del aparato de sincronización o su compensador de retardos. Si, a modo de ejemplo, al menos un retardo de eventos alcanza un retardo prohibitivamente alto, esta circunstancia puede ser un indicador para ese hecho de que un proceso de detector de eventos origen desde el que los correspondientes eventos alcanzan el compensador de retardos, está sobrecargado o experimenta algún otro problema. En dicho escenario operativo puede ser deseable transferir o reubicar el proceso de detector de eventos origen en condición anómala a algún otro recurso de hardware del sistema informático distribuido. A modo de ejemplo, el proceso de detector de eventos origen en condición anómala puede transferirse desde nodo origen actual a otro nodo de destino diferente y físicamente separado del sistema informático distribuido, que tiene más recursos de hardware disponibles. El aparato para la transferencia de eventos y el aparato para sincronizar eventos pueden, por lo tanto, cooperar, de

forma sinérgica, en la manera descrita. Es decir, el aparato para la sincronización puede detectar un retardo y, por lo tanto, anomalías de carga dentro del sistema informático distribuido, mientras que el aparato para la transferencia puede efectuar la transferencia de procesos de detector de eventos con el fin de equilibrar mejor la distribución de detectores de eventos, dando lugar a más pequeños retardos globales y a más bajas cargas.

5 Otros aspectos de la presente invención dan a conocer también un método para la transferencia de 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 de un sistema informático distribuido, siendo el segundo nodo diferente del primer nodo. El método comprende una etapa de copia de un contenido de proceso del primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos, una etapa de coordinación de los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos de modo que los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos sean procesados en paralelo en ambos primero y segundo proceso de detector de eventos, y una etapa de verificación de si los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, que se procesan en paralelo en ambos primero y segundo proceso de detector de eventos, conducen a eventos de salida idénticos en ambos primero y segundo proceso de detector de eventos.

Algunas formas de realización comprenden un circuito de control digital instalado dentro de un aparato para realizar el método para la transferencia del primer evento y del segundo evento. Dicho circuito de control digital, a modo de ejemplo, un procesador de señal digital (DSP) necesita programarse en consecuencia. Por lo tanto, formas de realización adicionales dan a conocer también un programa informático que tiene un código de programa para realizar los modos de realización del método, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador o un procesador digital.

Una ventaja de las formas de realización de la presente invención es que los eventos pueden reconocerse/detectarse y reenviarse a detectores de eventos posteriores con solamente un retardo mínimo. Formas de realización de la presente invención pueden ponerse en práctica de modo que el reenvío de eventos con menos retardo no sea fácilmente posible sin tener el riesgo de una detección de eventos posterior errónea. Además, con formas de realización de la presente invención, los desarrolladores de detectores de eventos no necesitan tener ningún conocimiento especial sobre los retardos de eventos particulares, puesto que las formas de realización del sistema distribuido pueden medir y administrar dichos retardos de eventos de forma automática.

Otra ventaja puede derivarse de la organización automática de un sistema informático distribuido en conformidad con las formas de realización de la presente invención. Dicho sistema informático distribuido puede reaccionar sobre las condiciones del sistema cambiantes efectuando la transferencia de procesos de detector de eventos entre nodos de la red, de modo que la red o sistema distribuido sea siempre capaz de realizar un procesamiento de señales de eventos de forma sólida y eficiente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

40 Algunas formas de realización de los aparatos y/o métodos serán descritas a continuación, a modo de ejemplo solamente, y haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que

La Figura 1 ilustra un escenario operativo de detección de eventos-situaciones de fuera de juego;

45 La Figura 2 ilustra, de forma esquemática, un diagrama de bloques de un aparato para sincronizar un primer evento con un segundo evento, en conformidad con una forma de realización de la presente invención;

La Figura 3 ilustra, de forma esquemática, una forma de realización de la presente invención, en donde el aparato para sincronizar el primer evento con el segundo evento se pone en práctica como un programa middleware entre una red distribuida y un software de detector de eventos asociado;

La Figura 4 ilustra una tabla de temporización de cuatro eventos A, B, C y D que son requeridos por un detector de eventos;

55 La Figura 5 ilustra, de forma esquemática, una planificación de eventos en conformidad con una forma de realización de la presente invención;

La Figura 6 ilustra, de forma esquemática, un diagrama de flujo de un método, a modo de ejemplo, para sincronizar un primer evento con un segundo evento;

60 La Figura 7 ilustra una forma de realización de un sistema informático distribuido para determinar eventos sobre la base de al menos un flujo de datos de sensores, en donde el sistema informático distribuido comprende una pluralidad de nodos informáticos distribuidos en donde cada uno de entre la pluralidad de nodos informáticos distribuidos comprende una forma de realización del aparato para sincronizar eventos;

65 La Figura 8 ilustra, de forma esquemática, una forma de realización de un aparato para efectuar la transferencia de

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

5 La Figura 9 ilustra, de forma esquemática, un diagrama de flujo de una forma de realización del método para la transferencia de 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 DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN

10 Varias formas de realización, a modo de ejemplo, se describirán a continuación, más completamente, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que se ilustran algunas formas de realización a modo de ejemplo. En las Figuras, el espesor de las capas y/o zonas puede exagerarse para mayor claridad.

15 En consecuencia, aunque las formas de realización ejemplo son capaces de varias modificaciones y formas alternativas, dichas formas de realización se ilustran, a modo de ejemplo, en las Figuras y se describirán aquí en detalle. Debe entenderse, sin embargo, que no existe intención alguna de limitar las formas de realización ejemplo a las formas particulares dadas a conocer, sino que por el contrario, dichas formas de realización están diseñadas para cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caigan dentro del alcance de la invención. Las referencias numéricas similares se refieren a elementos similares a través de toda la descripción de las Figuras.

20 Se entenderá que cuando un elemento se refiera como estando “conectado” o “acoplado” a otro elemento, puede conectarse directamente o acoplarse al otro elemento o los elementos intervinientes que puedan estar presentes. Por el contrario, cuando un elemento se refiere como estando “directamente conectado” o “directamente acoplado” a otro no existen elementos intervinientes presentes. Otros términos utilizados para describir la relación entre elementos deben interpretarse de una forma similar (p.ej., “entre” respecto a “directamente entre”, “adyacente” frente a “directamente adyacente”, etc.).

30 La terminología aquí utilizada es para la finalidad de describir formas de realización particulares solamente y no está prevista para ser limitadora de las formas de realización ejemplo. Tal como aquí se utilizan, las formas singulares “un”, “una” y “el” están previstos para incluir también las formas plurales, a no ser que el contexto lo indique claramente de otro modo. Se entenderá, además, que los términos “comprende”, “que comprende”, “incluye” y/o “incluyendo”, cuando aquí se utilizan, especifican la presencia de características declaradas, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes, pero no excluyen la presencia o adición de una o más otras características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o sus grupos.

35 A no ser que se definan de otro modo, todos los términos (incluyendo los términos técnicos y científicos) aquí utilizados tienen el mismo significado que se entiende normalmente por un experto en esta técnica a la que pertenecen las formas de realización ejemplo. Asimismo, se entenderá que los términos p.ej., los definidos en los diccionarios normalmente utilizados, deben interpretarse como teniendo un significado que es coherente con su significado en el contexto de la técnica pertinente y no habrán de interpretarse en un sentido idealizado o formal a no ser que aquí expresamente así se definan.

45 La Figura 2 ilustra, de forma esquemática, una forma de realización de un aparato 200 para sincronizar un primer evento 202 con un segundo evento 204.

50 El primer evento 202 está asociado con un primer valor de temporización, o marca temporal original, sobre la base de una señal de referencia de reloj común. El segundo evento 204 tiene también asociado un valor de temporización de eventos original o una marca temporal, sobre la base de la señal de reloj común. Los primero y segundo valores de temporización de eventos originales representan un instante de ocurrencia del evento original. La señal de reloj común proporciona un tiempo del sistema global, que es válido para todos los nodos distintos en un sistema informático distribuido. Antes de alcanzar el aparato 200 para sincronizar los eventos, los primero y segundos eventos 202, 204 experimentan cada uno diferentes retardos cuando se desplazan a través de diferentes rutas o trayectorias del sistema informático distribuido (que no se ilustran en la Figura 2). Sobre la base de los dos eventos 202, 204 al menos un evento de salida 206 puede determinarse por detector de eventos 208, que puede disponerse posteriormente (en posición sucesiva) o en flujo descendente respecto al aparato 200 para sincronizar los eventos 202, 204.

60 El aparato de sincronización 200 que puede también considerarse como un planificador de eventos para el detector de eventos 208 en algunas formas de realización comprende un compensador de retardos 210, también referido como un medio de compensación de retardos, que está asociado o relacionado con el detector de eventos 208 posterior. El compensador de retardos 210 tiene entradas 212-1, 212-2 para recibir el primero 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 de los primero y segundos eventos recibidos 202, 204 al detector asociado 208, que puede disponerse posteriormente o en flujo descendente al compensador de retardos 210. El compensador de retardos 210 es utilizable para retransmitir los primero y segundo eventos 202, 204 al detector de eventos asociado 208 sobre la base de los retardos experimentados de los eventos 202, 204 y sobre la base de los primero y segundos

valores de temporización de eventos originales asociados o marcas temporales vinculadas a los dos eventos 202, 204.

Una configuración ejemplo de un sistema informático distribuido 300 (en forma de una red), varios detectores de eventos 208 y una forma de realización de un aparato 200 para sincronizar una pluralidad de eventos se ilustra, de forma esquemática, en la Figura 3.

La Figura 3 ilustra, de forma esquemática, una red distribuida 300 desde la que eventos 302 y datos brutos de sensores 304 alcanzan el aparato de sincronización 200, que se indica, a modo de ejemplo, como "EventCore" en la Figura 3. El aparato de sincronización 200 puede actuar como un planificador de eventos recibiendo eventos 302 y/o datos de sensores brutos 304 desde la red subyacente 300 por una parte, y reenviándolos a una pluralidad de detectores de eventos 208 acoplados al aparato de sincronización 200 en alguna salida requerida o instancias del tiempo de retransmisión, por otro lado. El aparato de sincronización 200 está adaptado para sincronizar diferentes eventos 302 y/o datos de sensores 304, que son requeridos por los detectores de eventos posteriores 208. De este modo, el aparato de sincronización 200 puede ponerse en práctica en una manera distribuida, de modo que pueda sincronizar individualmente eventos 302 o 304 requeridos por cada uno de los detectores de eventos posteriores 208. Es decir, el aparato base de eventos 200 puede comprender una pluralidad de compensadores de retardos 210 o sus instancias operativas, en donde cada uno de entre la pluralidad de compensadores de retardos 210 está asociado a uno de entre la pluralidad de detectores de eventos posteriores 208. De este modo, una instancia del compensador de retardos 210 y un detector de eventos asociado 208 pueden ponerse en práctica, preferentemente, en un nodo de red común. En conformidad con algunas formas de realización, el aparato de sincronización 200 y sus instancias de compensadores de retardos 210 pueden ponerse en práctica como un programa 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 sus diferentes instancias operativas, con lo que se permite la sincronización temporal de todas las existencias de detectores de eventos y/o compensadores de retardos 210, 208 de la arquitectura de sistema distribuido ilustrada en la Figura 3. De este modo, cada compensador de retardos 210 tiene acceso a la misma base de tiempos común. dicho de otro modo, todos los aparatos de sincronización (distribuidos) o instancias de compensadores de retardo 200, 210, pueden recuperar la misma marca temporal del sistema en cualquier momento dado. En caso de que una instancia de compensador de retardos 210 reciba un evento 302 o 304, puede memorizar dicho evento para una instancia de detector de eventos posterior asociada 208 durante una cantidad de tiempo requerida, que corresponde a una probabilidad suficientemente alta para que no se reciban, en el futuro, ningún por otro evento requerido por la instancia de detector de eventos 208 y que contenga una marca temporal anterior.

Para conocer más detalles, se describe a continuación la realización ejemplo siguiente: un detector de eventos arbitrario 208 requiere eventos de entrada A, B, C y D para ser capaz de determinar correctamente o detectar un evento de salida compuesto E sobre la base de dichos eventos de entrada. Puesto que cada instancia de red está sincronizada por la señal de reloj común global 306, es posible asociar un tiempo de detección a cada evento (véase Figura 4, columna central). De este modo, el instante de tiempo de detección de un evento es necesariamente posterior al instante de ocurrencia real del evento (véase Figura 4, columna izquierda) debido a la velocidad de procesamiento limitada.

En esta realización ejemplo, el tiempo de ocurrencia del evento A $t_{\text{event,A}}$ es 10, sin embargo, solamente se detecta por un detector de eventos en el tiempo de detección $t_{\text{detection,A}} = 14$. El detector de eventos posterior para detectar el evento compuesto E recibe el evento A requerido en el tiempo de recepción $t_{\text{ED,A}} = 16$. De forma similar, el evento B realmente sucede en $t_{\text{even,B}} = 12$ y resulta detectado por algún detector de eventos en $t_{\text{detection,B}} = 13$. El detector de eventos compuesto posterior para detectar el evento compuesto E recupera el evento B en la instancia de tiempo $t_{\text{ED,A}} = 15$. Es decir, el detector de eventos compuestos para el evento E recibe el evento B antes de que reciba el evento A, lo que, sin embargo, ha sucedido realmente con anterioridad respecto al evento B. Debido a los retardos de propagación de red y procesamiento también el evento C, que realmente aparece posteriormente al evento A, se recibe con anterioridad en el detector de eventos compuestos posterior.

A partir de este ejemplo, sin utilizar formas de realización de la presente invención, puede deducirse que el detector de eventos compuestos posterior para el evento E recibe los eventos A, B, C y D requeridos en un orden temporal (véase Figura 4, columna de la derecha), que es diferente del orden temporal o causal original (véase Figura 4, columna izquierda) de dichos eventos. De este modo, es la tarea de las formas de realización de la presente invención clasificar los eventos requeridos A, B, C y D de forma adecuada con el fin de recuperar un orden temporal que corresponde al orden temporal original antes del reenvío de los eventos requeridos A, B, C y D al detector de eventos compuestos posterior. Para esa finalidad, una instancia del aparato de sincronización 200 puede ponerse en práctica en cada nodo de red junto con un detector de eventos asociado 208.

En conformidad con las formas de realización, un compensador de retardos 210 del aparato de sincronización 200 (posiblemente distribuido) puede ser utilizable para retransmitir la pluralidad de eventos requeridos a un detector de eventos asociado, de modo que un orden temporal de las versiones retransmitidas de los eventos requeridos A, B, C y D, que han sido recibidos en el compensador de retardos 210, corresponda a un orden temporal original de la

pluralidad de eventos requeridos A, B, C y D. Para esa finalidad, el compensador de retardos 210 puede retransmitir cada uno de la pluralidad de eventos A, B, C y D de modo que una diferencia temporal relativa entre los eventos retransmitidos individuales corresponda a una diferencia temporal relativa original entre los eventos individuales A, B, C y D, respectivamente. Para recuperar el orden temporal de eventos original, el compensador de retardos 210 puede determinar las instancias temporales de salida para cada uno de entre la pluralidad de eventos A, B, C y D. De este modo, un evento se retransmite al detector de eventos asociado 210 en su instancia temporal de salida correspondiente. las instancias de tiempo de salida de los eventos puede determinarse sobre la base de un valor de retardo común y las instancias temporales de ocurrencia originales de los eventos A, B, C y D.

Con referencia al ejemplo anterior, las instancias del aparato de sincronización 200 y, por lo tanto, las instancias del compensador de retardos 210 allí incluidas, pueden medir o determinar los siguientes retardos de eventos sobre la base de sus respectivos tiempos de recepción y sus valores de temporización de eventos originales asociados respectivos que reflejan su ocurrencia 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 tiene una duración bastante más larga en comparación con los otros eventos B, C y D requeridos por el detector de eventos compuesto posterior. Lo que antecede puede, a modo de ejemplo, deberse a la detección del evento A en un nodo informático distante lo que da lugar a un largo tiempo de propagación a través de la red 300 o debido a que el evento A es detectado con un algoritmo de cálculo más complejo con un tiempo de cálculo informático más largo. En el caso, a modo de ejemplo, del retardo largo del evento A se debe probablemente a que la detección del evento dura cuatro ciclos de reloj o intervalos temporales.

Se supone que se han medido o determinado todos los retardos de todos los eventos de interés con frecuencia suficiente y se ha llegado a la posición siguiente: en la instancia temporal $t_{DC,C} = 1000$, el evento C alcanza el aparato 200 para la sincronización, incluyendo al compensador de retardos 210. El evento C se transmite a lo largo de un valor de temporización de eventos $t_{event,C} = 999$, lo que indica que el evento C ha ocurrido en el instante temporal 999. El compensador de retardos 210 busca los retardos de todos los eventos de interés, esto es, los eventos A, B, C y D requeridos por el detector de eventos compuesto 208 posterior asociado y determina la magnitud en que el evento C ha de retardarse hasta que pueda enviarse al detector de eventos 208 posterior asociado. Conviene señalar que el compensador de retardos 210 solamente conoce que los eventos A, B, C y D son requeridos por el detector de eventos posterior asociado 208 pero no en qué orden y para qué finalidad.

Las instancias temporales de salida para retransmitir el evento C al detector de eventos posterior asociado 208 pueden determinarse según la expresión

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

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

En la ecuación (1), A, B, C y D indican el primero a cuarto evento, respectivamente, $\Delta(.)$ indica un retardo de un evento desde su ocurrencia hasta la entrada del compensador de retardos 210 asociado para el detector de eventos posterior asociado 208, $\max(.)$ indica el operador máximo y $t_{out,C}$ indica la instancia temporal de salida del evento C retransmitido.

En general, el compensador de retardos 210 puede ser utilizable para determinar una instancia temporal de salida para retransmitir el evento e_j a partir de un conjunto de K eventos requeridos sobre la base de la expresión:

$$t_{out,e_j} = t_{event,e_j} + \max(\Delta(e_1), \Delta(e_2), \dots, \Delta(e_j), \dots, \Delta(e_K)). \quad (2)$$

En un sistema informático distribuido dinámico con una situación de carga cambiante de la red 300, posiblemente cambiando las capacidades de procesamiento de nodos individuales y/o posiblemente cambiando, de forma dinámica, las rutas de la red, los retardos de propagación o procesamiento de los eventos que alcanzan una instancia del compensador de retardos 210 probablemente hayan de cambiar en el transcurso del tiempo, en lugar de ser estáticos. El compensador de retardos 210 puede tener en cuenta lo que antecede determinando un valor de retardo de eventos $\Delta(e_j)$ de un evento e_j a partir de un conjunto de K eventos sobre la base de un retardo actual y

una pluralidad de retardos de eventos previamente medidos o determinados para dicho evento e_j . De este modo, los más recientes retardos de eventos pueden ponderarse más que sus retardos de eventos precedentes. 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 sobre la base de la ecuación

$$\Delta(e_j) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \left(\Delta e_j(i) \frac{1}{2^{i-1}} \right) + \theta \cdot \sigma(e_j), \quad (3)$$

en donde k indica un conjunto de k retardos de eventos ya determinados, $\Delta e_j(i)$ indica el i -ésimo retardo determinado del evento e_j , en donde $i = 1$ corresponde al más reciente retardo determinado, $\sigma(e_j)$ indica la desviación estándar de los más recientes retardos determinados $\Delta(e_j)$ y en donde θ indica un factor de seguridad. En algunas formas de realización, el factor θ puede establecerse también a cero para un cálculo más fácil y menos complejo del retardo de evento $\Delta(e_j)$ del evento j . Los sumandos individuales de la ecuación (3) son ponderados en conformidad con una fila geométrica. El factor $1/2$ sirve como un factor de normalización, puesto que la fila geométrica converge hacia 2 para un valor de "k" suficientemente grande. El término $\theta \cdot \sigma(e_j)$ puede servir como una memorización de seguridad, teniendo en cuenta la desviación estándar de los más recientes valores de la medición. Con, p.ej., $\theta = 3$, puede servir para una seguridad del 99.975 %, a modo de ejemplo. De este modo, una seguridad del 99.975 % significa que un retardo calculado u objeto de predicción, en conformidad con la ecuación (3), no es más pequeño que un retardo de red actual o real correspondiente con una probabilidad del 99.975 %. La memorización de seguridad $\theta \cdot \sigma(e_j)$ puede adaptarse para una estabilidad de la red con respecto a las variaciones de los retardos, a modo de ejemplo.

Volviendo de nuevo al ejemplo simple anterior, el evento C puede reenviarse al detector de eventos posterior asociado 208 en el instante temporal de salida $t_{out,C} = 1005$. Ésta es exactamente la instancia temporal en la que se puede afirmar que los eventos A, B y D no sucedieron causalmente antes del evento C. En nuestro ejemplo, el del lado de la red posterior asociado 208 obtiene el reenvío de los siguientes eventos en las instancias temporales de salida o retransmisión que se indican en la tabla siguiente.

Evento	Ocurrencia	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

Como puede deducirse de la tabla anterior, los eventos A, B, C y D han sido reenviados por el compensador de retardos 210 al detector de eventos posterior asociado 208 en un orden correcto en conformidad con su orden de ocurrencia temporal original.

El principio de funcionamiento de un aparato de sincronización 200, que comprende un compensador de retardos 210, se ilustra de forma esquemática por la Figura 5.

Un evento entrante indicado por la referencia numérica 502, comprende un valor de temporización de eventos original t_{event} y un identificador de evento (event ID). Además, un valor temporal de salida t_{out} está asociado con el evento 502. La salida del evento o el tiempo de retransmisión t_{out} puede determinarse sobre la base del tiempo de evento original t_{event} y un valor de retardo común δ , que es 79 en el ejemplo ilustrado en la Figura 5. Los posibles cálculos del valor de retardo común han sido descritos con anterioridad. El evento 502 a retransmitirse a un detector de eventos posterior o de flujo abajo 208 puede insertarse luego en una memoria intermedia de retransmisión o planificación 504 del aparato de sincronización 200. La inserción de eventos entrantes en la memoria intermedia 504 puede basarse en sus instancias temporales de salida determinadas t_{out} , en donde los eventos han de reenviarse al detector de eventos posterior asociado 208. Para el evento ejemplo 502, que acaba de llegar en la entrada del compensador de retardos 210, la instancia temporal de salida t_{out} ha sido calculada para ser 367. Por ese motivo, se inserta entre dos eventos memorizados que han de planificarse (esto es, reenviarse) en los tiempos de salida 364 y 369, respectivamente. Después de que los eventos se hayan retardado en conformidad con el valor de retardo común actual δ , que es 79 en el ejemplo ilustrado, los eventos contenidos en la memoria intermedia de eventos 504 son objeto de planificación o notificación, es decir, reenviados al detector de eventos asociado posterior 208. Después de que un evento haya sido reenviado al detector de eventos asociado 208, el evento puede suprimirse antes de que se planifique el siguiente evento en la memoria intermedia 504.

La Figura 6 ilustra, de forma esquemática, un diagrama de flujo de un método 600 para sincronizar el primer evento 202 y el segundo evento 204 en conformidad con una forma de realización de la presente invención.

Según se indicó con anterioridad, los dos eventos 202, 204 tienen asociadas las primeras y segunda marcas

temporales de eventos $t_{\text{event.e1}}$, $t_{\text{event.e2}}$ sobre la base de la señal de reloj común 306, respectivamente. Además, el primer y el segundo evento experimentan ambos diferentes retardos $\Delta(e1)$, $\Delta(e2)$, mientras que se desplazan a través de diferentes rutas del sistema informático distribuido 300. Para sincronizar los eventos 202, 204, el método de sincronización 600 comprende una etapa 602 de retransmisión, en un compensador de retardos 210, los primero y segundos eventos 202, 204 al detector de eventos asociado 208, en donde los primero y segundo eventos 202, 204 son retransmitidos al detector de eventos 208, sobre la base de los retardos experimentados $\Delta(e1)$, $\Delta(e2)$ y sobre la base de las primera y segunda marcas temporales de eventos originales asociadas $t_{\text{event.e1}}$, $t_{\text{event.e2}}$. Además, el método 600 comprende una etapa 604 de detección, en el detector de eventos 208 asociado al compensador de retardos 210, de al menos un evento de salida 206 sobre la base del primer y del segundo eventos de entrada 202', 204' retransmitidos. El primer evento retransmitido y el segundo evento de entrada retransmitido 202', 204' pueden indicarse también como versiones retransmitidas del primero y del segundo eventos de entrada retransmitidos. En condiciones normales, estas versiones retransmitidas son idénticas a los primero y segundos eventos 202, 204, respectivamente. Sin embargo, pueden ser temporalmente retardados por el aparato de sincronización 200 o su compensador de retardos 210.

El concepto descrito solamente se aplica de forma fiable si se dispone de retardos de eventos determinados o medidos. Inmediatamente después del inicio operativo del sistema, los retardos de eventos son desconocidos. Sin embargo, es posible proporcionar retardos de eventos iniciales al compensador de retardos 210 después de la iniciación del sistema. Dichos retardos de eventos iniciales pueden basarse en experiencias del tipo de caso más desfavorable para los eventos respectivos. Como alternativa, el aparato de sincronización puede memorizar su conocimiento sobre los retardos de eventos antes de su desactivación, de modo que cada instancia del aparato de sincronización 200 puede recuperar la configuración de un estado (red) anterior y, en consecuencia, puede aproximar los retardos para la configuración de red actual, puesto que tiene información sobre qué eventos se ejecutan en qué nodos del sistema informático distribuido.

Los valores de retardos medidos pueden haberse medido en diferentes situaciones de la red y/o carga de CPU. Esto podría tenerse en cuenta mediante una normalización apropiada de los respectivos valores de retardos medidos. A modo de ejemplo, el factor de normalización que refleja una situación de carga actual podría aplicarse al valor del retardo medido bajo dicha situación de carga actual. A modo de ejemplo, un factor de normalización correspondiente a una situación de carga normal podría ser el valor uno. Si un valor de retardo se determina en una situación de alta carga, esta última puede reflejarse por un factor de normalización mayor que 1. Por el contrario, si un valor de retardo se mide bajo condiciones de carga baja, esta circunstancia puede reflejarse por el factor de normalización menor que 1. El peso de ponderación real aplicado al valor del retardo respectivo, a modo de ejemplo, en la ecuación (3) podría ser entonces dependiente 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 menor que una situación de carga, en donde se ha medido un determinado valor del retardo, dicho método podría dar lugar a un valor de retardo normalizado que sea más pequeño que el valor del retardo realmente medido con el fin de tener en cuenta la situación de carga más pequeña o más baja.

La Figura 7 ilustra, de forma esquemática, una forma de realización adicional de la presente invención.

La Figura 7 ilustra, de forma esquemática, un sistema informático distribuido 700 para determinar los eventos basados en al menos un flujo de datos o sensor 702-1, 702-2. El sistema informático distribuido 700, que puede ser una red de ordenadores distribuida o un procesador multi-núcleo, a modo de ejemplo, comprende una pluralidad de nodos informáticos distribuidos 704, en donde cada uno de entre la pluralidad de nodos informáticos distribuidos 704 comprende un aparato 200 para la sincronización en conformidad con las formas de realización de la presente invención.

En conformidad con una forma de realización de la presente invención, cada uno de los nodos informáticos 704 puede comprender, de este modo, 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 también un detector de eventos asociado 208. En conformidad con una forma de realización, a modo de ejemplo, los nodos informáticos 704 pueden ser ordenadores o procesadores de señales distribuidos. En algunas otras formas de realización, los nodos 704 pueden ser también una versión diferente de una unidad de procesamiento multi-núcleo que se pone en práctica en el mismo dispositivo informático y en consecuencia, se localiza prácticamente en la misma posición geográfica.

Formas de realización de la presente invención están relacionadas, en particular, con la detección de eventos sobre la base de los datos de sensores brutos que se derivan de un sistema de seguridad inalámbrico, que puede utilizarse para el seguimiento de los jugadores y todas las posiciones de un evento deportivo en el que se utilice un balón, tal como, a modo de ejemplo, soccer, fútbol americano, rugby, tenis, etc. En consecuencia, el sistema informático distribuido 700 puede acoplarse a dicho sistema de seguimiento inalámbrico o sistema de localización para localizar y/o efectuar el seguimiento de objetos y todas las personas con una zona geográfica preestablecida, que puede ser un campo de fútbol americano, a modo de ejemplo. El sistema de localización introduce el al menos un flujo de datos de sensores 702-1, 702-2 al sistema informático distribuido 700, en donde el flujo de datos de sensores contiene datos que son indicativos de las posiciones geográficas de los objetos localizados. Además, el

flujo de datos de sensores puede contener también otros datos cinemáticos de los objetos localizados.

Para detectar eventos, tales como eventos primitivos y/o compuestos, varios detectores de eventos 208 se hacen funcionar en diferentes nodos 704 del sistema informático distribuido 700. Dichos detectores de eventos o instancias de detectores de eventos 208 pueden causar una carga diferente sobre sus respectivos nodos 704 y/o el sistema informático distribuido completo 700, dependiendo de una condición actual del sistema 700 o dependiendo de la complejidad de los detectores de eventos 208 y/o los flujos de datos de sensores 702-1, 702-2 para ser analizados. De este modo, en un escenario de premisas o condiciones cambiantes de una configuración del sistema original, esto es, una distribución de los detectores de eventos 208 en los diversos nodos de red 704, una configuración del sistema actual podría considerarse como sub-óptima o podría incluso dar lugar a una interrupción operativa (*crash*) del sistema informático distribuido 700.

Dichos desequilibrios de la carga indeseables, que, en consecuencia, conducen también a retardos de eventos desequilibrados, pueden detectarse por las formas de realización del aparato de sincronización 200 o, en particular, 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, ello puede indicar que un proceso de detector de eventos que proporciona el evento correspondiente y que está dispuesto flujo arriba para el compensador de retardos 210 puede estar sobrecargado o puede experimentar algún otro problema operativo. En dicho escenario operativo, puede ser deseable transferir o reubicar el proceso de detector de eventos con origen malintencionado para algunos otros recursos de hardware o nodo 704 del sistema informático distribuido 700. A modo de ejemplo, el proceso de detector de eventos malintencionados puede transferirse desde su nodo actual a otro nodo diferente y físicamente separado del sistema informático distribuido 700. Para esta finalidad, en conformidad con un aspecto adicional de la presente invención, se da a conocer también un aparato 800 para transferir un proceso de detector de eventos entre nodos diferentes 704. Formas de realización del aparato 800 para la transferencia pueden combinarse con formas de realización del aparato de sincronización 200 y/o el sistema informático distribuido 700.

La Figura 8 ilustra, de forma esquemática, un diagrama de bloques esquemático de una forma de realización de un aparato 800 para efectuar la transferencia, que puede referirse también como aparato de transferencia.

El aparato de transferencia 800 sirve efectuar la transferencia 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. De este modo, el segundo nodo 704-2 es diferente del primer nodo 704-1, con respecto a su ubicación geográfica o con respecto a una distinta unidad de procesamiento de un procesador multinúcleo, a modo de 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 modo que los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos sean procesados en paralelo en los primero y 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 en ambos primero y segundo proceso de detector de eventos, dan lugar a eventos de salida idénticos en ambos, primero y segundo procesos de detector de eventos.

Un proceso, en general, ha de entenderse como una instancia operativa de un programa informático que se está ejecutando en un dispositivo informático, que puede incluirse por un nodo de red. Un proceso comprende el código de programa del programa informático y su actividad en curso. Un proceso de detector de eventos puede comprender una máquina de estados, que puede entenderse como un modelo de comportamiento utilizado para diseñar programas informáticos. Una máquina de estados está constituida por un número (finito) de estados asociados a transiciones. Una transición es un conjunto de acciones que se inicia desde un estado y finaliza en otro estado (o en el mismo) estado. Una transición se inicia por un dispositivo iniciador, en donde dicho dispositivo iniciador puede, a modo de ejemplo, ser una entrada de evento primitivo o compuesto al proceso. Por lo tanto, en conformidad con los aspectos de la presente invención, un proceso de detector de eventos puede comprender una máquina de estados y una memoria o contenido de proceso de detector de eventos puede que puede reflejar un estado actual de dicha máquina de estados, como, a modo de ejemplo, variables individuales o conjuntos matriciales de variables.

En las formas de realización en donde existe un conjunto de segundos nodos informáticos 704-2 posibles o alternativos, para la absorción 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 entre el conjunto de posibles nodos sobre la base o en conformidad con un criterio de distribución de procesos de detector de eventos óptimo. Por lo tanto, dicho criterio de distribución de procesos de detector de eventos óptimo puede dar lugar a uno de entre un retardo global mínimo de todos los eventos en el sistema informático distribuido 700, un número mínimo de suscripciones de eventos 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 de sistema informático distribuido global mínima.

Los medios 808 para la determinación, pueden comprender, a modo de ejemplo, una entidad de red central que

tiene información de una condición de red global, incluyendo la carga de nodos individuales 704 y la carga del sistema completo 700. Dicha entidad de red central puede tener también información sobre los tiempos de retardo de eventos $\Delta(\cdot)$ de los eventos que se desplazan 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 p.ej., desde un nodo más fuertemente cargado 704-1 a un nodo con carga menos fuerte 704-2. O bien, 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 eventos en el sistema distribuido 700.

En conformidad con otra forma de realización, los medios 808 para la determinación pueden comprender también o pueden estar incluidos por un aparato de sincronización 200 o su instancia operativa de compensador de retardos 210. Una instancia de compensador de retardos 210 tiene conocimiento de los retardos de dichos eventos que retransmite a un proceso de detector de eventos posterior o en flujo descendente asociado. A modo de ejemplo, en caso de que la instancia del compensador de retardos 210 mide un retardo prohibitivamente alto de un evento que se derive de un detector de eventos origen o en flujo ascendente, la instancia del compensador de retardos 210 puede iniciar la transferencia de dicho proceso de detector de eventos de flujo ascendente desde su nodo de red actual a otro nodo de red con el fin de reducir el retardo de eventos. En caso de que la instancia del compensador de retardos 210 no tenga ningún conocimiento adicional sobre la situación de la carga de nodos individuales 704 en el sistema distribuido 700, esta circunstancia puede ser un procedimiento de prueba y error simple, a modo de ejemplo.

En conformidad con algunas formas de realización, el aparato de transferencia 800 puede comprender, además, medios 810 para crear una instancia de proceso, que está en correspondencia con el primer proceso de detector de eventos en el segundo nodo 704-2 con el fin de obtener el segundo proceso de detector de eventos. El procedimiento de transferencia del proceso completo puede, a modo de ejemplo, realizarse con la ayuda de un Sistema Operativo (OS), que ha de entenderse como un conjunto de programas que gestionan recursos de hardware informáticos, y proporciona servicios comunes para software de aplicación, como un proceso de detector de eventos, a modo de ejemplo. Dichos servicios del sistema operativo OS pueden comprender también funcionalidades de instanciación a las que puede tener acceso el medio 802 para copiar el contenido del proceso. es decir, los medios de creación 810 pueden comprender medios para acceder a las funcionalidades de instanciación de procesos de un sistema operativo que se ejecuta en los nodos informáticos individuales 704-1, 704-2 y/o controlar el sistema distribuido 700. Tan pronto como ha sido instanciado el segundo proceso de detector de eventos del segundo nodo 704-2, puede suscribirse a los mismos eventos a los que se ya se ha suscrito el primer proceso de detector de eventos del primer nodo 704-1, con el fin de recibir los mismos eventos o flujos de eventos desde el sistema distribuido como señales de entrada. Dicho de otro modo, los medios 810 para creación de la instancia pueden ser utilizables, después de la instanciación del segundo proceso de detector de eventos en el segundo nodo 704-2, para suscribir el segundo proceso de detector de eventos para eventos de entrada idénticos como el proceso del primer detector de eventos.

Los servicios del sistema operativo OS pueden comprender, además, funcionalidades de copia, a las que puede tener acceso los medios de copia 802 para copiar el contenido del proceso. Es decir, los medios de copia 802 pueden comprender medios para acceder a las funcionalidades de copia de procesos de un sistema operativo que se ejecuta en los nodos informáticos 704-1, 704-2 o alguna otra entidad controladora del sistema distribuido 700. Los medios de copia 802 pueden ser también utilizables para "congelar" el contenido del proceso del primer proceso de detector de eventos en un instante predeterminado con el fin de obtener una condición definida del primer proceso de detector de eventos. En este caso, el término "congelación" significa que el proceso de detector de eventos cesa de responder a sus entradas. los medios de copia 802 pueden adaptarse, además, para copiar el contenido del proceso congelado desde el primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos con el fin de obtener la misma condición definida en el segundo proceso de detector de eventos. De este modo, los medios 802 para la copia pueden ser utilizables para copiar el contenido del proceso, de forma iterativa, desde el primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos, de modo que se copie primero el contenido, que no cambiará durante el resto del procedimiento de copias. En consecuencia, 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 operativo de un detector de eventos. En caso de procesos, éste es la memoria de procesos, a modo de ejemplo. Mientras se realiza una copia iterativa del contenido del proceso, la diferencia o laguna informativa (esto es, el delta) del contenido del proceso a copiarse obtiene cada vez menor diferencia hasta que la diferencia se mantenga pequeña pero no nula.

Antes de que el nuevo, esto es, 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 memorizarse de modo que ambos procesos de detector de eventos, que en condiciones ideales, ya tienen la misma condición interna definida, también obtengan datos de entrada externas idénticas desde el instante predefinido, esto es, el instante de congelación. De este modo, los medios 802 para copia pueden ser también utilizables para memorizar los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos durante y/después de la copia del contenido de proceso desde el primero al segundo proceso de detector de eventos.

Cuando la totalidad del contenido pertinente ha sido copiada desde el primero (antiguo) al segundo (nuevo) proceso

de detector de eventos y se han memorizado los datos de entrada, ambos procesos de detector de eventos pueden activarse para un procesamiento en paralelo de los datos de entrada (eventos) memorizados (idealmente idénticos), dadas las mismas condiciones internas o estados del primero y de segundo procesos de detector de eventos. Es decir, ambos detectores de eventos son activados después del procedimiento de copia y memorización y de bifurcarse el proceso y, en consecuencia, los mismos datos de entrada en paralelo. Para esta finalidad, los medios 804 para la coordinación pueden ser utilizables para procesar los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos en paralelo en ambos primero y segundo procesos de detector de eventos comenzando desde el instante predefinido (congelación) y sobre la base del contenido del proceso objeto de copia. Además, los medios de coordinación 804 pueden tener acceso al sistema operativo OS para esa finalidad, a modo de ejemplo.

El medio 806 para la verificación, p.ej., un comparador, verifica luego si ambos procesos de detector de eventos conducen a la misma salida, respectivamente. Si éste fuera el caso, el antiguo, esto es, el primero, proceso de detector de eventos puede desactivarse. Si éste no es el caso, el procedimiento de copia y/o de memorización ha fallado probablemente y el nuevo (esto es, el segundo) proceso de detector de eventos puede desactivarse para iniciar el procedimiento de transferencia completo desde el principio. En consecuencia, y en conformidad con algunas formas de realización, el medio 806 para la verificación puede ser utilizable para desactivar el primer proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida en ambos procesos, primero y segundo, del detector de eventos sean idénticos o para desactivar el segundo proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida en ambos, primero y segundos, procesos de detector de eventos no sean idénticos.

Como se indicó con anterioridad, formas de realización del aparato de transferencia 800 pueden combinarse con formas de realización del aparato de sincronización 200, puesto que sus características operativas pueden complementarse entre sí de forma sinérgica. En consecuencia, algunos aspectos de la presente invención dan a conocer también un sistema informático distribuido 700 para la determinación de eventos sobre la base de al menos un flujo de datos de sensores, en donde el sistema informático distribuido comprende una pluralidad de nodos informáticos distribuidos 704 y una forma de realización de un aparato de transferencia de procesos 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 entre la pluralidad de nodos informáticos distribuidos 704 comprende un aparato 200 para sincronizar un primer evento 202, que tiene asociado un primer instante de evento $t_{\text{event.e1}}$ sobre la base de una señal de reloj común y un segundo evento 204, que tiene asociado un segundo instante de evento $t_{\text{event.e2}}$ sobre la base de la señal de reloj común, en donde el primero y el segundo eventos 202, 204 (o e1 y e2) experimenta diferentes retardos $\Delta(e1)$, $\Delta(e2)$ mientras se desplazan a través de las diferentes rutas o trayectorias del sistema informático distribuido 700 y en donde al menos un evento de salida 206 ha de determinarse por un detector de eventos (proceso) 208 sobre la base del primero y de segundo evento 202, 204 (o e1 o e2). Como ya se ha explicado con referencia a la Figura 2, el aparato 200 para sincronizar los eventos 202, 204 comprende un compensador de retardos 210 asociado al detector de eventos 208, teniendo el compensador de retardos 210 entradas 212-1, 212-2 para la recepción del primero y del segundo eventos 202, 204 y que tiene una salida 214-1, 214-2 para reenviar las versiones retransmitidas 202', 204' de los primero y segundo eventos recibidos al detector de eventos asociado 208. Formas de realización del compensador de retardos 210 son utilizables para retransmitir los primero y segundo eventos 202, 204 al detector de eventos asociado 208 sobre la base de los retardos experimentados $\Delta(e1)$, $\Delta(e2)$ y sobre la base de los tiempos de los primero y segundo eventos asociados $t_{\text{event.e1}}$, $t_{\text{event.e2}}$ según se ha explicado con mayor detalle anteriormente.

Aspectos de la idea inventiva, en donde los detectores de eventos serán transferibles desde un nodo a otro nodo, preferentemente mientras se están ejecutando o en curso, comprende también un método 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. Un diagrama de flujo esquemático de dicho método de transferencia 900 se ilustra en la Figura 9.

El método 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 que pueda determinarse qué nodo informático o su proceso administrativo gestionará el proceso de un denominado hilo de ejecución (*thread*)/proceso de detector de eventos sobrecargado. En algunas formas de realización, la etapa de copia 902 puede comprender la copia de datos incluidos del proceso de detector de eventos desde el primer nodo 704-1 al segundo nodo 704-2 en una pluralidad de iteraciones, según fue descrito con anterioridad. La etapa de copia 902 comprende, de este modo, la definición de qué datos pertenecen a la información de estado de un detector de eventos. En caso de procesos, ésta es la memoria de procesos, a modo de ejemplo. Mientras la copia del delta del contenido del proceso a copiarse se hace cada vez más pequeña hasta que los cambios permanezcan pequeños pero no nulos.

El método 900 comprende, además, una etapa 904 de procesamiento de eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos en paralelo en ambos primero y segundo, procesos de detector de eventos. Para esa finalidad, los datos de entrada del primer proceso de detector de eventos pueden memorizarse y/o copiarse para ambos detectores de eventos, de modo que ambos detectores de eventos puedan procesar flujos de datos de entrada idénticos. Ambos detectores de eventos pueden activarse luego con el fin de 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 ambos, primero y segundo procesos de detector de eventos, dan lugar a eventos de salida idénticos en ambos, primero y segundo, procesos de detector de eventos. Si éste último fuera el caso, es decir, en caso de que los eventos de salida en ambos primero y segundo procesos de detector de eventos sean idénticos, el primer proceso de detector de eventos puede desactivarse (véase etapa 908). Si éste no es el caso, esto es, en caso de que los eventos de salida en ambos, primero y segundo, procesos de detector de eventos no sean idénticos, el segundo proceso de detector de eventos puede desactivarse en cambio y el método de transferencia 900 se inicia de nuevo en la etapa 902.

En consecuencia, la transferencia de procesos de detector de eventos entre diferentes nodos de la red puede, a modo de ejemplo, realizarse teniendo instancias administrativas, tales como planificadores (también referidos como procesos básicos de eventos), asociados a los detectores de eventos de los diferentes nodos 704 que se comunican entre sí. Sobre la base de esta comunicación, pueden decidir efectuar la transferencia de procesos de detector de eventos o sus algoritmos desde un nodo a otro nodo del sistema 700.

La descripción y los dibujos adjuntos simplemente ilustran los principios de la invención. Además, todos los ejemplos aquí descritos están principalmente destinados expresamente para ser solamente para fines pedagógicos como una ayuda a su lector en el entendimiento de los principios de la invención y los conceptos contribuidos por los inventores para ampliar los conocimientos de la técnica y han de interpretarse como no constituyendo una limitación a dichas condiciones y ejemplos concretamente citados. Además, todas las declaraciones aquí realizadas se refieren a principios, aspectos y formas de realización de la invención, así como sus ejemplos específicos, estando previstas para abarcar sus equivalentes.

Los bloques funcionales indicados como “medios para...” (que realizan una determinada función) se entenderán como bloques funcionales que comprenden circuitos que están adaptados, configurados o son utilizables para realizar una determinada función, respectivamente. En consecuencia, un “medio para alguna cosa” puede entenderse también como un “medio que se adapta, configura o es utilizable para hacer alguna cosa”. Un medio que está adaptado para realizar una determinada función, por lo tanto, no implica que dicho medio esté realizando necesariamente dicha función (en un instante dado).

Funciones de varios elementos ilustrados en las Figuras, incluyendo cualesquiera bloques funcionales pueden proporcionarse mediante el uso de hardware especializado, como p.ej., un procesador, así como hardware capaz de ejecutar el software en asociación con un software adecuado. Cuando se proporcionan por un procesador, las funciones pueden proporcionarse por un procesador especializado único, por un procesador compartido único o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden estar compartidos. Además, el uso explícito del término procesador” o “controlador” no debe interpretarse para referirse exclusivamente a hardware capaz de ejecutar el software y pueden incluir explícitamente, sin limitación, hardware de procesador de señal digital (DSP), procesador de red, circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), conjuntos de puertas lógicas programables in situ (FPGA), memoria de solamente lectura (ROM) para memorizar programas informáticos, memoria de acceso aleatorio (RAM) y memorización no volátil. Otro hardware, convencional y/o personalizado puede también incluirse a este respecto.

Debe apreciarse por los expertos en esta técnica que cualesquiera diagramas de bloques aquí representados se refieren a vistas conceptuales de circuitos ilustrativos que realizan los principios de la invención.

De modo similar, será apreciado que cualesquiera gráficos, diagramas de flujo, diagramas de transición de estados, pseudocódigos y elementos similares representan varios procesos que pueden esencialmente representarse en un soporte legible por ordenador y así ejecutarse por un ordenador o procesador, sea o no, dicho ordenador o procesador explícitamente ilustrado.

Además, las siguientes reivindicaciones están aquí incorporadas en la descripción detallada, en donde cada reivindicación puede considerarse como una forma de realización separada. Aunque cada reivindicación puede considerarse por sí misma como una forma de realización separada, conviene señalar que – aunque una reivindicación subordinada puede referirse en las reivindicaciones para una combinación específica con una o más otras reivindicaciones – otras formas de realización pueden incluir también una combinación de las reivindicaciones subordinadas con el contenido de cada otra reivindicación subordinada. Dichas combinaciones se ofrecen en esta descripción a no ser que se declare que no está prevista una combinación específica. Además, está previsto incluir también características de una reivindicación a cualquier otra reivindicación independiente aun cuando esta reivindicación no se haga directamente subordinada a la reivindicación independiente.

Además, conviene señalar que los métodos dados a conocer en la especificación o en las reivindicaciones pueden ponerse en práctica por un dispositivo que disponga de medios para realizar cada una de las respectivas etapas de estos métodos.

Asimismo, ha de entenderse que la idea inventiva de múltiples etapas o funciones dadas a conocer en la

especificación o reivindicaciones no pueden interpretarse como que están dentro del orden específico. Por lo tanto, la idea inventiva de múltiples etapas o funciones no limitará estas últimas a un orden particular a no ser que dichas etapas o funciones no sean intercambiables por motivos técnicos.

- 5 Además, en algunas formas de realización, una etapa única puede incluir o puede descomponerse en múltiples sub-etapas. Dichas sub-etapas pueden incluirse y constituir parte de la idea inventiva de esta etapa única a no ser que se excluya de forma explícita.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (800) para transferir un primer proceso de detector de eventos operativos de un primer nodo (704-1) de un sistema informático distribuido (300; 700) hacia un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo (704-2) del sistema informático distribuido (300; 700) siendo el segundo nodo (704-2) diferente del primer nodo (704-1), cuyo aparato (800) comprende:
- 5 un medio (802) para copiar un contenido de proceso del primer proceso de detector de eventos hacia el segundo proceso de detector de eventos;
- 10 un medio (804) para coordinar eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos de modo que los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos sean procesados en paralelo, a la vez, con el primero y el segundo proceso de detector de eventos; y
- 15 un medio (806) para verificar si los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, que son procesados en paralelo, a la vez, para el primero y segundo proceso de detector de eventos, conducen a eventos de salida idénticos, a la vez, al primer y al segundo proceso de detector de eventos, en donde el medio (806) para verificación es utilizable para desactivar el primer proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida en, a la vez, los primeros y segundos procesos de detector de eventos sean idénticos o para desactivar el
- 20 segundo proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida en, a la vez, los primeros y segundos procesos de detector de eventos no sean idénticos
- caracterizado por cuanto que
- 25 el medio (802) para copiar es utilizable para copiar el contenido de proceso, de manera iterativa, desde el primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos, de modo que el contenido que no cambiará durante un resto del proceso de copia sea copiado en primer lugar, en donde el medio (802) para copiar es utilizable para congelar operativamente el contenido de proceso del primer detector de eventos en un instante preestablecido antes de copiar un último, así denominado, delta de contenido y para copiar el último delta de
- 30 contenido congelado desde el primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos.
2. El aparato (800) según la reivindicación 1, que comprende, además:
- un medio (808) para determinar el segundo nodo (704-2) entre un conjunto de posibles nodos sobre la base de un
- 35 criterio de distribución de procesos de detector de eventos óptimo.
3. El aparato (800) según la reivindicación 2, en donde el criterio de distribución de procesos de detector de eventos óptimo conduce a uno de entre un retardo global mínimo de todos los eventos en el sistema informático distribuido, un número mínimo de suscripciones de eventos asegurados en el sistema informático distribuido, una
- 40 variación mínima de la carga de un nodo dado del sistema informático distribuido o una carga de sistema informático distribuido global mínima.
4. El aparato (800) según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende, además:
- 45 un medio (810) para crear una instancia operativa correspondiente al primer proceso del detector de eventos en el segundo nodo con el fin de obtener el segundo proceso del detector de eventos.
5. El aparato (800) según la reivindicación 4, en donde el medio (810) para crear la instancia operativa es utilizable después de la instanciación del segundo proceso de detector de eventos en el segundo nodo (704-2) para
- 50 suscribir el segundo proceso de detector de eventos para eventos de entrada idénticos como el primer proceso de detector de eventos.
6. El aparato (800) según la reivindicación 1, en donde el medio (804) para coordinar eventos de entrada en paralelo es utilizable para procesar los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos en paralelo, a
- 55 la vez, para los primero y segundo proceso de detector de eventos, a partir del instante preestablecido y sobre la base del contenido del proceso copiado.
7. El aparato (800) según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el medio (802) para copiar es utilizable para memorizar los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos durante la copia del
- 60 contenido del proceso.
8. El aparato (800) según una de las reivindicaciones precedentes, en donde un proceso de detector de eventos comprende una máquina de estados y en donde el contenido del proceso refleja un estado actual de dicha máquina de estados.
- 65 9. Un método (900) para transferir un primer proceso de detector de eventos de un primer nodo (704-1) de un

sistema informático distribuido (300; 700) a un segundo proceso de detector de eventos de un segundo nodo (704-2) del sistema informático distribuido (300; 700), siendo el segundo nodo diferente del primer nodo, con el método (900) comprendiendo:

5 copiar (902) un contenido de proceso del primer proceso de detector de eventos para el segundo proceso de detector de eventos;

10 coordinar (904) los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos de modo que los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos sean procesados en paralelo, a la vez, en el primero y el segundo procesos de detector de eventos; y

15 verificar (906) si los eventos de entrada del primer proceso de detector de eventos, que son procesados en paralelo en, a la vez, el primer y el segundo proceso de detector de eventos, conducen a eventos de salida idénticos en, a la vez, el primer proceso de detector de eventos y el segundo proceso de detector de eventos, en donde la verificación comprende la desactivación del primer proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida sean idénticos en, a la vez, el primer proceso de detector de eventos y el segundo proceso de detector de eventos o la desactivación del segundo proceso de detector de eventos en caso de que los eventos de salida no sean idénticos en, a la vez, el primer proceso de detector de eventos y el segundo proceso de detector de eventos

20 caracterizado por cuanto que

25 el contenido del proceso se copia, de manera iterativa, desde el primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos, de modo que el contenido que no cambiará durante un resto del procedimiento de copia sea copiado en primer lugar, en donde el contenido de proceso del primer detector de eventos sea congelado en un instante preestablecido antes de copiar un último delta de contenido y el último delta de contenido congelado se copia desde el primer proceso de detector de eventos al segundo proceso de detector de eventos.

30 **10.** Un programa informático que tiene un código de programa para realizar el método (900) de la reivindicación 9, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador o procesador.

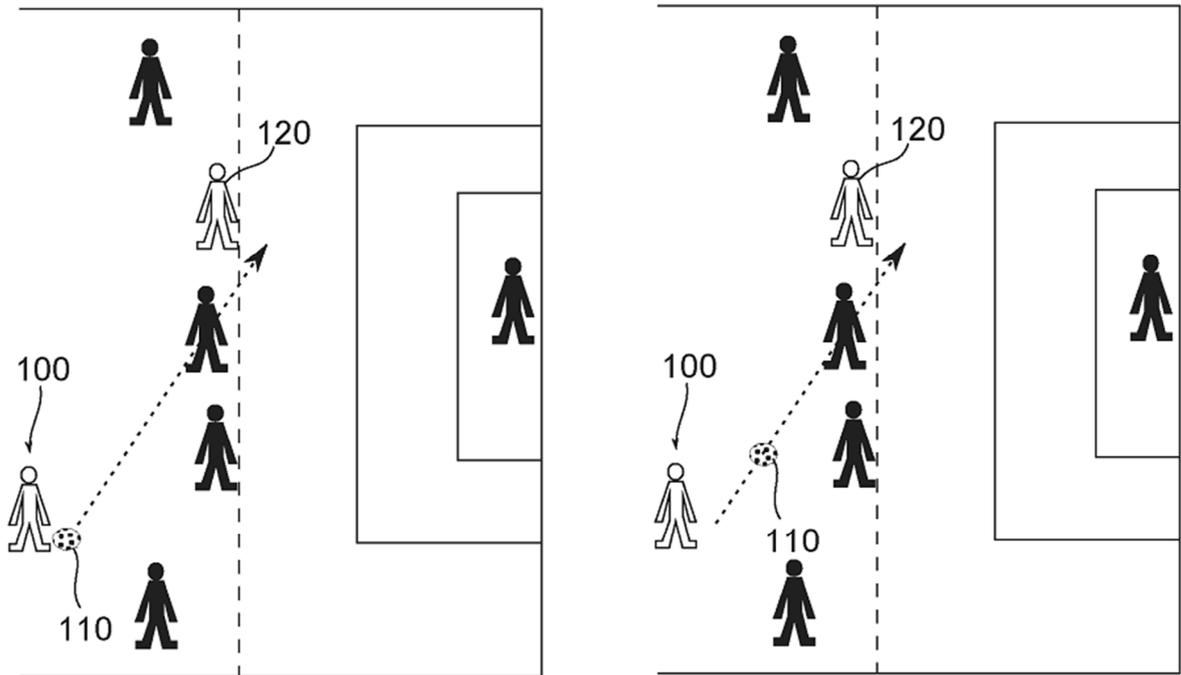


Fig. 1

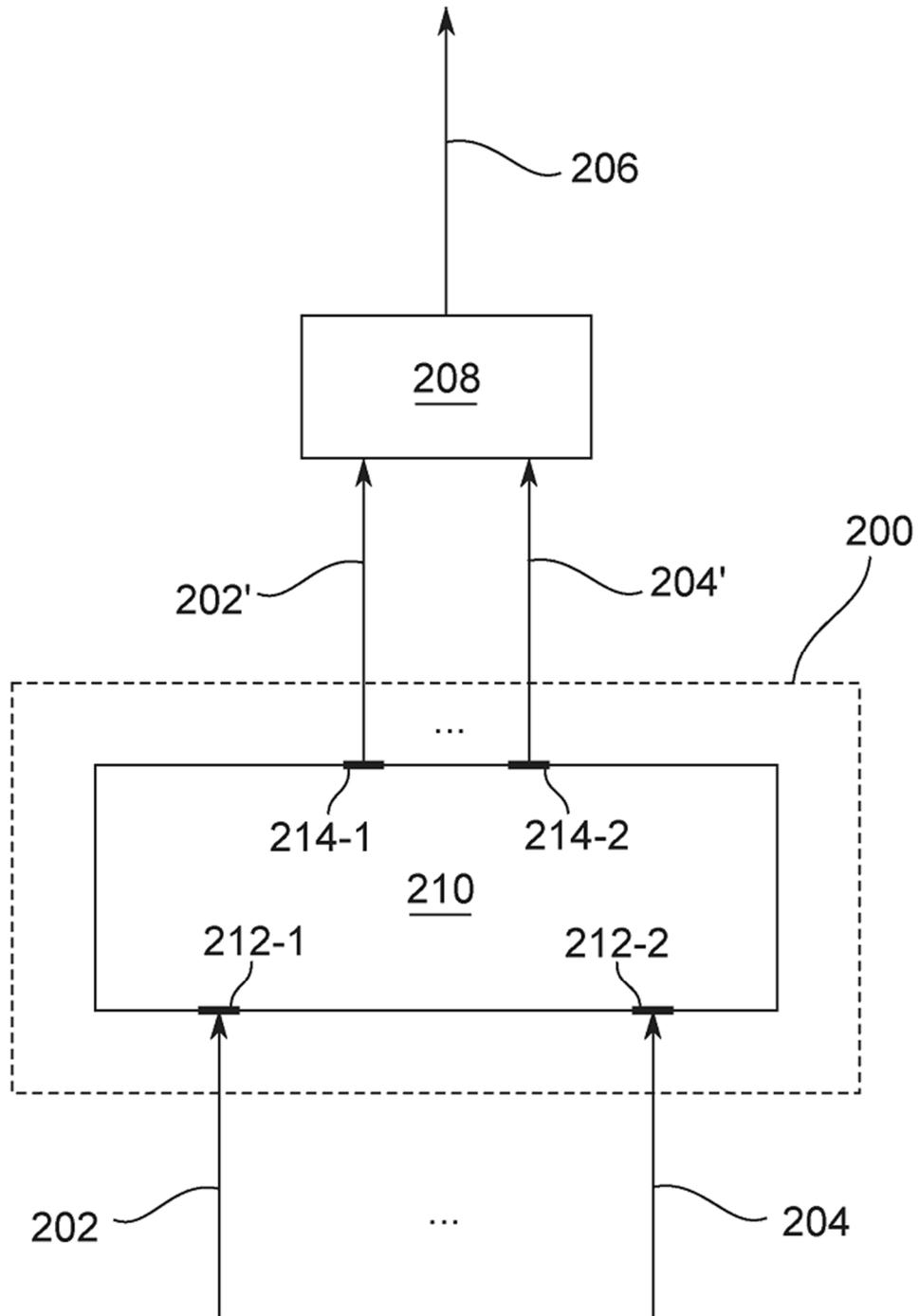


Fig. 2

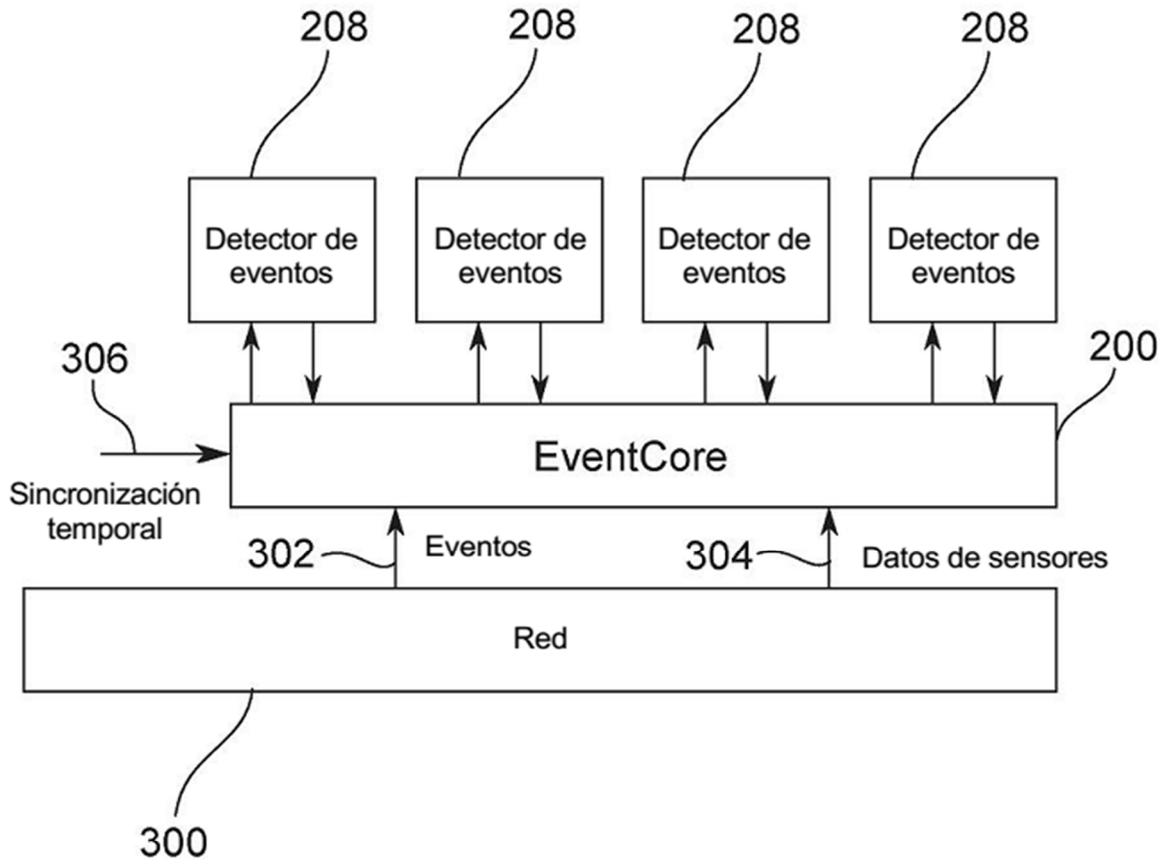


Fig. 3

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

Fig. 4

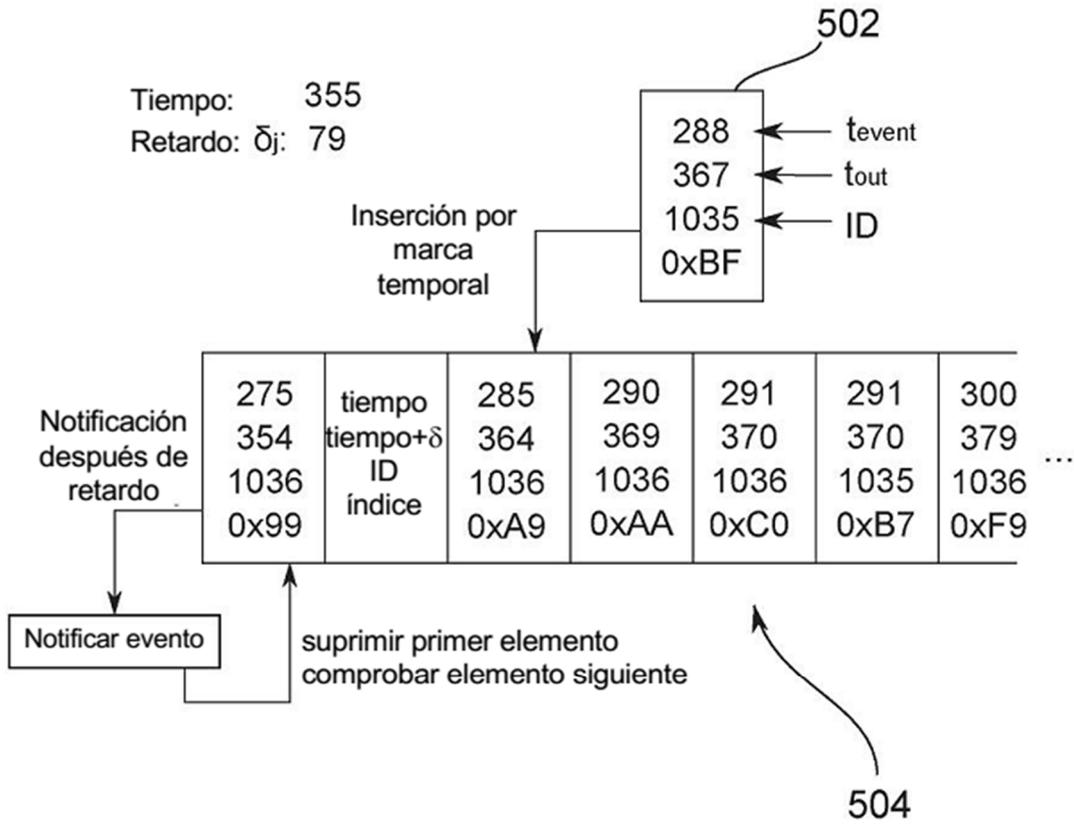


Fig. 5

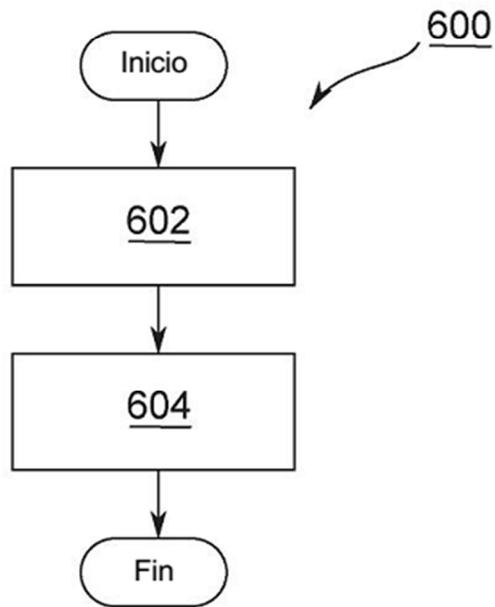


Fig. 6

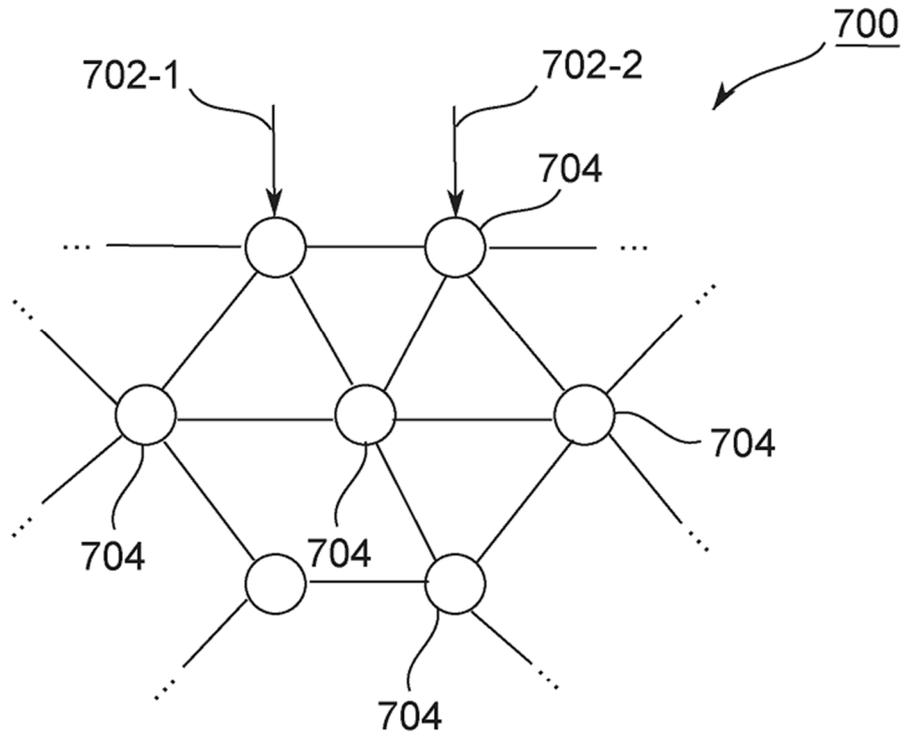


Fig. 7

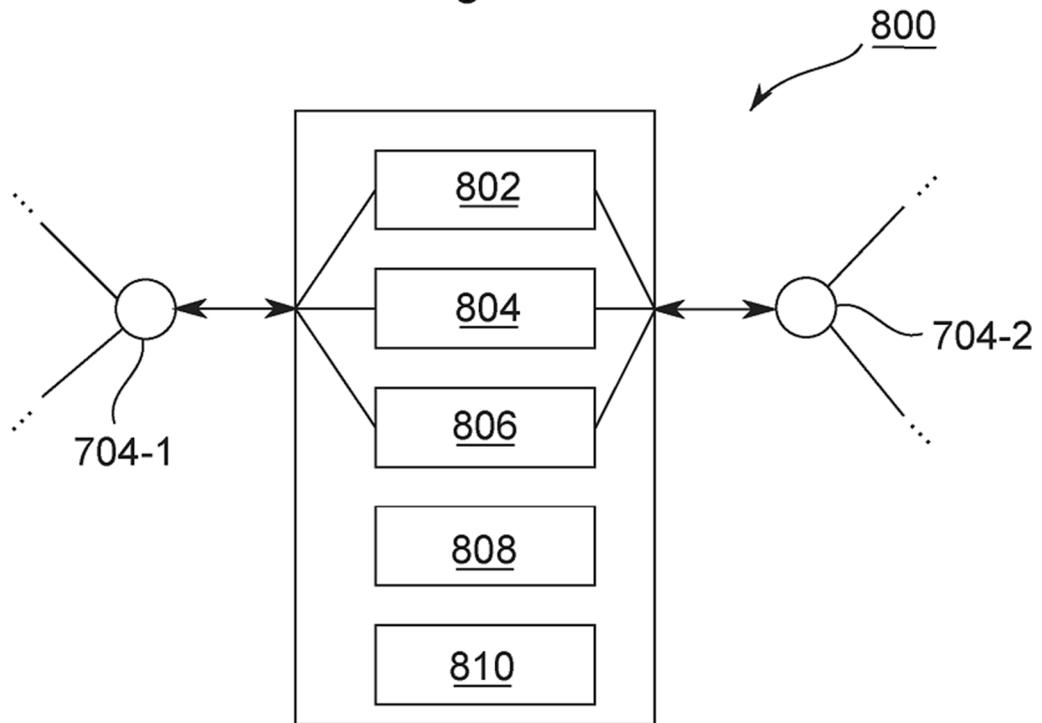


Fig. 8

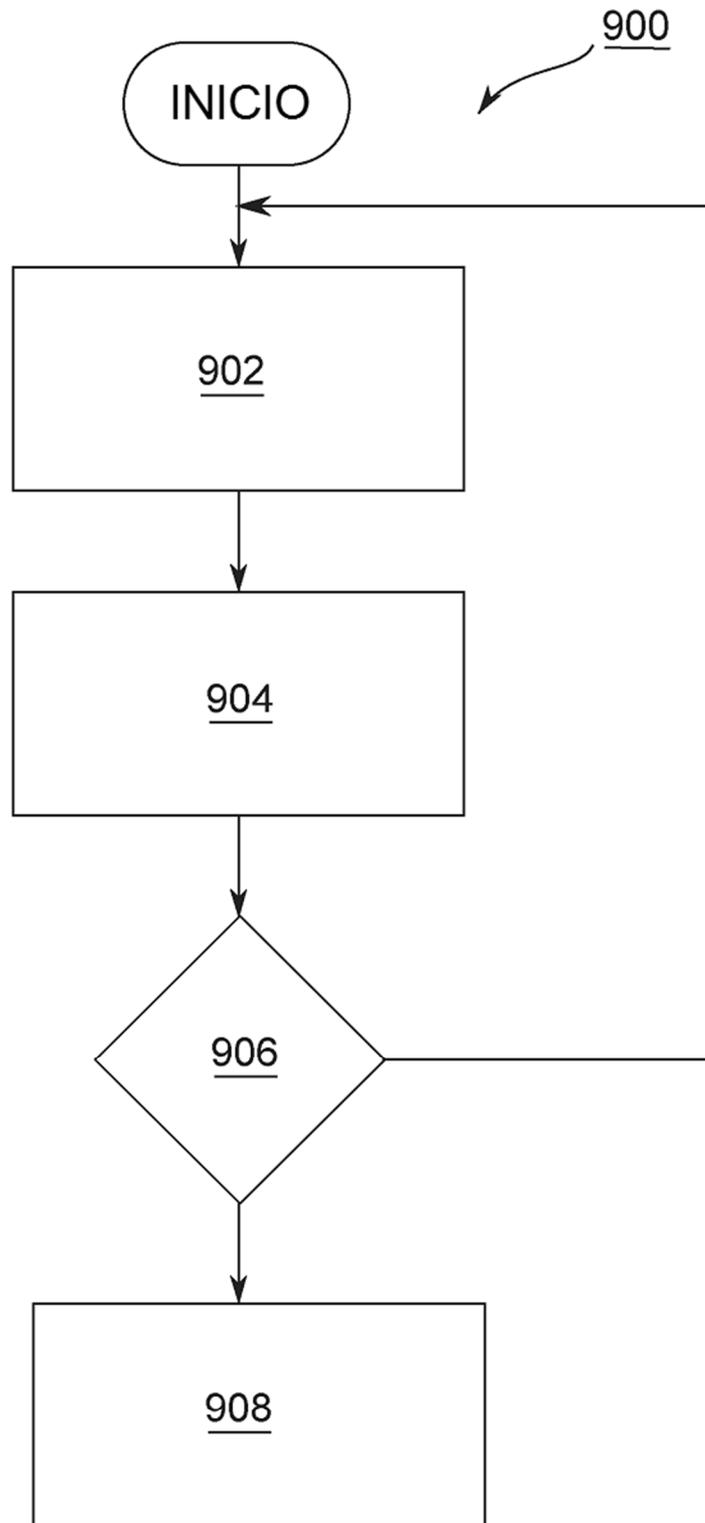


Fig. 9