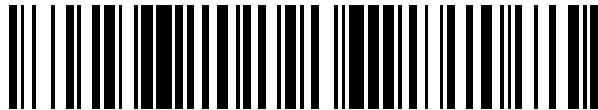


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 550 728**

(21) Número de solicitud: 201400877

(51) Int. Cl.:

**H04W 28/00** (2009.01)

(12)

## PATENTE DE INVENCIÓN CON EXAMEN PREVIO

B2

(22) Fecha de presentación:

**31.10.2014**

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

**11.11.2015**

Fecha de la concesión:

**11.05.2016**

(45) Fecha de publicación de la concesión:

**19.05.2016**

(73) Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (100.0%)  
Avda Cervantes, 2  
29071 Málaga (Málaga) ES**

(72) Inventor/es:

**MARTÍNEZ TENOR, Ángel;  
FERNÁNDEZ MADRIGAL, Juan Antonio;  
CRUZ MARTÍN, Ana María;  
GAGO BENÍTEZ, Ana;  
ASENJO PLAZA, Rafael y  
GONZÁLEZ NAVARRO, María Ángeles**

(54) Título: **Métodos implementados en computador y sistemas informáticos de activación y desactivación automáticas de transmisiones concurrentes de datos entre dispositivos conectados a una red**

(57) Resumen:

Métodos implementados en computador y sistemas informáticos de activación y desactivación automáticas de transmisiones concurrentes de datos entre dispositivos conectados a una red. La presente invención se refiere a métodos y sistemas que maximizan simultáneamente el número de transmisiones que se realizan en o antes de un cierto tiempo dado, ejecutándose para ello diferentes procedimientos (un procedimiento A, que activa un camino; un procedimiento B, que desactiva un camino; y un procedimiento C, que cambia el ejecutivo actual) mediante diferentes subsistemas: un subsistema desactivador que se encarga de decidir si desactivar o no caminos de transmisión individuales; un subsistema activador que se encarga de decidir si cambiar o no a un ejecutivo de mayor valor que el actual si todos los requisitos de tiempo se están cumpliendo; y un subsistema reactivador que se encarga de decidir activar o no caminos individuales que hayan sido previamente desactivados.

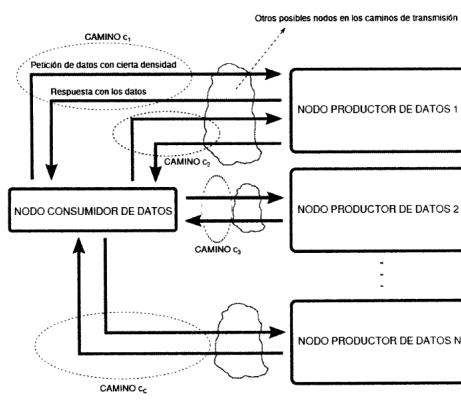


Figura 1

## DESCRIPCIÓN

Métodos implementados en computador y sistemas informático de activación y desactivación automáticas de transmisiones concurrentes de datos entre dispositivos conectados a una red

### Campo de la técnica

5

La presente invención se encuadra en el sector de la tecnologías informáticas y de las comunicaciones, más concretamente a métodos y sistemas en el ámbito de la calidad de servicio en la comunicación entre nodos conectados a una red, por ejemplo Internet; esto es, en el ámbito de sistemas de comunicación que requieren realizar transmisiones cumpliendo unos requisitos de tiempo dados.

10

### Estado de la técnica

15

Cualquier pareja de dispositivos conectados a una red de datos, por ejemplo Internet, pueden transmitirse datos, pero los tiempos empleados en tales transmisiones no son deterministas (predecibles y acotados) debido a diversos factores: protocolos de comunicación con elementos estocásticos, componentes hardware y software que no son de tiempo real duro, etc. Todo eso lleva a que las transmisiones de datos entre cualesquiera dos dispositivos que se encuentren conectados a Internet consuman un período de tiempo probabilístico, el cual suele exhibir además cambios bruscos de régimen y ráfagas rápidas.

20

Si un nodo conectado a Internet quiere recibir repetidamente datos de múltiples fuentes, como es el caso en aplicaciones de monitorización remota, *broadcasting* multimedia, teleoperación, etc., donde hay una serie de sensores de los que se desea recibir información periódicamente, la estocasticidad en los tiempos de envío y recepción de datos hacen difícil cumplir los requisitos temporales, es decir, los tiempos de transmisión requeridos por la tarea. Uno de los posibles mecanismos para poder cumplir esos requisitos es la decisión automática sobre qué fuentes están activas en cada momento para transmitir datos, dependiendo del comportamiento de los retardos. Esto tiene una implementación directa en interfaces de usuario que muestren los datos recogidos de esas fuentes.

Respecto a la activación/desactivación de elementos de un interfaz de usuario, existen bastantes patentes que abordan en el problema, pero con un enfoque distinto al propuesto en el presente documento, ya que no se centran en recibir el mayor número de datos relevantes que cumplan un cierto tiempo predeterminado; incluso a veces, únicamente modifican la apariencia del interfaz. A continuación mencionamos las más relevantes.

5 En el documento US2007245306 A1 se presenta un interfaz de usuario adaptativo que muestra más o menos cantidad de información textual para facilitar la lectura de la misma. La regulación de esa información puede ser automática o en función de las entradas del usuario.

10 En el documento US2003090515 A1 se plantea una interfaz de usuario adaptativo y no impuesto por la industria, como suele ser habitual. Esta interfaz se adapta según las estadísticas de uso de los comandos que el usuario suele aplicar: cuanta más soltura, más características del interfaz aparecen, y viceversa. Por tanto, es un método adaptativo y automático para desactivar/activar características en una interfaz.

15 El documento US2003174122 A1 se refiere a un interfaz hombre-máquina (HMI) adaptativo basado en el perfil psicológico del usuario y de su estado actual de bienestar (medido con el análisis de su comportamiento —nº de pulsaciones, movimientos de ratón, intervalos entre llamadas...—, y otras medidas biométricas). La idea es proporcionar un HMI adaptado al usuario y a los diferentes estados del mismo, de manera que se varíe la forma de representar la información y se pueda mejorar el rendimiento del usuario dentro del sistema.

20 En el documento US2008306886 A1 se optimizan automáticamente las presentaciones de un GUI (*Graphical User Interface*) de un dispositivo de punto de venta respecto a ciertos parámetros de rendimiento, y usando técnicas de IA; la justificación es que los diseños de un GUI suelen orientarse a operarios poco entrenados, resultando poco eficientes para los más entrenados.

25 En el documento US2012166976 A1 se propone la adaptación y agregación dinámica de contenidos en interfaces de usuario, en el ámbito de sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), de forma que se añaden componentes a petición siempre que se tengan una serie de privilegios.

En el documento WO2007118019 A2 se modifica la disposición de los elementos de un interfaz para adaptarse a la lateralidad (uso natural predominante de una mano u otra) en dispositivos portátiles de mano (*handheld*) con pantallas táctiles.

En el documento WO2012123621 A1 se plantea la adaptación de los recursos del usuario 5 en a las habilidades del mismo en una interfaz (puede ver, leer, oír..) en función de la recopilación de cierta información de contexto (velocidad, luz, temperatura...).

En el documento WO2013184393 A1 se realiza la adaptación de la interfaz de usuario de 10 un ordenador (colores, fondo, etc.) a las características (por ejemplo, de aspecto) de un dispositivo que se le conecte. Por ejemplo, según el color del ratón, el ordenador adapta los colores de su interfaz.

Finalmente, CN102246116 A muestra una interfaz de usuario adaptable al manejo físico del dispositivo que la implanta, incluyendo la posibilidad de interactuar con un objeto externo.

## 15 Descripción breve de la invención

La presente invención se refiere a métodos implementados en computador y sistemas informáticos para la activación y desactivación automáticas de transmisiones de datos que se reciben en un nodo común desde uno o más dispositivos conectados a una red, por ejemplo 20 Internet, caracterizado por que, a pesar del comportamiento estocástico de esas transmisiones, maximiza simultáneamente dos aspectos: el número de ellas que se realizan en o antes de un cierto tiempo dado y el valor que tienen las transmisiones activas para la tarea que use esta invención. Esto se consigue a pesar de que las posibilidades y condiciones de los caminos de transmisión y del procesamiento de los datos varíen estocásticamente con el tiempo, incluso 25 cuando aparezcan cambios bruscos en los retardos de tiempo involucrados. Además, supone modificaciones mínimas en el software y hardware que existan en el camino de transmisión.

Los requisitos para aplicar la invención son los siguientes:

- Deben existir  $C>1$  caminos de transmisión —cada uno una secuencia de tramos físicos de cable o inalámbricos de Internet que permiten comunicaciones de un

cierto tipo, aunque caminos distintos pueden compartir tramos físicos iguales— que conectan una serie de nodos con un nodo receptor común, llamado consumidor, que es el que se encarga de realizar una cierta tarea basada en esos datos (ver Fig. 1). En el resto de este documento identificaremos al camino  $j$ -ésimo,  $j \in [1, C]$ , como  $c_j$ .

- 5 • Cada camino, independientemente del resto, puede estar activo (la tarea del nodo consumidor está solicitando datos a través de él repetidamente) o desactivarse (se deja de solicitar datos temporalmente), de forma automática. Las transmisiones por varios caminos se realizan de forma concurrente, es decir, puede haber varias siendo servidas al mismo tiempo.
- 10 • La tarea en ejecución en el nodo consumidor tiene la posibilidad de enviar una señalización o evento a otras partes del nodo cada vez que una transmisión de datos haya sido completada, indicando en dicho evento el tiempo que tardó esa transmisión en completarse.
- 15 • Asimismo, la tarea en ejecución tiene la posibilidad de recibir peticiones de activación o desactivación de un camino determinado desde otras partes del nodo consumidor.
- 20 • El nodo consumidor necesita que la transmisión de datos por un camino dado  $c_j$ , desde el momento en que la solicita del productor hasta el momento en que se dispone a enviar la siguiente petición, tarde como máximo un tiempo preestablecido  $\tau_j$  en la mayoría de los casos (puesto que los tiempos de transmisión son estocásticos, esto no se puede asegurar siempre).
- 25 • La tarea que se está realizando en el sistema puede seguir realizándose cuando no todos los caminos de transmisión están activos, aunque posiblemente con menor efectividad en ese caso. En particular existe un número  $N > 1$  de combinaciones de caminos para realizar la tarea, de forma que en un momento dado sólo puede haber una de esas combinaciones habilitada. Cada una de esas combinaciones se llamará *ejecutivo*, y tendrá un valor determinado para la tarea, representando la conveniencia de usarla para la misma (a mayor valor, mejor para la tarea). Un mismo camino de transmisión puede estar incluido en una o más ejecutivos, y

tendrá un valor de su constante  $\tau_j$  posiblemente distinto en cada uno de ellos. Formalmente, el ejecutivo  $i$ -ésimo, con  $i \in [1, N]$ , estará definido por  $e_i = \{c_{1,i}, c_{2,i}, \dots, c_{k_i,i}\}$ , donde  $k_i$  es el número de caminos asociados al mismo.

- Debe existir un orden total en los valores de los ejecutivos. Sin pérdida de generalidad se puede asumir que el valor del ejecutivo  $e_i$  es igual a su índice  $i$  dentro del conjunto de ejecutivos, un número natural que representa más valor cuanto más grande es. Por tanto, la tarea que se está realizando en el sistema se beneficia si se mantiene el ejecutivo con mayor valor ( $e_N$ ) activo durante el mayor tiempo posible, recurriendo a otros ejecutivos sólo si los tiempos de transmisión no se están cumpliendo satisfactoriamente.
- Ni el nodo consumidor, ni los productores, ni los nodos intermedios en los caminos de transmisión pueden asumir modificaciones importantes en su software y/o hardware, ya sea por ser plataformas altamente cerradas, por motivos de reducción de coste de implantación, o por otras causas.

El contexto descrito con estos requisitos es suficientemente general como para que se pueda encontrar en múltiples aplicaciones de red, algunas de ellas de uso masivo: *broadcasting*, teleoperación, monitorización, vigilancia remota, etc. Por ejemplo, si los datos transmitidos son imágenes provenientes de una serie de cámaras dispuestas en cierto edificio, quien las recibe probablemente podrá desarrollar su trabajo aun parcialmente si algunas de ellas se desactivan (lo desarrollará mejor con ciertas combinaciones, peor con otras), y será usualmente importante también el garantizarle que las cámaras que están activas transmitan sus datos con cierta frecuencia. Si, además, se requiere que usuarios no especializados puedan recibir esas imágenes mediante una conexión estándar a Internet, se debe descartar el uso de protocolos especiales de comunicaciones o el de segmentos de red u ordenadores con características específicas de tiempo real.

La presente invención admite como entrada una serie de parámetros que incluyen la definición de los caminos de transmisión y los ejecutivos existentes, así como la de todos sus parámetros (que se describen más adelante). La invención permite la activación y desactivación de caminos y ejecutivos para maximizar simultáneamente tanto el número de los primeros que

están cumpliendo sus tiempos de transmisión como el valor del ejecutivo actual.

La invención se implementa a través de una serie de métodos y sistemas descritos más adelante. Los métodos objeto de la invención pueden implementarse en cualquier computador con capacidad suficiente para realizar operaciones con números reales y para la ejecución de procesos tanto concurrentes como guiados por eventos de temporizadores, y se implantará íntegramente en el llamado nodo consumidor de las explicaciones anteriores.

Para poder realizar sus funciones, los métodos, procedimientos, sistemas y subsistemas referidos en la invención necesitan que se hayan definido previamente los ejecutivos. Además de esta configuración de los ejecutivos, la presente invención también almacena una serie de datos no constantes durante su implementación, accesibles desde cualquiera de los subsistemas y procedimientos que se describen posteriormente.

Un primer aspecto de la invención se refiere a métodos implementados en computador para la activación y desactivación automáticas de transmisiones de datos que se reciban en un nodo común desde uno o más dispositivos conectados a una red, por ejemplo Internet, caracterizado por que, a pesar del comportamiento estocástico de esas transmisiones, maximiza simultáneamente dos aspectos: el número de ellas que se realizan en o antes de un cierto tiempo dado y el valor que tienen las transmisiones activas para la tarea que use esta invención.

Una realización preferida de este primer objeto de la invención se refiere a un método que comprende los siguientes procedimientos: un procedimiento A, que activa un camino; un procedimiento B, que desactiva un camino; y un procedimiento C, que cambia el ejecutivo actual.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a sistemas informáticos para la activación y desactivación automáticas de transmisiones de datos que se reciban en un nodo común desde uno o más dispositivos conectados a una red, por ejemplo Internet, caracterizado por que, a pesar del comportamiento estocástico de esas transmisiones, maximiza simultáneamente dos aspectos: el número de ellas que se realizan en o antes de un cierto tiempo dado y el valor que tienen las transmisiones activas para la tarea que use esta invención.

Una realización preferida de este segundo objeto de la invención se refiere a un sistema que comprende los siguientes módulos o subsistemas: un subsistema Desactivador, que se encarga de decidir si desactivar o no caminos de transmisión individuales cuando no cumplan sus

requisitos de tiempo, así como de cambiar a un ejecutivo de menor valor que el actual si lo primero no es posible; un subsistema Activador, que se encarga de decidir si cambiar o no a un ejecutivo de mayor valor que el actual si todos los requisitos de tiempo se están cumpliendo; y un subsistema Reactivador, que se encarga de decidir activar o no caminos individuales que hayan sido previamente desactivados para intentar recuperar su funcionamiento y mantener así, en la medida de lo posible, el ejecutivo actual o propiciar el paso a uno de mayor valor.

Los procedimientos A, B y C realizan sus funciones cada vez que alguno de los subsistemas u otros procedimientos lo requieran. Por otra parte, los subsistemas realizan sus funciones cuando se producen ciertos eventos, no pudiendo ejecutar su función simultáneamente si varios de esos eventos suceden a la vez (en tal caso deben ordenarse para realizar su trabajo secuencialmente, siendo ese orden indiferente para la presente invención).

Dichos primer y segundo aspectos de la invención, y en particular las realizaciones preferidas de los mismos anteriormente descritas, son compatibles con cualquier método implementado en computador o sistema informático que permita ampliar el tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión.

Conforme a lo anterior, un tercer aspecto de la invención se refiere a métodos implementados en computador que comprenden, además de los métodos y procedimientos que constituyen el primer aspecto de la invención, procedimientos para la regulación automática de la cantidad de información que se transmite por cada camino de transmisión, caracterizados por que, a pesar del comportamiento estocástico de las transmisiones, garantizan estadísticamente que la probabilidad de que esa transmisión se realice a una frecuencia predeterminada o más rápida sea mayor o igual que una dada y, además, lo consigue transmitiendo la mayor cantidad de datos posible.

Una realización preferida de dicho tercer aspecto de la invención se refiere a un método que, además de los procedimientos A, B y C anteriormente descritos, comprende procedimientos para la regulación automática de la cantidad de información que se transmite por cada camino de transmisión, caracterizados por que, a pesar del comportamiento estocástico de las transmisiones, garantizan estadísticamente que la probabilidad de que esa transmisión se realice a una frecuencia

predeterminada o más rápida sea mayor o igual que una dada y, además, lo consigue transmitiendo la mayor cantidad de datos posible.

Del mismo modo, un cuarto aspecto de la invención se refiere a sistemas informáticos que comprenden, además de los sistemas y subsistemas que constituyen el segundo aspecto de la invención, subsistemas para la regulación automática de la cantidad de información que se transmite por cada camino de transmisión, caracterizados por que, a pesar del comportamiento estocástico de las transmisiones, garantizan estadísticamente que la probabilidad de que esa transmisión se realice a una frecuencia predeterminada o más rápida sea mayor o igual que una dada y, además, lo consigue transmitiendo la mayor cantidad de datos posible.

Una realización preferida de dicho cuarto aspecto de la invención se refiere a un sistema que, además de los subsistemas Desactivador, Activador y Reactivador anteriormente descritos, comprende subsistemas para la regulación automática de la cantidad de información que se transmite por cada camino de transmisión, caracterizados por que, a pesar del comportamiento estocástico de las transmisiones, garantizan estadísticamente que la probabilidad de que esa transmisión se realice a una frecuencia predeterminada o más rápida sea mayor o igual que una dada y, además, lo consigue transmitiendo la mayor cantidad de datos posible. En una realización aún más preferida de dicho cuarto aspecto, subsistemas para la regulación automática de la cantidad de información que se transmite por cada camino de transmisión comprendidos en el sistema son (i) un subsistema Receptor, responsable de (a) medir los tiempos en que se completan las transmisiones de datos entre consumidor y productor, y de (b) hacer de intermediario en dichas transmisiones; (ii) un subsistema Estimador, responsable de procesar los tiempos medidos por el Receptor, para cada densidad de datos que existe en el sistema, generando información interna acerca de la probabilidad de que la siguiente petición de datos tarde en completarse un tiempo dado; y (iii) un subsistema Regulador, responsable de, dadas unas estimaciones de probabilidad generadas por el subsistema Estimador, y dada también una densidad dada que el consumidor pidió en la última transmisión de datos completada, da como salida la densidad de datos que debería pedirse en la siguiente transmisión para cumplir los objetivos del sistema completo.

Dichos tercer y cuarto aspectos de la invención, y en particular las realizaciones

preferidas de los mismos anteriormente descritas, son a su vez compatibles con cualquier método implementado en computador o sistema informático que permita modelar y predecir retardos de transmisión de datos.

Conforme a lo anterior, un quinto aspecto de la invención se refiere a métodos implementados en computador que comprenden, además de los métodos y procedimientos que constituyen los aspectos primero y tercero de la invención (así como sus realizaciones preferidas), procedimientos para el modelado y la predicción de retardos de transmisión de datos. En una realización preferida de dicho quinto aspecto de la invención, los procedimientos para el modelado y la predicción de retardos de transmisión de datos comprendidos en los métodos implementados en computador objeto de dicho quinto aspecto de la invención, son los métodos divulgados en la solicitud de patente española P201400636.

Asimismo, un sexto aspecto de la invención se refiere a sistemas informáticos que comprenden, además de los sistemas y subsistemas que constituyen los aspectos segundo y cuarto de la invención (así como sus realizaciones preferidas), subsistemas para el modelado y la predicción de retardos de transmisión de datos. En una realización preferida de dicho quinto aspecto de la invención, los subsistemas para el modelado y la predicción de retardos de transmisión de datos comprendidos en los sistemas informáticos objeto de dicho sexto aspecto de la invención, son los subsistemas divulgados en la solicitud de patente española P201400636.

La invención se extiende a sistemas informáticos (por ejemplo, plataformas de gestión de comunicaciones); así como a programas informáticos o instrucciones de programa, más particularmente a programas informáticos en o sobre unos medios portadores, adaptados para poner en práctica los métodos que constituyen distintos aspectos de la invención. El programa informático puede estar en forma de código fuente, de código objeto o en un código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada para usar en la implementación de aspectos de la invención. El medio portador puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de portar el programa.

Por ejemplo, el medio portador puede comprender un medio de almacenamiento, tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM semiconductora, o un medio de grabación magnético, por ejemplo un floppy disc o un disco duro. Además, el medio portador puede ser un

medio portador transmisible tal como una señal eléctrica u óptica que puede transmitirse vía cable eléctrico u óptico o mediante radio u otros medios.

Cuando el programa de ordenador esté contenido en una señal que puede transmitirse directamente mediante un cable u otro dispositivo o medio, el medio portador puede estar 5 constituido por dicho cable u otro dispositivo o medio.

Alternativamente, el medio portador puede ser un circuito integrado en el que esté encapsulado (embedded) el programa de ordenador, estando adaptado dicho circuito integrado para realizar, o para usarse en la realización de aspectos de la invención.

Conforme a lo anterior, son igualmente aspectos de la invención sistemas informáticos que 10 implementan los métodos que también constituyen aspectos de la invención, así como programas informáticos, medios de almacenamiento legible por sistemas informáticos, y señales transmisibles capaces de hacer que un sistema informático lleve a cabo los métodos que también constituyen aspectos de la invención.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes 15 no pretenden excluir otras características técnicas, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y figuras se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

20

### **Descripción de las figuras**

Figura 1. Elementos principales de un sistema en el que se pueden implantar la presente invención.

25 Figura 2. Elementos en la realización preferida de la presente invención: a) operador humano, b) pantalla de ordenador con la interfaz que muestra los datos recibidos por los caminos de transmisión activos del ejecutivo actual, c) nodo consumidor (un PC), d) joystick para el manejo remoto del robot por parte del operador humano, e) robot móvil con sensores que transmiten, vía wifi, datos hacia el nodo consumidor.

que también constituyen aspectos de la invención.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y figuras se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

### **Descripción de las figuras**

10

Figura 1. Elementos principales de un sistema en el que se pueden implantar la presente invención.

Figura 2. Elementos principales de un sistema en el que se pueden implantar la opción de mejora que permite ampliar el tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión. Nodo consumidor de datos (1), nodo productor de datos (2), caminos de transmisión ( $3_1, 3_2, 3_n$ ).

15

Figura 3. Subsistemas que componen la opción de mejora que permite ampliar el tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión, junto con las comunicaciones principales que se intercambian. Nodo consumidor de datos (1), nodo productor de datos (2), subsistema receptor (4), subsistema estimador (5), subsistema regulador (6).

20

Figura 4. Procedimiento para el mantenimiento/actualización de la información interna guardada en el subsistema Receptor de la opción de mejora que permite ampliar el tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión.

25

Figura 5. Procedimiento para el mantenimiento/actualización de la información interna guardada en el subsistema Estimador de la opción de mejora que permite ampliar el tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión.

30

Figura 6. Procedimiento general de toma de decisiones sobre la siguiente densidad de datos a solicitar al nodo productor, implantado en el subsistema Regulador de la opción de mejora que permite ampliar el tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los

cambios estocásticos en los tiempos de transmisión.

Figura 7. Procedimiento A del subsistema Regulador de la opción de mejora que permite ampliar el tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión.

5 Figura 8. Procedimiento B del subsistema Regulador de la opción de mejora que permite ampliar el tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión.

Figura 9. Pasos del procedimiento B para el caso en que la plataforma computacional que ejecute la opción de mejora que permite ampliar el tiempo que permanece un camino de

10 transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión soporte paralelismo hardware. Thread (7), parejas de tiempo (8), conjuntos de parejas de tiempo (9), tripas de salida (10).

15

### **Descripción detallada de la invención**

La presente invención, implementada en el nodo destino común de una serie de caminos de transmisión de datos por Internet por los que se estén solicitando estos datos de forma

20 repetitiva y concurrente, permite decidir cuántas de esas transmisiones deben seguir activas y cuántas deben detener temporalmente las peticiones, con el objetivo de que se maximicen dos aspectos simultáneamente: el número de transmisiones que se completan antes de unos tiempos predeterminados y el valor que tienen para la aplicación que use esta invención las transmisiones de datos que están activas. Esto se consigue a pesar de que las posibilidades y 25 condiciones de los caminos de transmisión y del procesamiento de los datos varíen estocásticamente con el tiempo, incluso cuando aparezcan cambios bruscos en los retardos de tiempo involucrados.

Para poder realizar sus funciones, los métodos y sistemas de la invención necesitan que se hayan definido previamente los ejecutivos. Esta definición es formalmente una tupla como

30 la siguiente para cada ejecutivo  $e_i$ :  $(C_i, T_i, F_i, A_i, E_i)$ . En esta tupla,  $C_i$  es el conjunto de caminos incluidos en el ejecutivo, y el resto de componentes son conjuntos que tienen un elemento por cada camino  $c_j$  perteneciente a  $C_i$ :  $T_i$  contiene el parámetro  $\tau_j$  de  $c_j$ , es decir, el tiempo que las

transmisiones de datos por ese camino deben tardar en la mayoría de los casos, como mucho, si  $e_i$  es el ejecutivo actual;  $F_i$  contiene un tiempo para  $c_j$  que indica cuánto puede permanecer ese camino transmitiendo datos repetidamente sin cumplir su correspondiente  $\tau_j$  antes de ser desactivado por el subsistema Desactivador;  $A_i$  contiene otro tiempo asociado a  $c_j$ , que será 5 añadido al correspondiente tiempo de  $F_i$  por el subsistema Desactivador cuando ese camino haya sido reactivado desde un estado desactivado anterior, o cuando haya sido activado por primera vez, con el objetivo de no tener en cuenta posibles transitorios de tiempo que pueden suceder durante esas reactivaciones; finalmente,  $E_i$  contiene una indicación, por cada camino  $c_j$ , de si ese camino es esencial para el ejecutivo  $e_i$ , es decir, de si debe mantenerse activo el 10 mayor tiempo posible incluso a costa de que otros caminos de  $e_i$ , no esenciales, se desactiven. Todos los subsistemas de la presente invención deben tener acceso a esta configuración de ejecutivos. Para abreviar, dado un camino  $c_j \in C_i$ , escribiremos como  $T_i(c_j)$ ,  $F_i(c_j)$ ,  $A_i(c_j)$  y  $E_i(c_j)$  los valores guardados en los conjuntos  $T_i$ ,  $F_i$ ,  $A_i$  y  $E_i$  correspondientes al camino  $c_j$ .

Además de esta configuración de los ejecutivos, la presente invención también 15 almacenará una serie de datos no constantes durante su funcionamiento, accesibles desde cualquiera de los subsistemas y procedimientos, que se describen a continuación. El primero de ellos es  $e_{actual}$ , que almacena el ejecutivo actual (initialmente será igual a  $e_N$ ). También guarda un valor de tiempo acumulado  $m_j$  por cada camino  $c_j$  del sistema, incluidos los que no estén en  $e_{actual}$  (initialmente todos los  $m_j$  valen cero). Almacena un indicador  $a_j$  por cada 20 camino, que será 0 si el camino está desactivado actualmente o 1 si no (initialmente 0 para todos los caminos que no pertenezcan a  $e_{actual}$  y 1 para el resto). Finalmente, mantiene un indicador  $r_j$  por cada camino  $c_j$ , que valdrá 1 si ese camino ha sido reactivado desde un estado desactivado anterior o 0 si no (initialmente 1 para todos los caminos).

La presente invención se explica a continuación mediante la descripción de los 25 métodos, procedimientos, sistemas y subsistemas que refiere. Inicialmente, se le indica al nodo consumidor que todos los caminos de transmisión del ejecutivo de mayor valor están activos; a partir de ese momento los subsistemas son llamados cada vez que se producen sus respectivos eventos.

### 30 **Procedimiento A**

Este procedimiento activa un camino dado  $c_j$ . Para ello guarda un 0 en  $m_j$ , un 1 en  $a_j$  y, si el valor anterior de  $a_j$  era 0, un 1 en  $r_j$  indicando una reactivación del camino, mientras que, si el valor anterior de  $a_j$  era 1, guarda un 0 en  $r_j$ . Finalmente hace una petición a la tarea que realiza el nodo consumidor para que vuelva a hacer peticiones de transmisión de datos repetitivas por el camino  $c_j$ .

5

### ***Procedimiento B***

Este procedimiento se requiere cada vez que se necesite desactivar un camino  $c_j$ . Realiza la siguiente función: guarda un 0 en  $m_j$ ,  $a_j$  y  $r_j$ , y envía una petición a la tarea que realiza el nodo consumidor para que no haga futuras peticiones de datos por el camino  $c_j$ .

10

### ***Procedimiento C***

Este procedimiento se encarga de cambiar el ejecutivo actual por otro distinto,  $e_i$ . Para ello cambia el valor de  $e_{actual}$  por el valor  $e_i$ , y luego hace lo siguiente con cada uno de los caminos  $c_j$ : si  $c_j$  estaba en  $C_{actual}$  y no está en  $C_i$ , llama al procedimiento B para desactivarlo; si  $c_j$  estaba en  $C_{actual}$  y también en  $C_i$  pero con  $a_j=0$ , o bien si  $c_j$  no estaba en  $C_{actual}$  pero sí está en  $C_i$ , llama al procedimiento A para activarlo; en el resto de casos no hace nada.

15

### ***Subsistema Desactivador***

El subsistema Desactivador se caracteriza por desactivar caminos individuales de transmisión de datos pertenecientes al ejecutivo actual cuando éstos no estén cumpliendo apropiadamente los tiempos de transmisión indicados por la tarea que se ejecuta en el sistema, así como por cambiar a un ejecutivo de menor valor que el actual si las desactivaciones de los caminos lo requieren. El subsistema Desactivador hace su trabajo cada vez que se reciban datos por un camino de transmisión activo, cosa que señala el nodo consumidor indicando asimismo el tiempo que se ha tardado en completar esa transmisión de datos, tal y como se ha explicado en los requisitos anteriores.

20

25

30

Cada vez que un camino de transmisión activo  $c_j \in C_i$  completa una transmisión de datos, el nodo consumidor envía un evento al subsistema Desactivador, indicándole el tiempo  $t$  que ha tardado esa transmisión en completarse, tal y como ya se explicó en los requisitos de esta invención. En ese momento el subsistema Desactivador realiza la siguiente función:

5 si  $t > T_i(c_j)$  significa que ese camino de transmisión no ha cumplido el tiempo  $\tau_j$  que debería tardar en transmitir, así que almacena en  $m_j$  el resultado de  $m_j + t$ , calcula el valor  $x = F_i(c_j) + r_j$   
A\_i(c\_j), y si el nuevo valor almacenado en  $m_j$  es igual o mayor que  $x$ , ejecuta el subprocedimiento explicado en el siguiente párrafo y vuelve a quedarse en espera de otro evento de fin de transmisión; si  $t > T_i(c_j)$  pero el nuevo valor de  $m_j$  es menor que  $x$ , todavía se  
10 puede permitir que las transmisiones por ese camino no cumplan sus  $\tau_j$  durante algún tiempo más, así que termina y se queda en espera de otro evento de fin de transmisión; finalmente, si  $t \leq T_i(c_j)$ , la transmisión ha cumplido su tiempo  $\tau_j$  satisfactoriamente, así que guarda 0 en  $m_j$  y en  $r_j$ , y vuelve a quedarse en espera de otro evento de fin de transmisión.

En el primer caso descrito en el párrafo anterior, el subsistema Desactivador realiza el  
15 siguiente subprocedimiento: si  $E_i(c_j)$  indica que el camino desactivado es esencial y existe otro camino distinto,  $c_s$ , en el ejecutivo  $e_{actual}$  que no sea esencial según  $E_i(c_s)$  y que esté actualmente activo según  $a_s$ , llama al procedimiento B para desactivar  $c_s$  con el objetivo de ver si eso permite que las transmisiones por  $c_j$  puedan cumplir sus tiempos en el futuro cercano al haber disminuido la carga de transmisiones totales en el sistema; si no hay ningún  
20 otro camino no esencial activo en el ejecutivo actual, llama al procedimiento B para desactivar el camino  $c_j$  y, si la desactivación de  $c_j$  ha llevado a que ningún camino del ejecutivo actual esté activo, y además  $e_{actual} \neq e_i$ , llama al procedimiento C para cambiar al ejecutivo inmediatamente peor en valor, es decir,  $e_{actual-i}$ ; en cualquier otro caso no hace nada.

## 25 Subsistema Activador

El subsistema Activador consiste en un sistema de procesamiento de datos caracterizado por tomar automáticamente decisiones de cambio a ejecutivos de mayor valor que el actual si las circunstancias lo permiten.

30 Este subsistema realiza sus funciones periódicamente, cada cierto tiempo  $T_i$ , particularmente cada cierto tiempo  $T_i > 0$ . Éstas consisten en que, si todos los  $a_j$  de los caminos

del ejecutivo actual  $e_{actual}$  valen 1, y además  $e_{actual} \neq e_N$ , llama al procedimiento C para cambiar al ejecutivo de mayor valor  $e_{actual+1}$ ; si no se cumplen estas dos condiciones, este subsistema no hace nada.

Los parámetros  $T_1$  y  $T_2$  son parte de la configuración inicial de la presente invención.

- 5 Los valores recomendados son  $T_1=5$  segundos y  $T_2=10$  segundos, y no es necesario que el soporte de ejecución los cumpla de manera exacta (es decir, sea un sistema de tiempo real duro).

### ***Subsistema Reactivador***

10

El subsistema Reactivador consiste en un sistema de procesamiento de datos caracterizado por tomar automáticamente decisiones de reactivación de caminos de transmisión para comprobar si las condiciones del sistema han cambiado lo suficiente para que puedan estar de nuevo activos.

- 15 Este subsistema realiza sus funciones periódicamente, cada cierto tiempo  $T_2$ , particularmente cada cierto tiempo  $T_2 > T_1$ . Éstas consisten en llamar al procedimiento A para el camino  $c_j$  con menor índice  $j$  que pertenezca al ejecutivo actual  $e_{actual}$  y que tenga  $a_j=0$ .

- 20 Ampliación del tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión

- 25 La presente invención puede verse beneficiada por, y es compatible con, cualquier procedimiento o sistema que consiga ampliar el tiempo que permanece un camino de transmisión activo a pesar de los cambios estocásticos en los tiempos de transmisión. En este apartado proponemos la siguiente mejora en este sentido.

- 30 La mejora propuesta en este apartado consiste en un sistema de procesamiento de datos para la regulación automática de la cantidad de información que se transmite por cada camino de transmisión, caracterizado por que, a pesar del comportamiento estocástico de las transmisiones, garantiza estadísticamente que la probabilidad de que esa transmisión se realice a una frecuencia predeterminada o más rápida sea mayor o igual que una dada y,

además, lo consigue transmitiendo la mayor cantidad de datos posible. Además, supone modificaciones mínimas en el software y hardware que existan en el mencionado camino de transmisión.

Los requisitos para utilizar esta opción de mejora son los siguientes:

5

- Hay un camino de transmisión en Internet —secuencia de tramos físicos de cable o inalámbricos que permiten comunicaciones a lo largo de la misma— que conecta dos nodos, un productor de cierto tipo de datos y un consumidor de los mismos (Fig. 2). Este camino es uno de los que se han descrito anteriormente.

10

- El consumidor solicita repetidamente datos al otro, indicándole cuántos de ellos quiere, lo cual llamaremos *densidad* de los datos, no solicitando nuevos datos hasta que no le lleguen los de la iteración anterior. Sin pérdida de generalidad se puede suponer que la densidad pertenece a un conjunto finito de posibles valores previamente acordado por ambos nodos, es decir, que es un número natural en el intervalo  $[0, D-1]$ , siendo 0 la densidad más baja,  $D-1$  la más alta y  $D$  el número de densidades.

15

- El consumidor necesita que la transmisión de datos, desde el momento en que la envía al productor hasta el momento en que se dispone a enviar la siguiente, tenga una probabilidad mínima dada  $\pi$  de tardar como máximo un período de tiempo preestablecido  $\tau$  (o una frecuencia preestablecida  $1/\tau$ ).

20

- El consumidor es capaz de realizar su función recibiendo una densidad no máxima de datos, aunque posiblemente funcione con menor efectividad en ese caso.
- El nodo productor debe enviar exactamente la cantidad de datos pedida por el consumidor.

25

- Ni el nodo consumidor ni el productor ni los nodos intermedios del camino de transmisión pueden asumir modificaciones importantes en su software y/o hardware, ya sea porque son plataformas altamente cerradas o por motivos de reducción de coste de implantación, u otros.

30

En el caso de que un mismo productor sea capaz de proveer a un mismo consumidor con diversos tipos de datos, y se deseé que cada uno esté regulado para conseguir los

objetivos descritos anteriormente, se puede replicar esta opción de mejora tantas veces como tipos de transmisiones de datos existan (véase de nuevo la Fig. 2), todos ellos funcionando de manera independiente para obtener los mejores resultados posibles dados los elementos compartidos que encuentren entre el consumidor y el productor; es decir, la presente opción 5 de mejora puede utilizarse para regular múltiples transmisiones de datos simultánea e independientemente sin necesidad de sufrir ninguna modificación. Por tanto, a partir de este punto se describirá el caso de transmitir un sólo tipo de datos.

La presente opción de mejora se caracteriza por ser capaz de decidir, en cada iteración de envío-recepción de datos entre consumidor y productor, cuántos de estos datos (densidad) 10 deben transmitirse para que se cumplan simultáneamente dos cosas: a) que exista una probabilidad, mayor o igual que una dada,  $\pi$ , de que el tiempo que transcurra para completar la transmisión sea menor o igual que un tiempo predeterminado  $\tau$ , y b) que la densidad de datos sea la máxima posible que permita el objetivo a).

La mejora requiere un soporte hardware/software de ejecución, que puede ser 15 cualquier computador o conjunto de computadores con capacidad suficiente para realizar operaciones con números reales, acceso a un reloj local, así como a una interfaz de conexión con el camino de transmisión, y de un conjunto de procedimientos ejecutados por tal(es) ordenador(es) que se describen más adelante. La opción de mejora en su conjunto admite como entrada el tiempo que se desea que dure la transmisión de datos en el peor caso,  $\tau$ , la 20 probabilidad mínima con la que se desea cumplir ese tiempo,  $\pi$ , y la lista de posibles densidades de datos que el consumidor puede solicitar al productor; da como salida, antes de cada iteración de transmisión, la máxima densidad de esa lista que se le debe solicitar al productor para satisfacer el tiempo  $\tau$  con probabilidad igual o mayor que  $\pi$ .

Con más detalle, esta opción de mejora consta de tres subsistemas, el subsistema 25 Receptor, el subsistema Estimador y el subsistema Regulador (ver Fig. 3). El subsistema Receptor hace de intermediario entre el consumidor y el productor, y también toma medidas de tiempo sencillas; el subsistema Estimador se ocupa de mantener actualizadas estimaciones de probabilidad de cumplir tiempos en las transmisiones; el subsistema Regulador se encarga de tomar decisiones sobre la cantidad de datos a transmitir en cada iteración, ejecutando 30 efectivamente la función de regulación que satisface los requisitos de tiempo real.

Todos estos subsistemas pueden ejecutarse sobre cualquier nodo que se halle en el

camino de transmisión, incluso pueden coincidir en el mismo nodo, pudiendo ser asimismo el nodo o los nodos que los ejecuten máquinas dedicadas exclusivamente a la función de estos subsistemas o no (por ejemplo, se pueden situar en el mismo ordenador del productor o del consumidor, como implementaciones puramente software, compartiendo plataforma computacional con aquéllos, pero no es necesario hacerlo así).

La secuencia de funcionamiento de la opción de mejora completa es la siguiente: el nodo consumidor realiza una comunicación inicial dirigida a cada uno de los tres subsistemas, en la que les configura sus parámetros (flechas punteadas en la Fig. 3; esto puede repetirse en cualquier otro momento, para que reinicen sus procedimientos y borren toda la información recabada hasta entonces); tras estos envíos de reinicio, el nodo consumidor comienza las solicitudes repetidas de datos (flechas continuas en la Fig. 3): primero le pide al subsistema Regulador una decisión sobre la densidad de datos a usar —lo cual hará que el Regulador se comunique a su vez con el subsistema Estimador para conseguir estimaciones de probabilidad de tiempos de transmisión, como se explica más adelante—; luego le solicita al subsistema Receptor que realice la transmisión de datos; el subsistema Receptor, al recibir esta solicitud, toma medidas de tiempo, redirige la petición de datos hacia el productor, le comunica al subsistema Estimador los datos de tiempo recabados para que éste mantenga información actualizada sobre las probabilidades de completar una transmisión en el tiempo  $\tau$ , y finalmente devuelve los datos pedidos hacia el consumidor.

20

#### *Subsistema Receptor*

El subsistema Receptor consiste en un sistema de procesamiento de datos caracterizado por dos funciones: a) medir los tiempos en que se completan las transmisiones de datos entre 25 consumidor y productor, y b) hacer de intermediario en dichas transmisiones.

A este subsistema se le pueden hacer dos tipos de peticiones, ambas por parte del consumidor: peticiones de reinicio, en las que se le pide que elimine cualquier información previa recabada (no hay parámetros específicos de funcionamiento que haya que proporcionarle en este tipo de petición), y peticiones de transmisión de datos con cierta 30 densidad (donde se le indica esa densidad). Para realizar esas funciones, el subsistema Receptor necesita tomar medidas de tiempo de un reloj local de su propio nodo y hacer cálculos con números naturales y reales, por lo que puede implementarse bien como algoritmo

software, bien como sistema electrónico hardware; en el primer caso utilizará las facilidades ya existentes en el nodo para comunicarse por Internet, mientras que en el segundo debe disponer de los interfaces necesarios para poder atender a las comunicaciones del consumidor y para enviar las suyas propias a los otros subsistemas.

- 5 Este subsistema mantendrá internamente cierta información, que puede definirse matemáticamente como una pareja  $(\delta, t)$ , con  $\delta \in [0, D-1]$ . El valor  $\delta$  es la densidad que se solicitó en la última petición de transmisión de datos del consumidor, y  $t$  es el tiempo, según el reloj local, en que llegó al subsistema Receptor esa petición por parte del consumidor. Si no ha habido ninguna transmisión de datos aún, y también tras la recepción de cualquier petición 10 de reinicio por parte del consumidor, el valor de  $\delta$  será  $D$  (densidad inválida).

El mantenimiento de esta información interna se realiza mediante la siguiente secuencia, a ejecutar en cada iteración de transmisión de datos que ocurra en el sistema (Fig. 4): el subsistema Receptor mide el tiempo local  $t_a$  en que le llega la petición de transmisión de datos del consumidor, la cual viene con una densidad a pedirle al productor,  $\delta'$ ; envía esa petición hacia el productor; a continuación, si  $\delta' = \delta$ , calcula la diferencia  $d=t_a-t$ , que es el 15 tiempo que ha tardado en completarse la petición de datos anterior, incluyendo los períodos de tiempo consumidos en todos los procesos y nodos involucrados en esa transmisión (no sólo los retardos de comunicaciones por la red), y envía una petición de actualización de información estimada al subsistema Estimador con ese valor  $d$  calculado y también con el tiempo  $t_a$ ; a continuación espera a que el productor le devuelva los datos que ha generado para 20 esa petición; sustituye entonces la pareja almacenada internamente por  $(\delta', t_a)$ ; finalmente reenvía de vuelta los datos transmitidos desde el productor hacia el consumidor.

#### *Subsistema Estimador*

25 El subsistema Estimador consiste en un sistema de procesamiento de datos caracterizado por procesar los tiempos medidos por el Receptor, para cada densidad de datos que existe en el sistema, generando información interna acerca de la probabilidad de que la siguiente petición de datos tarde en completarse un tiempo igual o menor a  $\tau$ .

30 A este subsistema se le pueden hacer tres tipos de peticiones: a) *[por parte del consumidor]* una petición de inicialización, en la que se le dan los parámetros necesarios para

su funcionamiento y se le solicita que borre toda la información recabada hasta el momento, b) *[por parte del Receptor]* una petición de actualización de la información interna de estimación, y c) *[por parte del Regulador]* una petición de estimación de la probabilidad de que la siguiente transmisión tarde  $\tau$  o menos tiempo, para todas las densidades de datos en las

5 que se disponga de tal estimación.

Para realizar estas funciones, el subsistema Estimador necesita hacer cálculos con números naturales y reales, por lo que puede implementarse bien como algoritmo software, bien como sistema electrónico hardware; en el primer caso utilizará las facilidades ya existentes en su nodo para comunicarse por Internet, mientras que en el segundo debe disponer de los interfaces necesarios para poder atender a las comunicaciones que le lleguen y para generar las suyas propias, así como de potencia suficiente como para ejecutar el procedimiento de estimación de probabilidades que se menciona al final de este apartado (la generación del vector  $y$ ).

Los parámetros que el consumidor debe enviarle al subsistema Estimador en la petición de reinicio son los siguientes:  $n$ , el mínimo número de transmisiones a monitorizar antes de poder generar ninguna estimación de probabilidad para una densidad de datos determinada;  $\alpha$ , el tiempo máximo en segundos durante el que se consideran válidos los valores de tiempo recabados en las transmisiones de una densidad de datos determinada (puede ser 0 para anular el efecto de este parámetro, considerándose entonces válidos todos los valores recabados, aunque sean muy antiguos); y finalmente el valor de  $\tau$  establecido para este tipo de transmisiones de datos. Ante esta petición de inicialización el subsistema Estimador establecerá los parámetros a los valores recibidos y eliminará toda la información interna recabada hasta entonces.

La información interna que el subsistema Estimador genera y mantiene durante las iteraciones de transmisión permite deducir la probabilidad estimada de que el tiempo de transmisión para una densidad dada sea menor o igual que  $\tau$ , o bien permite deducir que no se dispone de esa estimación aún. Esta información consiste en un vector  $z = \langle z_1, z_2, \dots, z_m \rangle$  de elementos  $z_i = (\delta_i, c_i, \Gamma_i)$ , donde  $m \leq D$ ,  $\forall i \neq j \quad \delta_i \neq \delta_j$ ,  $\delta_i \in [0, D-1]$ , y  $c_i \in \{0,1\}$ , siendo  $m$  la longitud de  $z$ ,  $D$  el número finito de densidades de datos que es posible pedirle al productor,  $\delta_i$  una de esas densidades,  $c_i$  un indicador que vale 1 si el conjunto  $\Gamma_i$  ha sido modificado desde la última vez que se atendió una petición del subsistema Regulador o 0 si no, y  $\Gamma_i$  un conjunto

de  $r$  elementos  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_r, t_{ar})\}$ , posiblemente vacío, con los datos de tiempo recogidos para las transmisiones ya realizadas con la densidad  $\delta_i$ . El vector  $z$  no contendrá ningún elemento  $z_i$  para una densidad para la que no se haya completado nunca una transmisión de datos. Tras una inicialización del subsistema Estimador,  $z$  estará vacío.

- 5 La información de  $z$  es actualizada (Fig. 5) cada vez que llega una petición al respecto del subsistema Receptor, la cual contendrá una densidad  $\delta$ , un valor  $d$  y un tiempo  $t_a$  (tal y como se ha explicado en el apartado dedicado al subsistema Receptor). Esta actualización se realiza mediante la siguiente secuencia: en caso de que no exista ningún elemento  $z_i$  en el vector  $z$  que contenga la densidad  $\delta$ , se añade un elemento nuevo  $z_i = (\delta, 1, \{(d, t_a)\})$ ; si por el contrario ya existe un elemento  $z_i = (\delta, c_i, \Gamma_i)$ , se sustituye éste por  $(\delta, 1, \Gamma_i \cup \{(d, t_a)\})$ , y, luego, si  $\alpha > 0$ , se eliminan del conjunto  $\Gamma_i \cup \{(d, t_a)\}$  que hay en el nuevo  $z_i$  pares  $(d', t_a')$  que cumplan  $t_a' < t_a - \alpha$ , empezando por los más antiguos (los de menor  $t_a'$ ), y mientras que la eliminación de un par no haga que la cardinalidad resultante del conjunto sea inferior a  $n$ .
- 10

- El subsistema Estimador también puede recibir del subsistema Regulador una petición sobre las probabilidades estimadas de que una transmisión de datos tarde un tiempo  $\tau$  o menos en completarse. En tal caso responderá con esa información, contenida en un vector  $y = \langle y_1, y_2, \dots, y_m \rangle$  de la misma longitud que  $z$ , cuyos elementos serán pares  $y_i = (\delta_i, \pi_i)$  con los mismos valores de  $\delta_i$  que los correspondientes elementos de  $z$ , donde  $\pi_i \in [0, 1]$  será la probabilidad estimada de que la transmisión de esa densidad se complete en  $\tau$  o menos tiempo. Las densidades para las que el subsistema Estimador no haya podido estimar apropiadamente no aparecerán en ninguna pareja del vector  $y$ .
- 20

- El procedimiento para calcular el vector  $y$  a partir de la información interna almacenada en el vector  $z$ , es decir, para calcular los valores  $\pi_i$ , puede ser cualquier método que sirva para estimar las probabilidades descritas a partir de los datos almacenados en el vector  $z$ , teniendo en cuenta que el sistema completo será más efectivo (cumplirá mejor sus objetivos) cuanto más cercanas a la realidad sean esas probabilidades estimadas.
- 25

### *Subsistema Regulador*

- 30 El subsistema Regulador consiste en un sistema de procesamiento de datos que, dadas unas estimaciones de probabilidad generadas en el vector  $y$  por el subsistema Estimador, y dada

también la densidad  $\delta_0$  que el consumidor pidió en la última transmisión de datos completada —cualquier valor de densidad si aún no ha habido ninguna iteración de transmisión de datos—, da como salida la densidad de datos que debería pedirse en la siguiente transmisión para cumplir los objetivos del sistema completo, es decir, devuelve la máxima densidad que 5 consiga probabilidad igual o mayor que  $\pi$  de que la transmisión se complete en un tiempo  $\tau$  o menos.

Además de las peticiones por parte del consumidor para decidir densidades, el subsistema Regulador puede recibir otras donde se le solicite que reinicie sus parámetros a unos valores determinados. Los parámetros que debe recibir en una petición de ese tipo son: 10  $\mu \in [0,1]$ , que es una diferencia mínima de probabilidad que tiene que haber, entre la actual probabilidad de cumplir con el tiempo  $\tau$  y la probabilidad deseada  $\pi$ , para que el Regulador decida incrementar la densidad actual;  $v^- \in (0,1]$ , que es un factor que regula en cuánto se reduce, como máximo, la densidad actual en caso de que haya que bajar de densidad; y 15  $v^+ \in (0,1]$ , que es un factor que regula en cuánto se aumenta, como máximo, la densidad actual en caso de que haya que aumentar de densidad. Mientras no reciba ninguna petición de este tipo, el subsistema Regulador toma los siguientes valores por defecto:  $\mu=0.05$ ,  $v^-=1$ ,  $v^+=1$ .

Para realizar sus funciones el subsistema Regulador necesita hacer cálculos con números naturales y reales, por lo que puede implementarse o bien como algoritmo software, 20 o bien como sistema electrónico hardware; en el primer caso utilizará las facilidades ya existentes en su nodo para comunicarse con el consumidor y con el subsistema Estimador (puede ser por Internet, si éstos se ejecutan en nodos separados de la red), mientras que en el segundo caso debe disponer de los interfaces necesarios para hacer estas comunicaciones, ya sean locales o también a través de Internet. Al contrario que otros subsistemas, el Regulador 25 no genera ni mantiene información interna.

Cada vez que recibe una petición de decisión desde el consumidor, junto con la densidad  $\delta_0$  que se usó en la última iteración, el Regulador (ver Fig. 6) envía una petición al subsistema Estimador para que le remita su información interna, es decir, el vector  $y = \langle y_1, y_2, \dots, y_m \rangle$  cuyos elementos son pares  $y_i = (\delta_i, \pi_i)$ , descrito en el apartado anterior. Con esta 30 información ejecuta el siguiente procedimiento: si en el vector  $y$  no existe ninguna pareja  $(\delta_i, \pi_i)$  con  $\delta_i = \delta_0$ , no tiene información suficiente para decidir y por tanto termina de servir la

petición devolviendo al consumidor la misma densidad  $\delta_0$ ; si existe tal pareja,  $\pi_i < \pi$  y  $\delta_0 = 0$ , no está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$  pero tampoco estima que pueda hacerlo, con lo que devuelve la misma densidad  $\delta_0$  al consumidor; si existe tal pareja,  $\pi_i < \pi$  y  $\delta_0 > 0$ , no está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$  pero puede reducir la densidad de datos para intentar cumplirla, lo que hace ejecutando el sub-procedimiento A que se describe en el siguiente párrafo; finalmente, si existe tal pareja y  $\pi_i \geq \pi$ , está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$  y puede intentar aumentar la densidad respecto a la última que se solicitó, por lo que ejecuta el sub-procedimiento B que se describe debajo.

El sub-procedimiento A (ver Fig. 7) trata de disminuir la densidad de datos transmitidos, si es posible, para aumentar la probabilidad de recibirlos antes de un tiempo  $\tau$ , siendo esta disminución proporcional a la diferencia o error  $\pi - \pi_i$  existente en las probabilidades; en particular se calcula  $\delta = \min(\delta_0 - 1, \delta_0(1 - (\pi - \pi_i))v^-)$ . Si  $\delta = 0$  o no hay información en el vector  $y$  acerca de la densidad  $\delta$ , o si existe una pareja  $(\delta, \pi_j)$  en el vector  $y$  pero  $\pi_j \geq \pi$ , devuelve  $\delta$  como resultado y termina; en otro caso repite el salto a una densidad menor de la misma manera, pero empezando en  $\delta_0 = \delta$ .

El sub-procedimiento B (ver Fig. 8) trata de aumentar la densidad de datos a transmitir, saltando a una densidad de datos que esté situada a una distancia proporcional al error en probabilidad, si es posible, puesto que se están cumpliendo las condiciones establecidas; para ello, se define la longitud del salto  $x = (D - 1 - \delta_0)(\pi_i - \pi)v^+$ , y se calcula la nueva densidad  $\delta = \delta_0 + x$ ; si  $x = 0$  o no existe información sobre  $\delta$  en el vector  $y$  o bien existe una pareja  $(\delta, \pi_j)$  en el vector  $y$  pero  $\pi_j \geq \pi$ , devuelve  $\delta$  como resultado y termina el sub-procedimiento; en otro caso cambia el tamaño del salto a  $x = x - 1$  y repite éste tomando como nueva densidad  $\delta = \delta_0 + x$ .

## 25 Modelado y predicción de retardos de transmisión de datos

La presente invención, incorporada la mejora descrita en el anterior apartado, puede verse también beneficiada por, y es compatible con, cualquier procedimiento o sistema que consiga modelar y predecir retardos de transmisión de datos, tales como los divulgados en la solicitud de patente española P201400636, o tales como los que a continuación se proponen en este sentido.

Se propone a continuación un sistema de procesamiento de datos caracterizado por el almacenamiento en el vector  $z$  de información más detallada que la descrita en los apartados anteriores y también por la producción de un vector  $y$  con estimaciones de probabilidad  $\pi_i$  de alta calidad. La realización de esta opción no afecta más que al subsistema Estimador, salvo

5 las peticiones de reinicio que éste recibe del consumidor, que deben modificarse ligeramente y por tanto influyen también en la realización de este último; en particular, esas peticiones se enriquecen con la adición de un nuevo parámetro  $\gamma$ , un número natural que indica cuántos valores de tiempo de transmisión se usarán, como mínimo, al considerar los últimos tiempos recibidos de una densidad como parte de algún grupo de tiempos anteriores que comparten

10 características estadísticas similares. Por defecto,  $\gamma=n$  ( $n$  es otro de los parámetros de la petición de reinicio, y fue descrito en el apartado del subsistema Estimador).

El vector  $z$  que ha sido descrito en el apartado correspondiente al subsistema Estimador está compuesto de elementos  $z_i=(\delta_i, c_i, \Gamma_i)$ , cada uno de los cuales corresponde a una densidad  $\delta_i$  que se ha usado en alguna transmisión y contiene una lista de tiempos  $\Gamma_i$  medidos al completar transmisiones de datos. La presente opción de mejora propone sustituir, dentro de cada elemento  $z_i$ , la lista de tiempos  $\Gamma_i$  por una serie de listas de tiempos, cada una conteniendo aquellos tiempos de transmisión  $d$  que han demostrado un comportamiento estadístico similar, lo que denominaremos un *régimen*, de modo que, cuando haya que predecir el tiempo que tardará la siguiente transmisión en completarse si se pide una cierta densidad, se tendrá mucha más información que si se usa sólo el sistema descrito en párrafos anteriores. Además, cada régimen así almacenado en  $z_i$  se acompañará de la definición de la mejor distribución de probabilidad que modela sus tiempos de transmisión. Para esto último se propone el uso de una distribución log-logística tri-paramétrica [10], cuya función de distribución de probabilidad es:

$$25 \quad F_x(x; a, b, c) = 1 / \left[ 1 + ((x - a) / b)^{1/c} \right] \quad (1)$$

siendo  $a \geq 0$ ,  $b > 0$  y  $c > 0$  los parámetros (números reales) que definen por completo esta distribución (la tripla  $(a, b, c)$  es la que se almacenará junto con cada régimen de  $z_i$ ) y  $x \geq 0$  un tiempo en completar una transmisión (número real) para la densidad correspondiente a  $z_i$ .

Más concretamente, el vector  $z$  quedará definido matemáticamente como

30  $z = \langle z_1, z_2, \dots, z_m \rangle$ , con elementos  $z_i = (\delta_i, c_i, \Lambda_i, B_i, s_i)$  asociados a cada densidad  $\delta_i$ , donde  $\delta_i$  y  $c_i$  son y se actualizan de la misma forma descrita en el apartado dedicado al subsistema

Estimador, mientras que  $\Lambda_i$ ,  $B_i$  y  $s_i$  sustituyen a  $\Gamma_i$ . El componente  $\Lambda_i$  se define como un vector de regímenes  $\Lambda_i = \langle t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ik} \rangle$  formados con los tiempos de transmisión de datos de esa densidad, siendo definido cada régimen como  $t_{ij} = (D_{ij}, M_{ij})$ , donde  $D_{ij} = \{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_r, t_{ar})\}$  es una lista de tiempos de transmisión, posiblemente vacía, que comparten similitudes estadísticas, y  $M_{ij}$  un modelo  $(a, b, c)$  log-logístico tri-paramétrico de los tiempos  $\{d_1, d_2, \dots, d_r\}$ , el cual puede ser  $(-1, -1, -1)$  para indicar que aún no ha podido calcularse. A su vez,  $B_i = \{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_r, t_{aq})\}$  es un *buffer* de tiempos de transmisión, posiblemente vacío, que está en espera de convertirse en un nuevo régimen o de añadirse a un régimen existente. Finalmente,  $s_i$  es un número natural que indica el estado en el que se encuentra la estimación para la densidad  $\delta_i$ :  $0 \rightarrow$  esperando a poder extender un régimen existente,  $>0 \rightarrow$  extendiendo el régimen existente cuyo índice sea  $s_i$ .

En esta opción de mejora el procedimiento para calcular las probabilidades  $\pi_i$  que necesita el subsistema Regulador a partir de los datos de  $z$  es como sigue: para cada  $z_i = (\delta_i, c_i, \Lambda_i, B_i, s_i)$ , si  $s_i = 0$ , no se generará ningún elemento correspondiente en el vector  $y$  para la densidad  $\delta_i$ , mientras que si  $s_i > 0$  es porque los tiempos se están comportando como los del régimen  $s_i$ -ésimo, por tanto se generará un elemento  $y_i = (\delta_i, \pi_i)$  cuyo  $\pi_i$  será igual al resultado de evaluar la ecuación (1) usando como parámetros  $(a, b, c)$  los guardados en ese régimen  $s_i$ -ésimo de  $\Lambda_i$  y como valor de la variable  $x$  el número  $\tau$ .

Por otra parte, el procedimiento para mantener actualizado el vector  $z$  es más complicado. Se ejecutará en cada petición, desde el Receptor hasta el Estimador, de actualización de la información estimada por este último. Esa petición, como ya se ha descrito en el apartado dedicado al subsistema Estimador, indica qué densidad  $\delta$  se está pidiendo, qué tiempo  $d$  tardó en completarse la última transmisión de esa misma densidad y en qué momento  $t_a$  se inició esa última transmisión. La actualización de  $z$  con esa información es como sigue: en caso de que no exista ningún elemento  $z_i$  en el vector  $z$  que contenga la densidad  $\delta$ , se añade un elemento nuevo  $z_i = (\delta, 1, \Lambda_i, B_i, s_i)$  con  $s_i = 0$ ,  $B_i = \{(d, t_a)\}$  y  $\Lambda_i = \langle t_{i1} \rangle$ , donde, a su vez,  $t_{i1} = (D_{i1}, M_{i1})$ ,  $D_{i1} = \{(d, t_a)\}$  y  $M_{i1} = (-1, -1, -1)$ ; si, por el contrario, ya existe un elemento  $z_i = (\delta, 1, \Lambda_i, B_i, s_i)$ , se sustituye éste por  $(\delta, 1, \Lambda'_i, B'_i, s'_i)$ . Los nuevos parámetros  $\Lambda'_i$ ,  $B'_i$  y  $s'_i$  se construyen según el sub-procedimiento W descrito más adelante. Este sub-procedimiento necesita a su vez ejecutar otros sub-procedimientos: el sub-procedimiento X, que calcula el mejor modelo probabilístico  $(a, b, c)$  para un conjunto de

parejas de tiempos de transmisión  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_q, t_{aq})\}$ , el sub-procedimiento Y, que hace lo mismo que el X pero para múltiples conjuntos de tiempos de transmisión, obteniendo para cada uno su mejor modelo, y el sub-procedimiento Z, que devuelve una medida numérica de la bondad de un cierto modelo probabilístico  $(a, b, c)$  para explicar un cierto conjunto de parejas de tiempos de transmisión  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_q, t_{aq})\}$ . Se explican estos sub-procedimientos en los siguientes párrafos, desde el de nivel menos abstracto hasta el de nivel más abstracto.

El sub-procedimiento Z recibe como entrada un modelo  $(a, b, c)$  de distribución de probabilidad log-logística tri-paramétrica y un conjunto de parejas de tiempos de transmisión  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_q, t_{aq})\}$ . En primer lugar calcula el modelo equivalente al  $(a, b, c)$  de una distribución de probabilidad logística bi-paramétrica, consistente en dos parámetros  $(\mu, \sigma)$  [11], mediante las siguientes ecuaciones:

$$\mu = \ln(b)$$

$$\sigma = c$$

A continuación transforma los tiempos de transmisión  $\{d_1, d_2, \dots, d_q\}$  de las parejas recibidas en un nuevo conjunto  $\{e_1, e_2, \dots, e_q\}$  según la siguiente ecuación:

$$e_j = \ln(d_j - a)$$

Finalmente utiliza el método de bondad de ajuste Anderson-Darling para distribuciones log-logísticas bi-paramétricas [12], pasándole como entradas  $(\mu, \sigma)$  y  $\{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ , el cual devuelve un valor-p de bondad de ajuste (un número real entre 0 y 1, más alto conforme mejor sea la bondad de ajuste [13]) y una decisión H de si el modelo probabilístico explica los datos de tiempo (que valdrá 0 si el modelo los explica o 1 si no). El valor-p y la decisión H son las salidas de este sub-procedimiento Z.

El sub-procedimiento X recibe como entrada un conjunto de parejas de tiempos de transmisión  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_q, t_{aq})\}$  y devuelve como salida el mejor modelo  $(a, b, c)$  log-logístico tri-paramétrico que podría explicar los elementos  $\{d_1, d_2, \dots, d_q\}$ . Esto lo realiza en dos pasos consecutivos. El primer paso está basado en el método de estimación de los momentos [13] y encuentra una primera aproximación a esos parámetros,  $(a_0, b_0, c_0)$ , mediante la resolución de las siguientes ecuaciones:

$$30 \quad a_0 = \min\{d_i\} - \frac{\max\{d_i\} - \min\{d_i\}}{10000}$$

$$b_0 = \text{median}\{d_i - a_0\}$$

$$c_0 = \min \left\{ a_0 + b_0 \beta (1 + c_1 - c) - \frac{\sum d_i}{q} \right\}$$

donde  $\beta$  es la función matemática beta [14]. La ecuación mostrada para  $c_0$  no tiene solución cerrada, por lo que sólo se puede aproximar numéricamente, mediante un procedimiento de optimización iterativo. Esta opción de mejora propone el uso de un algoritmo Levenberg-

- 5 Marquardt [15] para ello, que use como semilla inicial  $c_0 = 0.05$  y un intervalo de búsqueda  $c_0 \in [0.05, 1]$ .

El segundo paso del sub-procedimiento X encuentra el valor definitivo de la tripla  $(a, b, c)$  resolviendo las siguientes ecuaciones para las variables  $a$ ,  $b$  y  $c$ , basadas en una estimación de máxima verosimilitud [13]:

$$10 \quad \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \underset{(a,b,c)}{\operatorname{argmin}} \left( \begin{array}{l} \sum \left[ \frac{1+1/c}{d_i - a} - \frac{2b^{1/c}}{c} \frac{1}{(d_i - a)((d_i - a)^{1/c} + b^{1/c})} \right] \\ \frac{n}{cb} - \frac{2b^{1/c}}{bc} \sum \left[ \frac{1}{(d_i - a)^{1/c} + b^{1/c}} \right] \\ \frac{-n \ln(b)}{c^2} - \frac{n}{c} + \frac{1}{c^2} \sum \left[ \ln(d_i - a) - 2 \frac{\ln(\frac{d_i - a}{b})}{\left( \left( \frac{d_i - a}{b} \right)^{1/c} + 1 \right)} \right] \end{array} \right) \quad (2)$$

donde existen las siguientes restricciones:  $a \in (0, \min\{d_i\})$ ,  $b \in (0, \infty)$  y  $c \in [0.05, 1]$ . De nuevo,

resolver estas ecuaciones es un procedimiento de optimización numérica, dado que no hay solución cerrada. Esta opción de mejora se basa en utilizar un algoritmo Levenberg-Marquardt para ello, utilizando como solución inicial la tripla  $(a_0, b_0, c_0)$  generada por el paso

- 15 W, y provisto de las expresiones del Jacobiano de esas ecuaciones para acelerar los cálculos.

Además, si la plataforma de ejecución que soporta al sub-procedimiento X dispone de multitarea hardware, los tres sumatorios de la ecuación (2) se implementan más eficientemente mediante un esquema de reducción paralela: cada *thread* puede calcular una suma parcial de un rango del espacio de iteraciones, y posteriormente esas sumas parciales se

- 20 acumulan para obtener el resultado final. Adicionalmente, se desacoplan los pasos del sub-procedimiento X mediante un esquema de tipo *pipeline*. Este *pipeline* contempla las siguientes etapas (ver Fig. 9): creación del conjunto de parejas de tiempos, X1, estimación de los parámetros iniciales, X2, cómputo de los valores definitivos de los parámetros (a,b,c) resolviendo la ecuación 2, X3, y finalmente salida ordenada de dichos parámetros, X4. Cada

- 25 paso se asocia a una etapa del esquema de tipo *pipeline* de forma que distintos *threads* pueden

procesar en paralelo distintos conjuntos de parejas de tiempo que estén siendo procesadas en distintas etapas. Adicionalmente, las etapas X2 y X3 también exhiben un paralelismo espacial, es decir, podemos tener varios *threads* ejecutando al mismo tiempo el proceso X2 con distintos conjuntos de parejas de tiempo, y que los resultados de este procesamiento alimenten otro conjunto de *threads* encargados del proceso X3. Si explotamos este paralelismo y queremos obtener a la salida los resultados en el mismo orden en el que llegaron a la entrada los conjuntos de parejas de tiempo, los procesos X1 y X4 deben ser serie (ejecutados por un único *thread*), de forma que X1 etiquete los conjuntos y X4 reordene la salida acorde a dichas etiquetas. Este esquema en *pipeline* se describe gráficamente en la Fig. 9, en la que se aprecia que sólo hay un *thread* ejecutando los procesos X1 y X4, pero que hay varios *threads* ejecutando X2 y X3, y, por tanto, varias triples  $(a_0, b_0, c_0)$  y  $(a, b, c)$  en vuelo.

El sub-procedimiento Y consiste en realizar varias llamadas al sub-procedimiento X, cada una con un conjunto distinto de parejas de tiempos. Todos los modelos resultantes de las llamadas al sub-procedimiento X forman la salida de este sub-procedimiento Y.

El sub-procedimiento W construye los nuevos parámetros  $L'_i$ ,  $B'_i$  y  $s'_i$  de  $z_i$  a partir de los actuales,  $L_i$ ,  $B_i$  y  $s_i$ . Lo primero que hace son las asignaciones  $L'_i = L_i$ ,  $B'_i = B_i$  y  $s'_i = s_i$ . Luego realiza tres acciones distintas, dependiendo de que se den sendas condiciones:

1) Si  $s_i = 0$  y la longitud de  $B_i$  es igual a  $n-1$  ( $n$  es un parámetro de funcionamiento ya descrito en el subsistema Estimador), forma un conjunto  $F_i = B_i \setminus \{(d, t_a)\}$ , siendo  $d$  el valor de tiempo recibido en la petición en curso del subsistema Receptor. Luego llama al sub-procedimiento X con ese conjunto  $F_i$ , obteniendo así un modelo  $(a, b, c)$ , con el cual llama a su vez al sub-procedimiento Z, obteniendo un valor-p y una decisión H, de forma que si esto ha dado como resultado que el modelo  $(a, b, c)$  explica los datos de tiempo (es decir, si H es 0), se añade a  $L'_i$  un nuevo régimen  $t_{i(k+1)} = (D_{i(k+1)}, M_{i(k+1)})$  con  $D_{i(k+1)} = F_i$  y  $M_{i(k+1)} = (a, b, c)$  y se asignan  $s'_i = k+1$  y  $B'_i = \emptyset$ , mientras que si el modelo no explica los datos se extrae de  $B'_i$  el elemento más antiguo (con  $t_a$  menor) y se añade el elemento  $(d, t_a)$ , dejando inalterados  $L'_i$  y  $s'_i$ ;

2) Si  $s_i = 0$  y la longitud de  $B_i$  no es igual a  $n-1$  (será menor), forma un conjunto  $F_i = B_i \setminus \{(d, t_a)\}$ , luego construye otro conjunto  $G_i$  a partir de los elementos de  $F_i$ , pero sólo con las g parejas de valores de tiempos más recientes según los respectivos  $t_a$ , o bien con todos los valores de tiempos de  $F_i$  si el tamaño de  $F_i$  es menor que g. Se recopilan entonces una serie de conjuntos  $T_1, T_2, \dots, T_k$ , estando cada  $T_j$  formado por la unión del conjunto  $F_i$  y de todas las

- parejas de tiempos almacenadas en el régimen  $D_{ij}$  (contenido en el elemento  $t_{ij}$  de  $L_i$ ). Luego se llama al sub-procedimiento Y, dándole como entrada cada uno de los conjuntos  $T_j$  así formados y obteniendo como salida, para cada uno, un modelo  $(a,b,c)_j$ . Se llama al sub-procedimiento Z con ese modelo y los mismos tiempos, obteniendo así un valor-p y una
- 5 decisión H para cada conjunto  $T_j$ , y, finalmente, si existen algunos de esos modelos que son considerados válidos ( $H=0$ ), se escoge aquel  $D_{ij}$  que haya dado mayor valor-p, se le añaden las parejas del conjunto  $F_i$ , sustituyendo en  $L'_i$  al régimen anterior junto con el modelo  $(a,b,c)_j$  encontrado, se asigna su índice de régimen  $j$  a  $s'_i$ , y se asigna el conjunto vacío a  $B'_i$ . Si no existe ningún modelo válido (todas las  $H=1$ ) se dejan  $s'_i$ ,  $B'_i$  y  $L'_i$  inalterados;
- 10 3) Si  $s_i > 0$ , se extiende el régimen actual  $D_{i(s_i)}$  con el nuevo tiempo recibido, formando un conjunto de parejas de tiempo  $F_i = D_{i(s_i)} \cup \{(d, t_a)\}$ , se llama al sub-procedimiento X con ese conjunto  $F_i$ , obteniendo un modelo  $(a,b,c)$ , luego se llama al sub-procedimiento Z con ese modelo y con el mismo conjunto, obteniendo un valor-p y una decisión H, y, en caso de que la decisión indique que el modelo explica el conjunto de tiempos ( $H=0$ ), se sustituye en  $L'_i$  el
- 15 régimen de índice  $s_i$ , que será el elemento  $t_{i(s_i)} = (D_{i(s_i)}, M_{i(s_i)})$  por la nueva pareja  $(F_i, (a,b,c))$ , dejando inalterados  $s'_i$  y  $B'_i$ , mientras que, si el modelo no explica los tiempos ( $H=1$ ), se asigna  $B'_i = \{(d, t_a)\}$ ,  $s'_i = 0$  y se deja inalterado  $L'_i$ .

### Ejemplos de modos de realización de la invención

- 20 La constitución y características de la invención se comprenderán mejor con ayuda de la siguiente descripción de ejemplos de realización, debiendo entenderse que la invención no queda limitada a estas realizaciones, sino que la protección abarca todas aquellas realizaciones alternativas que puedan incluirse dentro del contenido y del alcance de las
- 25 reivindicaciones. Asimismo, el presente documento refiere diversos documentos como estado de la técnica, entendiéndose incorporado por referencia el contenido de todos estos documentos, así como de el contenido completo de los documentos a su vez referidos en dichos documentos, con objeto de ofrecer una descripción lo más completa posible del estado de la técnica en el que la presente invención se encuadra. La terminología utilizada a
- 30 continuación tiene por objeto la descripción de los ejemplos de modos de realización que siguen y no debe ser interpretada de forma limitante o restrictiva.

La presente invención puede realizarse en una diversidad de aplicaciones y situaciones, como se ha explicado en la introducción. La figura 1 ilustra los elementos principales de un sistema de comunicación en el que se puede integrar la presente invención.

Como ejemplo de modo de realización de la invención se describe a continuación su implantación para optimizar una tarea de teleoperación de un robot móvil basada en la recepción de datos de los diversos sensores del mismo y el envío de órdenes de movimiento a través de Internet, por parte de un operador humano situado en un lugar remoto respecto al robot. En esta realización preferida el nodo consumidor es un ordenador con sistema operativo multitarea, sin especiales capacidades de cómputo —puede ser un *tablet*, un *smartphone*, un PC estándar, etc.—, pero con una interfaz gráfica que permite mostrarle al operador los datos sensoriales recibidos del robot en un formato adecuado para que el operador actúe, y también recoge los datos de actuación que el operador introduce a través de un joystick; este nodo está conectado a Internet para hacer todas estas comunicaciones. En esta realización todos los caminos de transmisión corresponden a comunicaciones con alguno de los sensores del robot, y se originarán en un mismo nodo: un PC instalado a bordo del mismo, con sistema operativo multitarea, conexión a Internet y acceso software a los sensores físicos. La interfaz del consumidor desea recibir repetidamente datos de cada uno de esos sensores, y el operador puede realizar su tarea de conducción remota del robot de forma correcta con distintos conjuntos de caminos de transmisión activos (los ejecutivos), aunque cada uno tiene un valor diferente a la hora de llevarla a cabo. En general, el operador desea maximizar simultáneamente dos cosas: el número de transmisiones que se completan en o antes de un cierto tiempo y el valor de las transmisiones activas, definido en base a los sensores que envían datos (cada uno tiene un valor diferente) y a los tiempos en que pueden enviarlos, todo ello con modificaciones mínimas en el software y hardware que existen en el camino de transmisión.

Para esta realización preferida se implantarán los procedimientos A, B y C ya comentados anteriormente como algoritmos software en el mismo lenguaje de programación y mismo programa que el que implemente la interfaz gráfica, comunicándose entre ellos a través de llamadas a procedimientos locales y también mediante variables globales. Se implantarán los subsistemas Activador, Desactivador y Reactivador como rutinas guiadas por eventos, también en el mismo lenguaje y programa de la interfaz. Esta interfaz deberá ser modificada mínimamente para: integrar los nuevos procedimientos y subsistemas, recibir

peticiones de desactivación de las transmisiones de ciertos sensores (caminos) por parte de estos procedimientos, enviarles notificaciones cuando se complete una transmisión de un sensor, junto con el tiempo empleado en la misma, y llamar a los subsistemas Activador y Reactivador cada cierto tiempo, mediante la programación de temporizadores adecuados.

- 5 Asimismo se implantará la opción de mejora descrita anteriormente tal y como se describe allí: todos los subsistemas Estimadores se ejecutarán en el nodo del robot, y recibirán las peticiones de los correspondientes subsistemas Receptores y del consumidor a través de comunicaciones TCP/IP, por lo que se asignará a cada Estimador un puerto de comunicaciones bidireccional TCP que no se use para otra finalidad en el nodo del productor,
- 10 10 y cada Estimador lo mantendrá abierto para sus funciones de comunicación. Se implantará un subsistema Regulador por cada sensor, implementándolo mediante un algoritmo software escrito en el mismo lenguaje de programación que use la interfaz gráfica; todos estos subsistemas se ejecutarán en el mismo nodo que el consumidor y responderán a las peticiones del mismo, que serán realizadas mediante llamadas de procedimiento locales, y contendrán la
- 15 15 información y seguirán la secuencia explicadas en el apartado de descripción detallada. Las comunicaciones que estos subsistemas hagan con el resto de subsistemas se realizarán a través del protocolo TCP/IP, por lo que cada uno de ellos reservará y mantendrá un punto de conexión o *socket* TCP para ello, asociado a un puerto que no se utilice para otra finalidad en el nodo del consumidor. En caso de que se desee minimizar el número de puertos de conexión
- 20 20 utilizados por los subsistemas, se añadirá en el nodo consumidor y en el del robot un concentrador software consistente en un algoritmo que reciba peticiones de comunicaciones en un sólo puerto, las cuales deberán contener el identificador del subsistema de destino, y que las reenvíe mediante llamadas locales hacia el mencionado subsistema.

## REIVINDICACIONES

1. Método implementado en computador de activación y desactivación automáticas de transmisiones concurrentes de datos entre dispositivos conectados a una red que requiere:
  - 5 a. la definición previa de cada ejecutivo mediante una tupla  $e_i: (C_i, T_i, F_i, A_i, E_i)$ , en la que  $C_i$  es el conjunto de caminos incluidos en el ejecutivo, y el resto de componentes son conjuntos que tienen un elemento por cada camino  $c_j$  perteneciente a  $C_i$ :  $T_i$  contiene el parámetro  $\tau_j$  de  $c_j$ , es decir, el tiempo que las transmisiones de datos por ese camino deben tardar en la mayoría de los casos, como mucho, si  $e_i$  es el ejecutivo actual;  $F_i$  contiene un tiempo para  $c_j$  que indica cuánto puede permanecer ese camino transmitiendo datos repetidamente sin cumplir su correspondiente  $\tau_j$  antes de ser desactivado;  $A_i$  contiene otro tiempo asociado a  $c_j$ , que será añadido al correspondiente tiempo de  $F_i$  cuando ese camino haya sido reactivado desde un estado desactivado anterior, o cuando haya sido activado por primera vez, con el objetivo de no tener en cuenta posibles transitorios de tiempo que pueden suceder durante esas reactivaciones; finalmente,  $E_i$  contiene una indicación, por cada camino  $c_j$ , de si ese camino es esencial para el ejecutivo  $e_i$ , es decir, de si debe mantenerse activo el mayor tiempo posible incluso a costa de que otros caminos de  $e_i$ , no esenciales, se desactiven; caracterizado por que comprende :
  - 10 b. el almacenamiento de una serie de datos no constantes:  $e_{actual}$ , que almacena el ejecutivo actual; un valor de tiempo acumulado  $m_j$  por cada camino  $c_j$  del sistema, incluidos los que no estén en  $e_{actual}$ ; un indicador  $a_j$  por cada camino, que será 0 si el camino está desactivado actualmente o 1 si no; y un indicador  $r_j$  por cada camino  $c_j$ , que valdrá 1 si ese camino ha sido reactivado desde un estado desactivado anterior o 0 si no;
  - 15 c. Un procedimiento A que activa un camino dado  $c_j$ , guardando un 0 en  $m_j$ , un 1 en  $a_j$  y, si el valor anterior de  $a_j$  era 0, un 1 en  $r_j$  indicando una reactivación del camino, mientras que, si el valor anterior de  $a_j$  era 1, guarda un 0 en  $r_j$ , y realizando finalmente una petición a la tarea que realiza el nodo consumidor para que vuelva a hacer peticiones de transmisión de datos repetitivas por el camino  $c_j$ ;
  - 20 d. Un procedimiento B que se requiere cada vez que se necesite desactivar un camino  $c_j$ , y que guarda un 0 en  $m_j$ ,  $a_j$  y  $r_j$ , y envía una petición a la tarea que realiza el nodo consumidor para que no haga futuras peticiones de datos por el camino  $c_j$  y

d. Un procedimiento C que se encarga de cambiar el ejecutivo actual por otro distinto,  $e_i$  cambiando el valor de  $e_{actual}$  por el valor  $e_i$ , y luego hace lo siguiente con cada uno de los caminos  $c_j$ :

- a. si  $c_j$  estaba en  $C_{actual}$  y no está en  $C_i$ , llama al procedimiento B para desactivarlo;
- b. si  $c_j$  estaba en  $C_{actual}$  y también en  $C_i$  pero con  $a_j=0$ , o bien si  $c_j$  no estaba en  $C_{actual}$  pero sí está en  $C_i$ , llama al procedimiento A para activarlo;
- c. en el resto de casos no hace nada.

2. Método según la reivindicación anterior caractizado por que comprende:

10 a. La desactivación, mediante un subsistema desactivador, de caminos individuales de transmisión de datos pertenecientes al ejecutivo actual cuando éstos no estén cumpliendo apropiadamente los tiempos de transmisión indicados por la tarea que se ejecuta en el sistema, así como por cambiar a un ejecutivo de menor valor que el actual si las desactivaciones de los caminos lo requieren;

15 b. La toma automática, mediante un subsistema activador, de decisiones de cambio a ejecutivos de mayor valor que el actual si las circunstancias lo permiten;

c. La toma automática, mediante un subsistema reactivador, de decisiones de reactivación de caminos de transmisión para comprobar si las condiciones del sistema han cambiado lo suficiente para que puedan estar de nuevo activos.

20

3. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que la desactivación de caminos individuales de transmisión de datos pertenecientes al ejecutivo actual se realiza cuando se reciben datos por un camino de transmisión activo, de forma que cada vez que un camino de transmisión activo  $c_j \in C_i$  completa una transmisión de datos, el nodo consumidor envía un evento al subsistema Desactivador, indicándole el tiempo  $t$  que ha tardado esa transmisión en completarse, realizando el subsistema desactivador lo siguiente:

25 a. si  $t > T_i(c_j)$  significa que ese camino de transmisión no ha cumplido el tiempo  $\tau_j$  que debería tardar en transmitir, así que almacena en  $m_j$  el resultado de  $m_j + t$ , calcula el valor  $x = F_i(c_j) + r_j A_i(c_j)$  y se queda en espera de otro evento de fin de transmisión;

b. si  $t > T_i(c_j)$  pero el nuevo valor de  $m_j$  es menor que  $x$ , todavía se puede permitir que las transmisiones por ese camino no cumplan sus  $\tau_j$  durante algún tiempo más, así que

termina y se queda en espera de otro evento de fin de transmisión;

- c. si  $t \leq T_i(c_j)$ , la transmisión ha cumplido su tiempo  $\tau_j$  satisfactoriamente, así que guarda 0 en  $m_j$  y en  $r_j$ , y vuelve a quedarse en espera de otro evento de fin de transmisión.

5 4. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que si  $t > T_i(c_j)$  y el nuevo valor almacenado en  $m_j$  es igual o mayor que  $x$ , el subsistema desactivador realiza el siguiente subprocedimiento:

- a. si  $E_i(c_j)$  indica que el camino desactivado es esencial y existe otro camino distinto,  $c_s$ , en el ejecutivo  $e_{actual}$  que no sea esencial según  $E_i(c_s)$  y que esté actualmente activo según  $a_s$ , llama al procedimiento B para desactivar  $c_s$  con el objetivo de ver si eso permite que las transmisiones por  $c_j$  puedan cumplir sus tiempos en el futuro cercano al haber disminuido la carga de transmisiones totales en el sistema;
- b. si no hay ningún otro camino no esencial activo en el ejecutivo actual, llama al procedimiento B para desactivar el camino  $c_j$ ;
- c. si la desactivación de  $c_j$  ha llevado a que ningún camino del ejecutivo actual esté activo, y además  $e_{actual} \neq e_I$ , llama al procedimiento C para cambiar al ejecutivo inmediatamente peor en valor, es decir,  $e_{actual-I}$ ;
- d. en cualquier otro caso no hace nada.

20 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4 caracterizado por que la toma automática de decisiones de cambio a ejecutivos de mayor valor que el actual se realiza periódicamente, cada cierto tiempo  $T_I$ , particularmente cada cierto tiempo  $T_I > 0$ , de forma que:

- a. si todos los  $a_j$  de los caminos del ejecutivo actual  $e_{actual}$  valen 1, y además  $e_{actual} \neq e_N$ , llama al procedimiento C para cambiar al ejecutivo de mayor valor  $e_{actual+I}$ ;
- b. si no se cumplen estas dos condiciones, este subsistema no hace nada.

30 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5 caracterizado por que la toma automática de decisiones de reactivación de caminos de transmisión para comprobar si las condiciones del sistema han cambiado lo suficiente para que puedan estar de nuevo

activos se realiza periódicamente, cada cierto tiempo  $T_2$ , particularmente cada cierto tiempo  $T_2 > T_1$ , llamando al procedimiento A para el camino  $c_j$  con menor índice  $j$  que pertenezca al ejecutivo actual  $e_{actual}$  y que tenga  $a_j = 0$ .

- 5      7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que regula automáticamente la cantidad de datos transmitidos entre dispositivos conectados a una red que cumple los siguientes requisitos:
- 10     a. Hay un camino de transmisión en Internet —secuencia de tramos físicos de cable o inalámbricos que permiten comunicaciones a lo largo de la misma— que conecta dos nodos, un productor de cierto tipo de datos (2) y un consumidor de los mismos (1), pudiendo haber múltiples caminos de transmisión ( $3_1, 3_2, 3_n$ ) entre los nodos consumidor (1) y productor de datos (2), así como otros posibles nodos en el camino de transmisión;
- 15     b. El consumidor (1) solicita repetidamente datos al otro, indicándole la *densidad* de los datos, no solicitando nuevos datos hasta que no le lleguen los de la iteración anterior, pudiéndose suponer que la densidad pertenece a un conjunto finito de posibles valores previamente acordado por ambos nodos, es decir que es un número natural en el intervalo  $[0, D-1]$ , siendo 0 la densidad más baja,  $D-1$  la más alta y  $D$  el número de densidades;
- 20     c. El consumidor (1) necesita que la transmisión de datos, desde el momento en que la envía al productor (2) hasta el momento en que se dispone a enviar la siguiente, tenga una probabilidad mínima dada  $\pi$  de tardar como máximo un período de tiempo preestablecido  $\tau$  (o una frecuencia preestablecida  $1/\tau$ );
- 25     d. El consumidor (1) es capaz de realizar su función recibiendo una densidad no máxima de datos, aunque posiblemente funcione con menor efectividad en ese caso;
- 30     e. El nodo productor (2) debe enviar exactamente la cantidad de datos pedida por el consumidor (1);
- f. Ni el nodo consumidor (1) ni el productor (2) ni los nodos intermedios del camino de transmisión pueden asumir modificaciones importantes en su software y/o hardware, ya sea porque son plataformas altamente cerradas o por motivos de reducción de coste de implantación, u otros; y
- g. se implementa en un sistema que consiste en un soporte hardware/software de ejecución, que puede ser cualquier computador o conjunto de computadores con capacidad suficiente para realizar operaciones con números reales, acceso a un reloj

local, así como a una interfaz de conexión con el camino de transmisión, el sistema en su conjunto admitiendo como entrada el tiempo que se desea que dure la transmisión de datos en el peor caso,  $\tau$ , la probabilidad mínima con la que se desea cumplir ese tiempo,  $\pi$ , y la lista de posibles densidades de datos que el consumidor (1) puede solicitar al productor (2); y dando como salida, antes de cada iteración de transmisión, la máxima densidad de esa lista que se le debe solicitar al productor (2) para satisfacer el tiempo  $\tau$  con probabilidad igual o mayor que  $\pi$ ;

caracterizado por que comprende las siguientes etapas o procesos:

1. La toma de medidas de tiempo sencillas de un reloj local mediante un subsistema receptor (4) que hace de intermediario entre el nodo consumidor (1) y el nodo productor (2), y que a su vez incluye el mantenimiento interno de cierta información, que puede definirse matemáticamente como una pareja  $(\delta, t)$ , con  $\delta \in [0, D-1]$ , siendo  $\delta$  la densidad que se solicitó en la última petición de transmisión de datos del nodo consumidor (1), y  $t$  es el tiempo, según el reloj local, en que llegó al subsistema receptor (4) esa petición por parte del nodo consumidor (1), siendo el valor de  $\delta = D$  (densidad inválida) si (i) no ha habido ninguna transmisión de datos aún, o también (ii) tras la recepción de cualquier petición de reinicio por parte del nodo consumidor (1);
2. La estimación de la probabilidad de cumplir tiempos en las transmisiones, así como el mantenimiento actualizado de dichas estimaciones, mediante un subsistema estimador (5), y que a su vez incluye el procesamiento de los tiempos medidos por el receptor, para cada densidad de datos que existe en el sistema, generando y manteniendo información interna acerca de la probabilidad de que la siguiente petición de datos tarde en completarse un tiempo igual o menor a  $\tau$ ; y
3. La toma de decisiones sobre la cantidad de datos a transmitir en cada iteración mediante un subsistema regulador (6) que ejecuta de forma efectiva la función de regulación que satisface los requisitos de tiempo real de forma que, dadas unas estimaciones de probabilidad generadas por el subsistema estimador (5), y dada también la densidad  $\delta$  que el consumidor (1) pidió en la última transmisión de datos completada —cualquier valor de densidad si aún no ha habido ninguna iteración de

transmisión de datos—, da como salida la densidad de datos que debería pedirse en la siguiente transmisión para cumplir los objetivos del sistema completo, es decir devuelve la máxima densidad que consiga probabilidad igual o mayor que  $\pi$  de que la transmisión se complete en un tiempo  $\tau$  o menos.

5

8. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que comprende:

- a. una comunicación inicial del nodo consumidor (1) dirigida a cada uno de los tres subsistemas (3), (4) y (5) mediante la que se configuran los parámetros de dichos subsistemas (3), (4) y (5), pudiendo repetirse dicha configuración en cualquier otro momento, para que reinicien sus procedimientos y borren toda la información recabada hasta entonces;

10

- b. solicitudes repetidas de datos, tras los envíos de reinicio referidos en (a), por parte del nodo consumidor (1): primero se solicita al subsistema regulador (6) una decisión sobre la densidad de datos a usar, lo cual hará que el subsistema regulador (6) se comunique a su vez con el subsistema estimador (5) para conseguir estimaciones de probabilidad de tiempos de transmisión; luego se solicita al subsistema receptor (4) que realice la transmisión de datos, que al recibir dicha solicitud toma medidas de tiempo, redirigiéndose la petición de datos hacia el nodo productor (2), y comunicándose al subsistema estimador (5) los datos de tiempo recabados para que este último mantenga información actualizada sobre las probabilidades de completar una transmisión en el tiempo  $\tau$ , y finalmente se devuelven los datos solicitados hacia el nodo consumidor (1).

15

9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8 caracterizado por que el

20

mantenimiento interno de cierta información por parte del subsistema receptor (4) comprende:

25

- a. La medida por parte del subsistema receptor (4) del tiempo local  $t_a$  en que le llega la petición de transmisión de datos del nodo consumidor (1), la cual viene con una densidad a pedirle al nodo productor (2),  $\delta'$ ;

30

- b. El envío por parte del subsistema receptor (4) de dicha petición hacia el nodo productor (2);

- c. a continuación, si  $\delta' = \delta$ , el subsistema receptor (4) calcula la diferencia  $d=t_a-t$ , que es el tiempo que ha tardado en completarse la petición de datos anterior, incluyendo los períodos de tiempo consumidos en todos los procesos y nodos involucrados en esa

transmisión (no sólo los retardos de comunicaciones por la red), y envía una petición de actualización de información estimada al subsistema estimador (5) con ese valor  $d$  calculado y también con el tiempo  $t_a$ ;

- 5 d. a continuación el nodo productor (2) devuelve al subsistema receptor (4) los datos que ha generado para esa petición; y dicho subsistema receptor (4) sustituye entonces la pareja almacenada internamente por  $(\delta', t_a)$ ; y
- e. finalmente el subsistema receptor (4) devuelve de vuelta los datos transmitidos desde el nodo productor (2) hacia el nodo consumidor (1).

10 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8 caracterizado por que la generación y mantenimiento interno de cierta información por parte del subsistema estimador (5):

- a. Se refiere a una información que consiste en un vector  $\mathbf{z} = \langle z_1, z_2, \dots, z_m \rangle$  de elementos  $z_i = (\delta_i, c_i, \Gamma_i)$ , donde  $m \leq D$ ,  $\forall i \neq j \delta_i \neq \delta_j$ ,  $\delta_i \in [0, D-1]$ , y  $c_i \in \{0,1\}$ , siendo  $m$  la longitud de  $\mathbf{z}$ ,  $D$  el número finito de densidades de datos que es posible pedirle al nodo productor (2),  $\delta_i$  una de esas densidades,  $c_i$  un indicador que vale 1 si el conjunto  $\Gamma_i$  ha sido modificado desde la última vez que se atendió una petición del subsistema regulador (6) ó 0 si no, y  $\Gamma_i$  un conjunto de  $r$  elementos  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_r, t_{ar})\}$ , posiblemente vacío, con los datos de tiempo recogidos para las transmisiones ya realizadas con la densidad  $\delta_i$ ;

20 b. el vector  $\mathbf{z}$  no contendrá ningún elemento  $z_i$  para una densidad para la que no se haya completado nunca una transmisión de datos;

- c. tras una inicialización del subsistema estimador (5),  $\mathbf{z}$  estará vacío; y

- d. la información de  $\mathbf{z}$  es actualizada cada vez que llega una petición al respecto del subsistema receptor (4), la cual contendrá una densidad  $\delta$ , un valor  $d$  y un tiempo  $t_a$ ;

25 esta actualización realizándose de forma que, en caso de que no exista ningún elemento  $z_i$  en el vector  $\mathbf{z}$  que contenga la densidad  $\delta$ , se añade un elemento nuevo  $z_i = (\delta, 1, \{(d, t_a)\})$ ; si por el contrario ya existe un elemento  $z_i = (\delta, c_i, \Gamma_i)$ , se sustituye éste por  $(\delta, 1, \Gamma_i \cup \{(d, t_a)\})$ , y, luego, si  $\alpha > 0$ , se eliminan del conjunto  $\Gamma_i \cup \{(d, t_a)\}$  que hay en el nuevo  $z_i$  pares  $(d', t_a')$  que cumplan  $t_a' < t_a - \alpha$ , empezando por los más antiguos (los de menor  $t_a'$ ), y mientras que la eliminación de un par no haga que la cardinalidad resultante del conjunto sea inferior a  $n$ .

30 11. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que la generación y mantenimiento interno de cierta información por parte del subsistema estimador (5):

- a. Se refiere también a una información consistente en la probabilidad estimada de que una transmisión de datos tarde un tiempo  $t$  o menos en completarse, dicha información contenida en un vector  $\mathbf{y} = \langle y_1, y_2, \dots, y_m \rangle$  de la misma longitud que  $\mathbf{z}$ , cuyos elementos son pares  $y_i = (\delta_i, \pi_i)$  con los mismos valores de  $\delta_i$  que los correspondientes elementos de  $\mathbf{z}$ , donde  $\pi_i \in [0,1]$  es la probabilidad estimada de que la transmisión de esa densidad se complete en  $t$  o menos tiempo;
- b. las densidades para las que el subsistema estimador (5) no haya podido estimar apropiadamente no aparecerán en ninguna pareja del vector  $\mathbf{y}$ ; y
- c. el cálculo del vector  $\mathbf{y}$  a partir de la información interna almacenada en el vector  $\mathbf{z}$  se realiza mediante cualquier método que sirva para estimar las probabilidades descritas a partir de los datos almacenados en el vector  $\mathbf{z}$ .
12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11 caracterizado por que comprende la sustitución, dentro de cada elemento  $z_i$ , la lista de tiempos  $\Gamma_i$  por una serie de listas de tiempos, cada una conteniendo aquellos tiempos de transmisión  $d$  que han demostrado un comportamiento estadístico similar lo que denominaremos un *régimen*, cada régimen así almacenado en  $z_i$  se acompañado de la definición de la mejor distribución de probabilidad que modela sus tiempos de transmisión conforme a una distribución log-logística triparamétrica, cuya función de distribución de probabilidad es:
- $F_x(x; a, b, c) = 1 / \left[ 1 + \left( (x - a) / b \right)^{1/c} \right]$  (1)
- siendo  $a \geq 0$ ,  $b > 0$  y  $c > 0$  los parámetros (números reales) que definen por completo esta distribución (la tripla  $(a, b, c)$  es la que se almacenará junto con cada régimen de  $z_i$ ) y  $x \geq 0$  un tiempo en completar una transmisión (número real) para la densidad correspondiente a  $z_i$ .
13. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que:
- f. el vector  $\mathbf{z}$  queda definido matemáticamente como  $\mathbf{z} = \langle z_1, z_2, \dots, z_m \rangle$ , con elementos  $z_i = (\delta_i, c_i, \Lambda_i, B_i, s_i)$  asociados a cada densidad  $\delta_i$ , donde  $\delta_i$  y  $c_i$  son y se actualizan conforme a la reivindicación 10;
- g.  $\Lambda_i, B_i$  y  $s_i$  sustituyen a  $\Gamma_y$ ;
- i. definiéndose  $\Lambda_i$  como un vector de regímenes  $\Lambda_i = \langle t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ik} \rangle$  formados con los

- tiempos de transmisión de datos de esa densidad, siendo definido cada régimen como  $t_{ij}=(D_{ij}, M_{ij})$ , donde  $D_{ij}=\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_r, t_{ar})\}$  es una lista de tiempos de transmisión que comparten similitudes estadísticas, y  $M_{ij}$  un modelo  $(a,b,c)$  logístico tri-paramétrico de los tiempos  $\{d_1, d_2, \dots, d_r\}$ , el cual puede ser  $(-1,-1,-1)$  para indicar que aún no ha podido calcularse;
- 5           ii. definiéndose  $B_i=\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_r, t_{ar})\}$  es un *buffer* de tiempos de transmisión, posiblemente vacío, que está en espera de convertirse en un nuevo régimen o de añadirse a un régimen existente;
- 10           iii. siendo  $s_i$  un número natural que indica el estado en el que se encuentra la estimación para la densidad  $\delta_i$ :  $0 \rightarrow$  esperando a poder extender un régimen existente,  $>0 \rightarrow$  extendiendo el régimen existente cuyo índice sea  $s_i$ .
14. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que el cálculo de las probabilidades  $\pi_i$  a partir de los datos de  $\mathbf{z}$  es como sigue para cada  $z_i=(\delta_i, c_i, \Lambda_i, B_i, s_i)$ :
- 15           a. si  $s_i=0$ , no se generará ningún elemento correspondiente en el vector  $\mathbf{y}$  para la densidad  $\delta_y$ ;
- b. si  $s_i>0$ , se generará un elemento  $y_i=(\delta_i, \pi_i)$  cuyo  $\pi_i$  será igual al resultado de evaluar la ecuación (1) usando como parámetros  $(a,b,c)$  los guardados en ese régimen  $s_i$ -ésimo de  $\Lambda_i$  y como valor de la variable  $x$  el número  $\tau$ .
- 20           15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 13 ó 14 caracterizado por que el procedimiento para mantener actualizado el vector  $\mathbf{z}$  comprende:
- a. en caso de que no exista ningún elemento  $z_i$  en el vector  $\mathbf{z}$  que contenga la densidad  $\delta$ , se añade un elemento nuevo  $z_i=(\delta, 1, \Lambda_i, B_i, s_i)$  con  $s_i=0$ ,  $B_i=\{(d, t_a)\}$  y  $\Lambda_i=\langle t_{il} \rangle$ , donde, a su vez,  $t_{il}=(D_{il}, M_{il})$ ,  $D_{il}=\{(d, t_a)\}$  y  $M_{il}=(-1,-1,-1)$ ;
- 25           b. si, por el contrario, ya existe un elemento  $z_i=(\delta, 1, \Lambda_i, B_i, s_i)$ , se sustituye éste por  $(\delta, 1, \Lambda'_i, B'_i, s'_i)$ .
- 30           16. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que la obtención de los nuevos parámetros  $\Lambda'_i$ ,  $B'_i$  y  $s'_i$ , que se construyen a partir de los actuales,  $\Lambda_i$ ,  $B_i$  y  $s_i$ , comprende un subprocedimiento W, que realiza las asignaciones  $\Lambda'_i = \Lambda_i$ ,  $B'_i = B_i$  y  $s'_i = s_i$ , y que a su vez requiere de la ejecución de otros subprocedimientos:

- 5 a. el sub-procedimiento X, que calcula el mejor modelo probabilístico  $(a,b,c)$  para un conjunto de parejas de tiempos de transmisión  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_q, t_{aq})\}$ , recibe como entrada un conjunto de parejas de tiempos de transmisión  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_q, t_{aq})\}$  y devuelve como salida el mejor modelo  $(a,b,c)$  log-logístico tri-paramétrico que podría explicar los elementos  $\{d_1, d_2, \dots, d_q\}$ , y que comprende las siguientes etapas:
- Realizar una primera aproximación a esos parámetros,  $(a_0, b_0, c_0)$ , mediante la resolución de las siguientes ecuaciones:

$$a_0 = \min\{d_i\} - \frac{\max\{d_i\} - \min\{d_i\}}{10000}$$

10

$$b_0 = \text{median}\{d_i - a_0\}$$

$$c_0 = \min \left\{ a_0 + b_0 \beta(1+c, 1-c) - \frac{\sum d_i}{q} \right\}$$

15

donde  $\beta$  es la función matemática beta, y  $c_0$  se aproxima numéricamente mediante un procedimiento de optimización iterativo, por ejemplo mediante el uso de un algoritmo Levenberg-Marquardt que use como semilla inicial  $c_0 = 0.05$  y un intervalo de búsqueda  $c_0 \in [0.05, 1]$ ;

20

- Encontrar el valor definitivo de la tripla  $(a, b, c)$  resolviendo, mediante un procedimiento de optimización numérica, por ejemplo un algoritmo Levenberg-Marquardt para ello, utilizando como solución inicial la tripla  $(a_0, b_0, c_0)$  generada por el subprocedimiento W y provisto de las expresiones del Jacobiano de esas ecuaciones para acelerar los cálculos, las siguientes ecuaciones para las variables  $a, b$  y  $c$ ,

$$\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} = \underset{(a,b,c)}{\operatorname{argmin}} \left( \begin{array}{l} \sum \left[ \frac{1+1/c}{d_i-a} - \frac{2b^{1/c}}{c} \frac{1}{(d_i-a)\left((d_i-a)^{1/c} + b^{1/c}\right)} \right] \\ \frac{n}{cb} - \frac{2b^{1/c}}{bc} \sum \left[ \frac{1}{(d_i-a)^{1/c} + b^{1/c}} \right] \\ \frac{-n\ln(b)}{c^2} - \frac{n}{c} + \frac{1}{c^2} \sum \left[ \ln(d_i-a) - 2 \frac{\ln\left(\frac{d_i-a}{b}\right)}{\left(\left(\frac{d_i-a}{b}\right)^{1/c} + 1\right)} \right] \end{array} \right) \quad (2)$$

basadas en una estimación de máxima verosimilitud donde existen las siguientes restricciones:  $a \in (0, \min\{d_i\})$ ,  $b \in (0, \infty)$  y  $c \in [0.05, 1]$ .

- 5 b. el sub-procedimiento Y, que hace lo mismo que el X pero para múltiples conjuntos de tiempos de transmisión, obteniendo para cada uno su mejor modelo, realizando varias llamadas al sub-procedimiento X, cada una con un conjunto distinto de parejas de tiempos.

- 10 c. el sub-procedimiento Z, que devuelve una medida numérica de la bondad de un cierto modelo probabilístico  $(a,b,c)$  para explicar un cierto conjunto de parejas de tiempos de transmisión  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_q, t_{aq})\}$ , recibiendo como entrada un modelo  $(a,b,c)$  de distribución de probabilidad log-logística tri-paramétrica y un conjunto de parejas de tiempos de transmisión  $\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_q, t_{aq})\}$ , y comprende las siguientes etapas:

- 15 i. En primer lugar calcula el modelo equivalente al  $(a,b,c)$  de una distribución de probabilidad logística bi-paramétrica, consistente en dos parámetros  $(\mu, \sigma)$ , mediante las siguientes ecuaciones:

$$\mu = \ln(b)$$

$$\sigma = c$$

- 20 ii. A continuación transforma los tiempos de transmisión  $\{d_1, d_2, \dots, d_q\}$  de las parejas recibidas en un nuevo conjunto  $\{e_1, e_2, \dots, e_q\}$  según la siguiente ecuación:

$$e_j = \ln(d_j - a)$$

- ii. Finalmente utiliza el método de bondad de ajuste Anderson-Darling para

5 distribuciones log-logísticas bi-paramétricas, pasándole como entradas y  $\{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ , el cual devuelve un valor-p de bondad de ajuste (un número real entre 0 y 1, más alto conforme mejor sea la bondad de ajuste [13]) y una decisión H de si el modelo probabilístico explica los datos de tiempo (que valdrá 0 si el modelo los explica o 1 si no), siendo el valor-p y la decisión H las salidas de este sub-procedimiento Z.

10 17. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que si la plataforma de ejecución que soporta al subprocedimiento X dispone de multitarea hardware, los tres sumatorios de la ecuación (2) se implementan mediante un esquema de reducción paralela: cada *thread* (7) calcula una suma parcial de un rango del espacio de iteraciones, y posteriormente esas sumas parciales se acumulan para obtener el resultado final.

15 18. Método según la reivindicación 16 caracterizado por que se desacoplan los pasos del subprocedimiento X mediante un esquema de tipo *pipeline* que contempla las siguientes etapas:

- 20 a. creación del conjunto de parejas de tiempos, X1;
- b. estimación de los parámetros iniciales, X2;
- c. cómputo de los valores definitivos de los parámetros (a,b,c) resolviendo la ecuación (2), X3; y
- d. salida ordenada de dichos parámetros, X4;

25 de forma que distintos *threads* pueden procesar en paralelo distintos conjuntos de parejas de tiempo que estén siendo procesadas en distintas etapas.

30 19. Método según la reivindicación 16 caracterizado por que las etapas X2 y X3 exhiben un paralelismo espacial, con varios *threads* ejecutando al mismo tiempo el proceso X2 con distintos conjuntos de parejas de tiempo, los resultados de este procesamiento alimentando otro conjunto de *threads* encargados del proceso X3.

20. Método según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19 caracterizado por que el subprocedimiento W comprende:

- a. Si  $s_i = 0$  y la longitud de  $B_i$  es igual a  $n-1$ , se forma un conjunto  $F_i = B_i \cup \{(d, t_a)\}$ , siendo  $d$  el valor de tiempo recibido en la petición en curso del subsistema receptor (4), llamando al subprocedimiento X con ese conjunto  $F_i$ , obteniendo así un modelo  $(a, b, c)$ , con el cual llama a su vez al subprocedimiento Z, obteniendo un valor-p y una decisión H, de forma que si esto ha dado como resultado que el modelo  $(a, b, c)$  explica los datos de tiempo (es decir, si H es 0), se añade a  $\Lambda'_i$  un nuevo régimen  $t_{i(k+1)} = (D_{i(k+1)}, M_{i(k+1)})$  con  $D_{i(k+1)} = F_i$  y  $M_{i(k+1)} = (a, b, c)$  y se asignan  $s'_i = k+1$  y  $B'_i = \emptyset$ , mientras que si el modelo no explica los datos se extrae de  $B'_i$  el elemento más antiguo (con  $t_a$  menor) y se añade el elemento  $(d, t_a)$ , dejando inalterados  $\Lambda'_i$  y  $s'_i$ ;
- b. Si  $s_i = 0$  y la longitud de  $B_i$  no es igual a  $n-1$ , forma un conjunto  $F_i = B_i \cup \{(d, t_a)\}$ , luego construye otro conjunto  $G_i$  a partir de los elementos de  $F_i$ , pero sólo con las  $\gamma$  parejas de valores de tiempos más recientes según los respectivos  $t_a$ , o bien con todos los valores de tiempos de  $F_i$  si el tamaño de  $F_i$  es menor que  $\gamma$ , recopilándose entonces una serie de conjuntos  $T_1, T_2, \dots, T_k$ , estando cada  $T_j$  formado por la unión del conjunto  $F_i$  y de todas las parejas de tiempos almacenadas en el régimen  $D_{ij}$  (contenido en el elemento  $t_{ij}$  de  $\Lambda_i$ ), llamándose a continuación al subprocedimiento Y, dándole como entrada cada uno de los conjuntos  $T_j$  así formados y obteniendo como salida, para cada uno, un modelo  $(a, b, c)_j$ , llamándose al subprocedimiento Z con ese modelo y los mismos tiempos, obteniendo así un valor-p y una decisión H para cada conjunto  $T_j$ , y, finalmente, si existen algunos de esos modelos que son considerados válidos ( $H=0$ ), se escoge aquel  $D_{ij}$  que haya dado mayor valor-p, se le añaden las parejas del conjunto  $F_i$ , sustituyendo en  $\Lambda'_i$  al régimen anterior junto con el modelo  $(a, b, c)_j$  encontrado, se asigna su índice de régimen  $j$  a  $s'_i$ , y se asigna el conjunto vacío a  $B'_i$ ; y si no existe ningún modelo válido (todas las  $H=1$ ) se dejan  $s'_i, B'_i$  y  $\Lambda'_i$  inalterados;
- c. Si  $s_i > 0$ , se extiende el régimen actual  $D_{i(s_i)}$  con el nuevo tiempo recibido, formando un conjunto de parejas de tiempo  $F_i = D_{i(s_i)} \cup \{(d, t_a)\}$ , se llama al subprocedimiento X con ese conjunto  $F_i$ , obteniendo un modelo  $(a, b, c)$ , luego se llama al subprocedimiento Z con ese modelo y con el mismo conjunto, obteniendo un valor-p y una decisión H, y, en caso de que la decisión indique que el modelo explica el conjunto de tiempos ( $H=0$ ), se sustituye en  $\Lambda'_i$  el régimen de índice  $s_i$ , que será el elemento  $t_{i(s_i)} = (D_{i(s_i)}, M_{i(s_i)})$  por la nueva pareja  $(F_i, (a, b, c))$ , dejando inalterados  $s'_i$  y  $B'_i$ , mientras que, si el modelo no explica los tiempos ( $H=1$ ), se asigna  $B'_i = \{(d, t_a)\}, s'_i = 0$  y se deja inalterado  $\Lambda'_i$ .

21. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 10 a 20 caracterizado por que la toma de decisiones mediante el subsistema regulador (6) en respuesta a la correspondiente petición por parte del nodo consumidor (1) comprende:

- a. La petición por parte del subsistema regulador (6) al subsistema estimador (5) de la información mantenida internamente en el vector  $\mathbf{y} = \langle y_1, y_2, \dots, y_m \rangle$ ; y
- b. La ejecución por parte del subsistema regulador (6) del siguiente procedimiento:
  1. si en el vector  $\mathbf{y}$  no existe ninguna pareja  $(\delta_i, \pi_i)$  con  $\delta_i = \delta_0$ , no hay información suficiente para decidir y por tanto termina de servir la petición devolviendo al nodo consumidor (1) la misma densidad  $\delta_0$ ;
  2. si existe tal pareja,  $\pi_i < \pi$  y  $\delta_0 = 0$ , que no está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$  y se estima que no puede hacerlo, se devuelve la misma densidad  $\delta_0$  al nodo consumidor (1);
  3. si existe tal pareja,  $\pi_i < \pi$  y  $\delta_0 > 0$ , que no está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$  pero se estima que puede hacerlo, se intenta reducir la densidad de datos para cumplirla;
  4. finalmente, si existe tal pareja y  $\pi_i \geq \pi$ , que está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$ , se intenta aumentar la densidad respecto a la última que se solicitó.

22. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que, para intentar reducir la densidad de datos en el caso de que exista tal pareja,  $\pi_i < \pi$  y  $\delta_0 > 0$ , que no está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$  pero se estima que puede hacerlo, comprende el cálculo  $= \min(\delta_0 - 1, \delta_0(1 - (\pi - \pi_i))v^-)$ , de forma que:

- i. si  $\delta=0$ , o no hay información en el vector  $\mathbf{y}$  acerca de la densidad  $\delta$ , o si existe una pareja  $(\delta, \pi_i)$  en el vector  $\mathbf{y}$  pero  $\pi_i \geq \pi$ , devuelve  $\delta$  como resultado y termina;
- ii. en cualquier otro caso, repite el salto a una densidad menor de la misma manera, pero empezando en  $\delta_0 = \delta$ .

23. Método según la reivindicación 21 caracterizado por que, para intentar aumentar la densidad de datos a transmitir en el caso de que exista tal pareja y  $\pi_i \geq \pi$  que cumpla la probabilidad pedida  $\pi$ , se define, y se calcula, la nueva densidad  $\delta = \delta_0 + x$ , definiéndose la longitud del salto  $x = (D - 1 - \delta_0)(\pi_i - \pi)v^+$ , de forma que:

- a. si  $x=0$ , o no existe información sobre  $\delta$  en el vector  $\mathbf{y}$ , o bien existe una pareja  $(\delta, \pi_i)$  en el vector  $\mathbf{y}$  pero  $\pi_i \geq \pi$ , devuelve  $\delta$  como resultado y termina;

- b. en cualquier otro caso cambia el tamaño del salto a  $x=x-1$  y repite éste tomando como nueva densidad  $\delta = \delta_0 + x$ .
24. Sistema informático de activación y desactivación automáticas de transmisiones concurrentes de datos entre dispositivos conectados a una red que implementa un método conforme cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 caracterizado por que comprende:
- Un subsistema desactivador que consiste en un sistema de procesamiento de datos que desactiva caminos individuales de transmisión de datos pertenecientes al ejecutivo actual cuando éstos no estén cumpliendo apropiadamente los tiempos de transmisión indicados por la tarea que se ejecuta en el sistema, así como por cambiar a un ejecutivo de menor valor que el actual si las desactivaciones de los caminos lo requieren;
  - Un subsistema Activador que consiste en un sistema de procesamiento de datos que toma automáticamente decisiones de cambio a ejecutivos de mayor valor que el actual si las circunstancias lo permiten; y
  - Un subsistema Reactivador que consiste en un sistema de procesamiento de datos que toma automáticamente decisiones de reactivación de caminos de transmisión para comprobar si las condiciones del sistema han cambiado lo suficiente para que puedan estar de nuevo activos.
25. Sistema según la reivindicación anterior que regula de forma automática la cantidad de datos transmitidos entre dispositivos conectados a una red implementando un método conforme cualquiera de las reivindicaciones 7 a 23 caracterizado por que consiste en un soporte hardware/software de ejecución, que puede ser cualquier computador o conjunto de computadores con capacidad suficiente para realizar operaciones con números reales, acceso a un reloj local, así como a una interfaz de conexión con el camino de transmisión, el sistema en su conjunto admitiendo como entrada el tiempo que se desea que dure la transmisión de datos en el peor caso,  $\tau$ , la probabilidad mínima con la que se desea cumplir ese tiempo,  $\pi$ , y la lista de posibles densidades de datos que el consumidor (1) puede solicitar al productor (2); y dando como salida, antes de cada iteración de transmisión, la máxima densidad de esa lista que se le debe solicitar al productor (2) para satisfacer el tiempo  $\tau$  con probabilidad igual o mayor que  $\pi$ ; y por que consta de tres subsistemas, el subsistema receptor (4), el subsistema estimador (5) y el subsistema regulador (6):
- El subsistema receptor (4) hace de intermediario entre el consumidor (1) y el

productor (2), y también toma medidas de tiempo sencillas; consistiendo dicho subsistema receptor (4);

- b. el subsistema estimador (5) se ocupa de mantener actualizadas estimaciones de probabilidad de cumplir tiempos en las transmisiones;
- 5 c. el subsistema regulador (6) se encarga de tomar decisiones sobre la cantidad de datos a transmitir en cada iteración, ejecutando efectivamente la función de regulación que satisface los requisitos de tiempo real;

Todos estos subsistemas pudiendo ejecutarse sobre cualquier nodo que se halle en el camino de transmisión, incluso pudiendo coincidir en el mismo nodo, pudiendo ser asimismo el 10 nodo o los nodos que los ejecuten máquinas dedicadas exclusivamente a la función de estos subsistemas o no (por ejemplo, se pueden situar en el mismo ordenador del productor (2) o del consumidor (1), como implementaciones puramente software, compartiendo plataforma computacional con aquéllos.

15 26. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que

- a. Cada uno de los tres subsistemas recibe una comunicación inicial del nodo consumidor (1) mediante la cual se configuran los parámetros de dichos tres subsistemas, pudiendo repetirse dicha configuración en cualquier otro momento, para que reinic peace sus procedimientos y borren toda la información recabada hasta entonces;
- 20 b. El subsistema regulador (6), tras estos envíos de reinicio, recibe la petición del nodo consumidor (1) de una decisión sobre la densidad de datos a usar;
- c. El subsistema regulador (6), tras la petición del nodo consumidor (1) referida en (b) se comunica con el subsistema estimador (5) para conseguir estimaciones de probabilidad de tiempos de transmisión;
- 25 d. El subsistema receptor (4) recibe la solicitud del nodo consumidor (1) de realizar la transmisión de datos, toma medidas de tiempo, y redirige la petición de datos hacia el nodo productor (2);
- e. El subsistema receptor (4) comunica al subsistema estimador (5) los datos de tiempo recabados para que éste último mantenga información actualizada sobre las 30 probabilidades de completar una transmisión en el tiempo  $\tau$ , y finalmente devuelve los datos pedidos hacia el nodo consumidor (1).

27. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 25 ó 26 caracterizado por que el subsistema receptor (4) consiste en un sistema de procesamiento que realiza dos funciones:

- a) medir los tiempos en que se completan las transmisiones de datos entre consumidor (1) y productor (2), y b) hacer de intermediario en dichas transmisiones; y por que a dicho subsistema se le pueden hacer dos tipos de peticiones, ambas por parte del consumidor (1): peticiones de reinicio, en las que se le pide que elimine cualquier información previa recabada (no hay parámetros específicos de funcionamiento que haya que proporcionarle en este tipo de petición), y peticiones de transmisión de datos con cierta densidad (donde se le indica esa densidad).
- 5
28. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema receptor (4) se implementa bien como algoritmo software, bien como sistema electrónico hardware, para tomar medidas de tiempo de un reloj local de su propio nodo y hacer cálculos con números naturales y reales.
- 10
29. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema receptor (4) se implementa como algoritmo software utilizando las facilidades ya existentes en el nodo para comunicarse por Internet.
- 15
30. Sistema según la reivindicación 28 caracterizado por que el subsistema receptor (4) se implementa como sistema electrónico hardware y dispone de interfaces para atender a las comunicaciones del nodo consumidor (1) y para enviar las suyas propias a los otros subsistemas (3) y (5).
- 20
31. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones a 27 a 30 caracterizado por que el subsistema receptor (4) mantiene internamente cierta información, que puede definirse matemáticamente como una pareja  $(\delta, t)$ , con  $\delta \in [0, D-1]$ , siendo  $\delta$  es la densidad que se solicitó en la última petición de transmisión de datos del consumidor (1), y  $t$  es el tiempo, según el reloj local, en que llegó al subsistema receptor (4) esa petición por parte del consumidor (1), siendo el valor de  $\delta$  será  $D$  (densidad inválida) si no ha habido ninguna transmisión de datos aún, o también tras la recepción de cualquier petición de reinicio por parte del consumidor (1).
- 25
32. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que para el mantenimiento de información interna el subsistema receptor (4)
- 30

- a. mide el tiempo local  $t_a$  en que le llega la petición de transmisión de datos del nodo consumidor (1), la cual viene con una densidad a pedirle al nodo productor (2),  $\delta'$ ; envía esa petición hacia el nodo productor (2);
- 5 b. a continuación, si  $\delta' = \delta$ , calcula la diferencia  $d = t_a - t$ , que es el tiempo que ha tardado en completarse la petición de datos anterior, incluyendo los períodos de tiempo consumidos en todos los procesos y nodos involucrados en esa transmisión (no sólo los retardos de comunicaciones por la red), y envía una petición de actualización de información estimada al subsistema estimador (5) con ese valor  $d$  calculado y también con el tiempo  $t_a$ ;
- 10 c. a continuación espera a que el nodo productor (2) le devuelva los datos que ha generado para esa petición; sustituye entonces la pareja almacenada internamente por  $(\delta', t_a)$ ; y
- d. finalmente reenvía de vuelta los datos transmitidos desde el productor (2) hacia el nodo consumidor (1).
- 15 33. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 25 a 32 caracterizado por que el subsistema estimador (5) consiste en un sistema de procesamiento de datos caracterizado por procesar los tiempos medidos por el receptor, para cada densidad de datos que existe en el sistema, generando información interna acerca de la probabilidad de que la siguiente petición de datos tarde en completarse un tiempo igual o menor a  $\tau$ ; y por que a dicho subsistema se le pueden hacer tres tipos de peticiones: a) *[por parte del consumidor]* una petición de inicialización, en la que se le dan los parámetros necesarios para su funcionamiento y se le solicita que borre toda la información recabada hasta el momento; b) *[por parte del receptor]* una petición de actualización de la información interna de estimación; y c) *[por parte del regulador]* una petición de estimación de la probabilidad de que la siguiente transmisión tarde  $\tau$  o menos tiempo, para todas las densidades de datos en las que se disponga de tal estimación.
- 20 25 34. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema estimador (5) se implementa bien como algoritmo software, bien como sistema electrónico hardware, para tomar medidas de tiempo de un reloj local de su propio nodo y hacer cálculos con números naturales y reales.
- 30

35. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema estimador se implementa como algoritmo software utilizando las facilidades ya existentes en el nodo para comunicarse por Internet.
- 5     36. Sistema según la reivindicación 34 caracterizado por que el subsistema estimador se implementa como sistema electrónico hardware y dispone de interfaces para atender a las comunicaciones del consumidor (1) y para enviar las suyas propias a los otros subsistemas, así como de potencia suficiente como para ejecutar el procedimiento de estimación de probabilidades (generación del vector  $\mathbf{y}$ ).
- 10    37. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 33 a 36 caracterizado por que los parámetros que el consumidor (1) debe enviarle al subsistema estimador (5) en la petición de reinicio son los siguientes:  $n$ , el mínimo número de transmisiones a monitorizar antes de poder generar ninguna estimación de probabilidad para una densidad de datos determinada;  $\alpha$ , el tiempo máximo en segundos durante el que se consideran válidos los valores de tiempo recabados en las transmisiones de una densidad de datos determinada; y finalmente el valor de  $\tau$  establecido para este tipo de transmisiones de datos; estableciendo el subsistema estimador (5) los parámetros a los valores recibidos y eliminando toda la información interna recabada hasta entonces.
- 15    38. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema estimador (5) también puede recibir del subsistema regulador (6) una petición sobre las probabilidades estimadas de que una transmisión de datos tarde un tiempo o menos en completarse; en tal caso responderá con esa información, contenida en un vector  $\mathbf{y} = \langle y_1, y_2, \dots, y_m \rangle$  de la misma longitud que  $\mathbf{z}$ , cuyos elementos serán pares  $y_i = (\delta_i, \pi_i)$  con los mismos valores de  $\delta_i$  que los correspondientes elementos de  $\mathbf{z}$ , donde  $\pi_i \in [0,1]$  será la probabilidad estimada de que la transmisión de esa densidad se complete en o menos tiempo.
- 20    39. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 25 a 38 caracterizado por que el subsistema regulador (6) consiste en un sistema de procesamiento de datos que, dadas unas estimaciones de probabilidad generadas en el vector  $\mathbf{y}$  por el subsistema estimador (5), y dada también la densidad  $\delta_0$  que el consumidor (1) pidió en la última transmisión de datos completada, da como salida la densidad de datos que debería pedirse en la siguiente transmisión para cumplir los objetivos del sistema completo; además de las peticiones por

parte del consumidor (1) para decidir densidades, el subsistema regulador (6) puede recibir otras donde se le solicite que reinicie sus parámetros a unos valores determinados, recibiendo para ello los siguientes parámetros:  $\mu \in [0,1]$ , que es una diferencia mínima de probabilidad que tiene que haber entre la actual probabilidad de cumplir con el tiempo  $\tau$  y la probabilidad deseada  $\pi$ , para que el regulador decida incrementar la densidad actual;  $v^- \in (0,1]$ , que es un factor que regula en cuánto se reduce, como máximo, la densidad actual en caso de que haya que bajar de densidad; y  $v^+ \in (0,1]$ , que es un factor que regula en cuánto se aumenta, como máximo, la densidad actual en caso de que haya que aumentar de densidad; tomando el subsistema regulador (6) los siguientes valores por defecto en ausencia de petición de reinicio de sus parámetros:  $\mu=0.05$ ,  $v^-=1$ ,  $v^+=1$ .

15 40. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que para realizar sus funciones el subsistema regulador (6) necesita hacer cálculos con números naturales y reales, por lo que puede implementarse o bien como algoritmo software, o bien como sistema electrónico hardware.

20 41. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que el subsistema regulador (6) se implementa como algoritmo software utilizando las facilidades ya existentes en su nodo para comunicarse con el consumidor (1) y con el subsistema estimador (5).

25 42. Sistema según la reivindicación 40 caracterizado por que el subsistema regulador (6) se implementa como sistema electrónico hardware disponiendo de interfaces para comunicarse con el consumidor (1) y con el subsistema estimador (5), ya sean locales o también a través de Internet.

30 43. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 39 a 42 caracterizado porque cada vez que recibe una petición de decisión desde el consumidor (1), junto con la densidad  $\delta_0$  que se usó en la última iteración, el regulador envía una petición al subsistema estimador (5) para que le remita su información interna, es decir el vector  $\mathbf{y} = \langle y_1, y_2, \dots, y_m \rangle$  cuyos elementos son pares  $y_i = (\delta_i, \pi_i)$ ; con esta información ejecuta el siguiente procedimiento:

1. si en el vector  $\mathbf{y}$  no existe ninguna pareja  $(\delta_i, \pi_i)$  con  $\delta_i = \delta_0$ , no hay información suficiente para decidir y por tanto termina de servir la petición devolviendo al nodo consumidor (1) la misma densidad  $\delta_0$ ;
2. si existe tal pareja,  $\pi_i < \pi$  y  $\delta_i = 0$ , que no está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$  y se

- estima que no puede hacerlo, se devuelve la misma densidad  $\delta_0$  al nodo consumidor (1);
3. si existe tal pareja,  $\pi_i < \pi$  y  $\delta_0 > 0$ , que no está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$  pero se estima que puede hacerlo, se intenta reducir la densidad de datos para cumplirla;
  4. finalmente, si existe tal pareja y  $\pi_i \geq \pi$ , que está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$ , se intenta aumentar la densidad respecto a la última que se solicitó.
- 5
44. Sistema según la reivindicación anterior caracterizado por que, para intentar reducir la densidad de datos en el caso de que exista tal pareja,  $\pi_i < \pi$  y  $\delta_0 > 0$ , que no está cumpliendo la probabilidad pedida  $\pi$  pero se estima que puede hacerlo, comprende el cálculo  $= \min(\delta_0 - 1, \delta_0(1 - (\pi - \pi_i))v^-)$ , de forma que:
- i. si  $\delta = 0$ , o no hay información en el vector  $\mathbf{y}$  acerca de la densidad  $\delta$ , o si existe una pareja  $(\delta, \pi_j)$  en el vector  $\mathbf{y}$  pero  $\pi_j \geq \pi$ , devuelve  $\delta$  como resultado y termina;
  - ii. en cualquier otro caso, repite el salto a una densidad menor de la misma manera, pero empezando en  $\delta_0 = \delta$ .
- 10
- 15
45. Sistema según la reivindicación 43 caracterizado por que, para intentar aumentar la densidad de datos a transmitir en el caso de que exista tal pareja y  $\pi_i \geq \pi$  que cumpla la probabilidad pedida  $\pi$ , se define, y se calcula, la nueva densidad  $\delta = \delta_0 + x$ , definiéndose la longitud del salto  $x = (D - 1 - \delta_0)(\pi_i - \pi)v^+$ , de forma que:
- a. si  $x = 0$ , o no existe información sobre  $\delta$  en el vector  $\mathbf{y}$ , o bien existe una pareja  $(\delta, \pi_j)$  en el vector  $\mathbf{y}$  pero  $\pi_j \geq \pi$ , devuelve  $\delta$  como resultado y termina;
  - b. en cualquier otro caso cambia el tamaño del salto a  $x = x - 1$  y repite éste tomando como nueva densidad  $\delta = \delta_0 + x$ .
- 20
- 25
46. Programa informático adaptado para la realización de un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, o que comprende instrucciones para llevar a cabo las etapas comprendidas en un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23.
47. Medio de almacenamiento legible en computador que comprende un programa informático conforme a la reivindicación anterior, o instrucciones para hacer que un aparato de procesamiento de datos lleve a cabo las etapas comprendidas en un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23.
- 30

48. Medio portador de grabación con un programa informático conforme a la reivindicación 46  
grabado en dicho medio portador de grabación.
49. Onda portadora de señal portando señales que incorporan un programa informático  
conforme a la reivindicación 46.

5

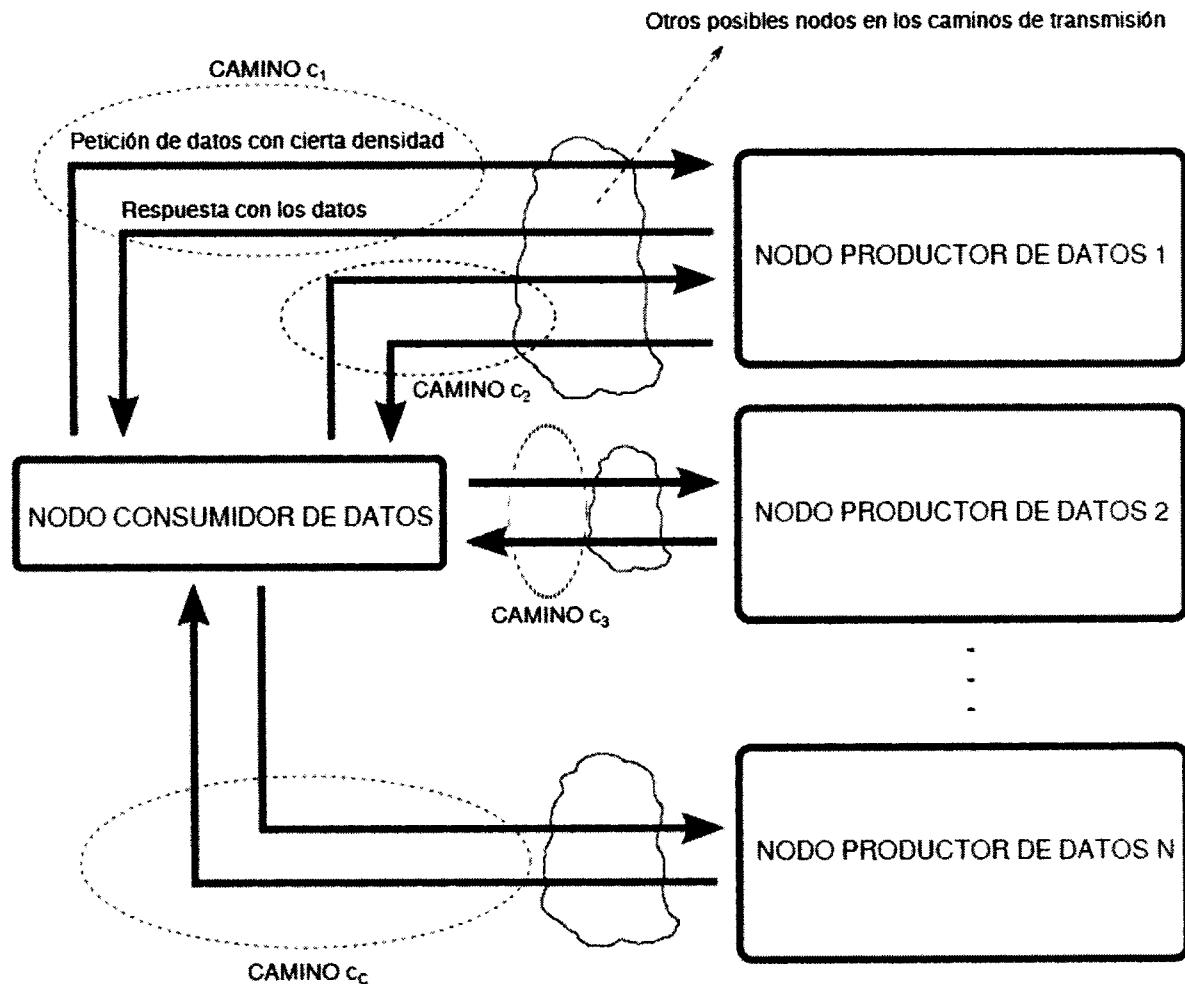
**Figuras**

Figura 1

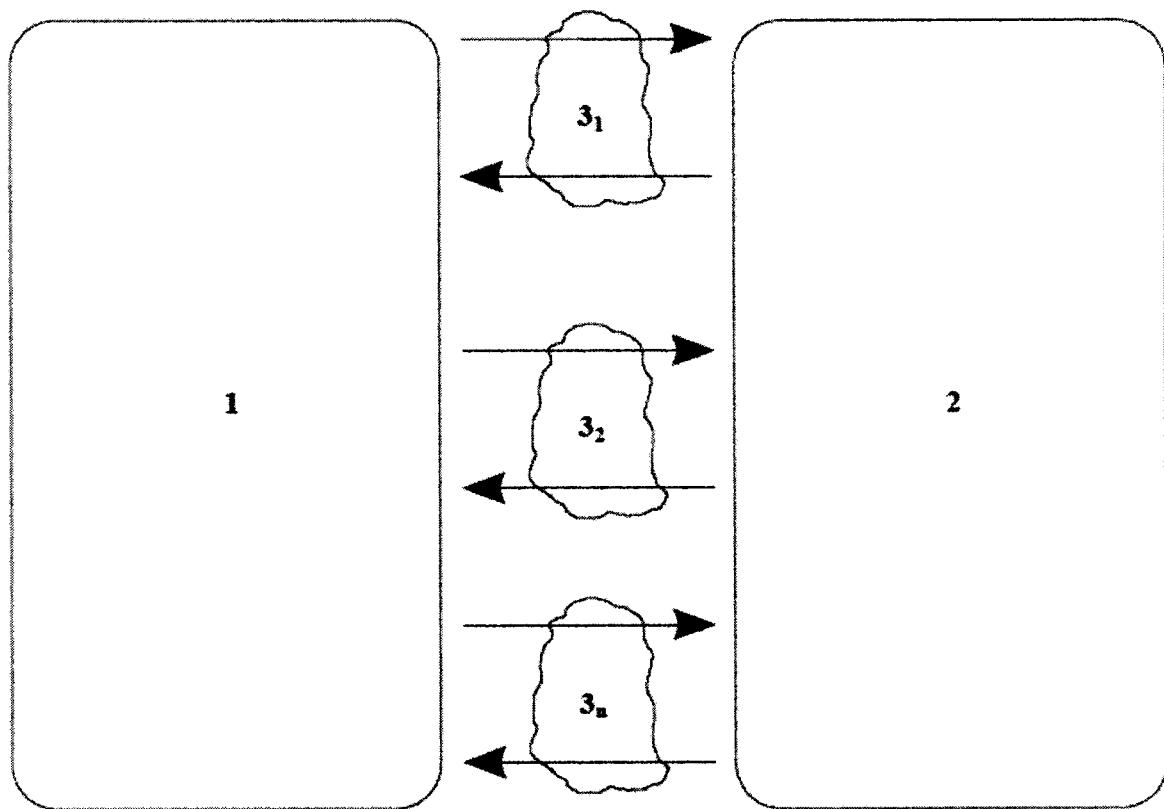


Figura 2

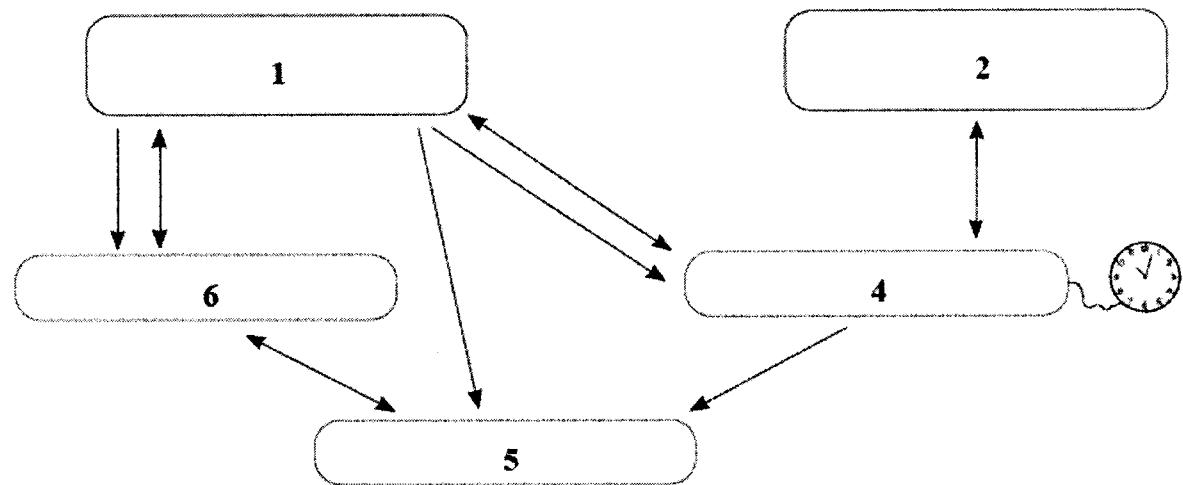


Figura 3

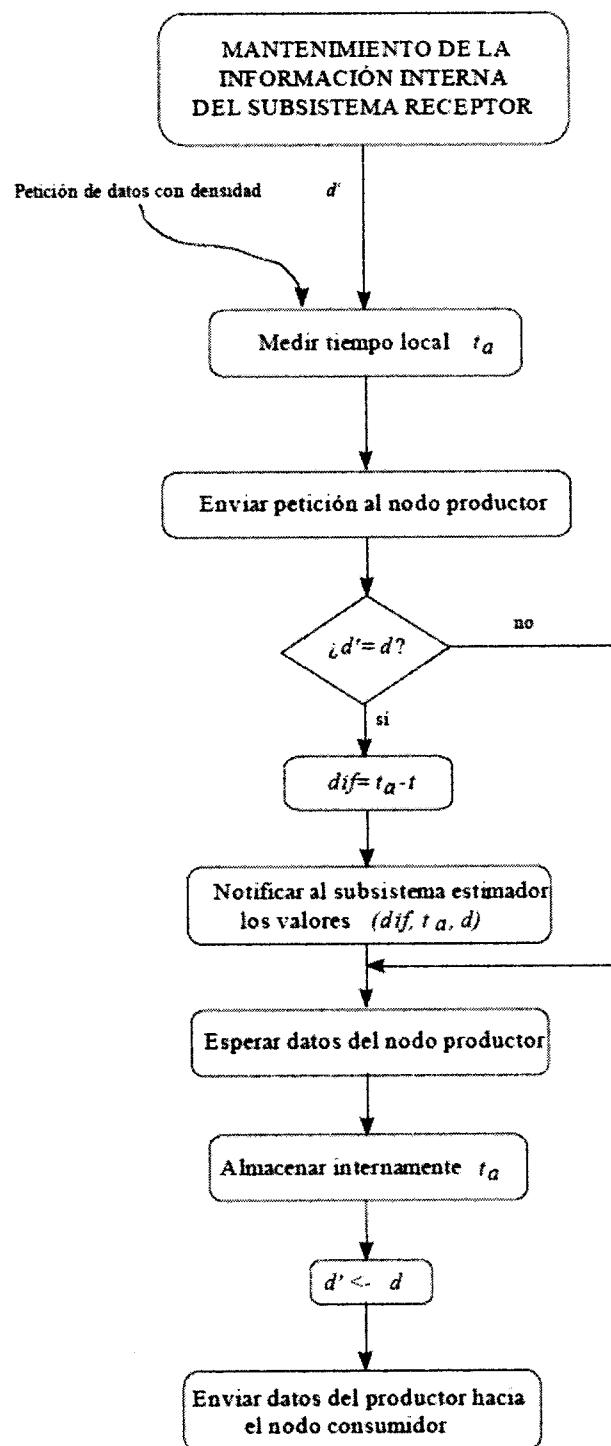


Figura 4

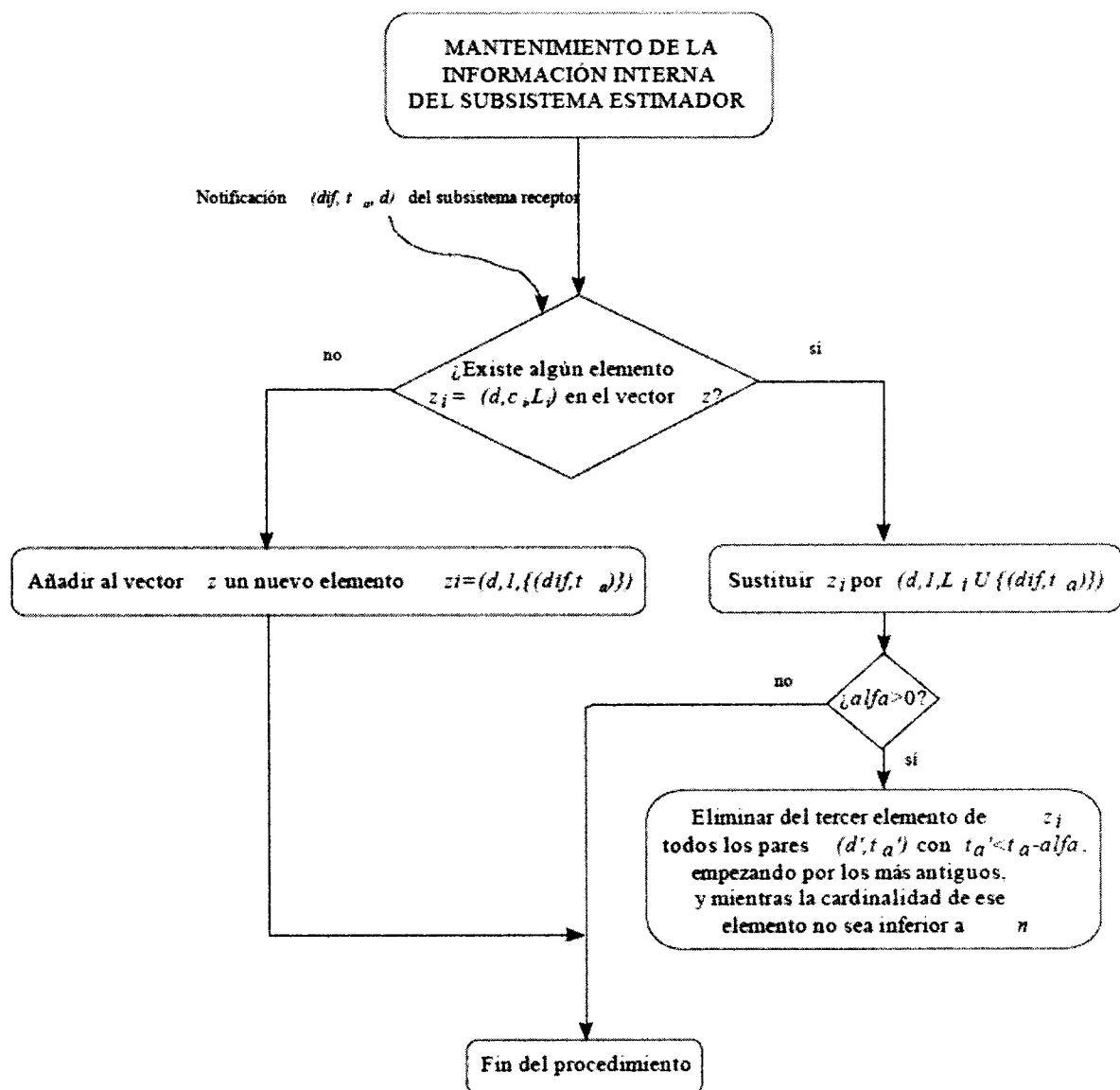


Figura 5

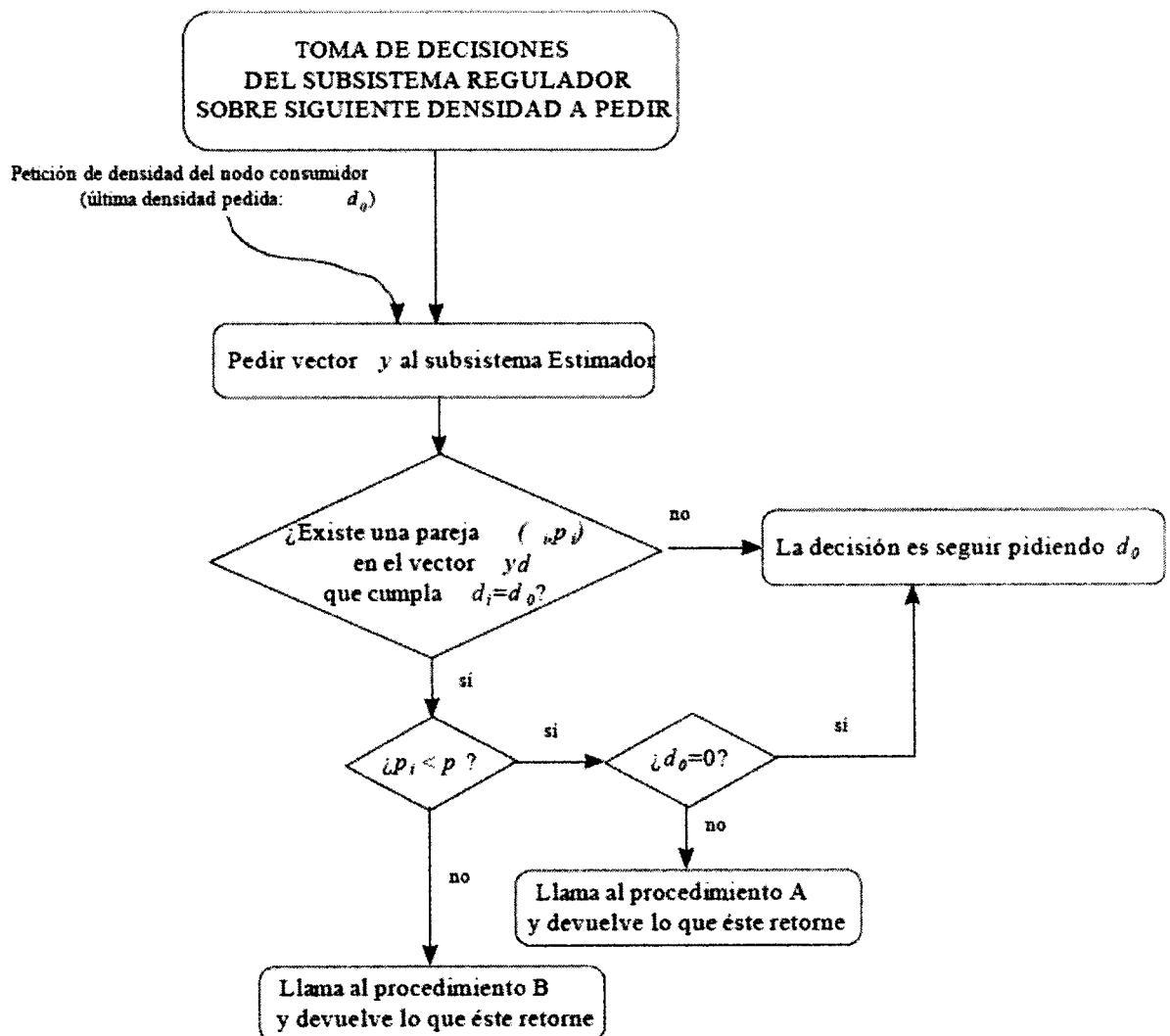


Figura 6

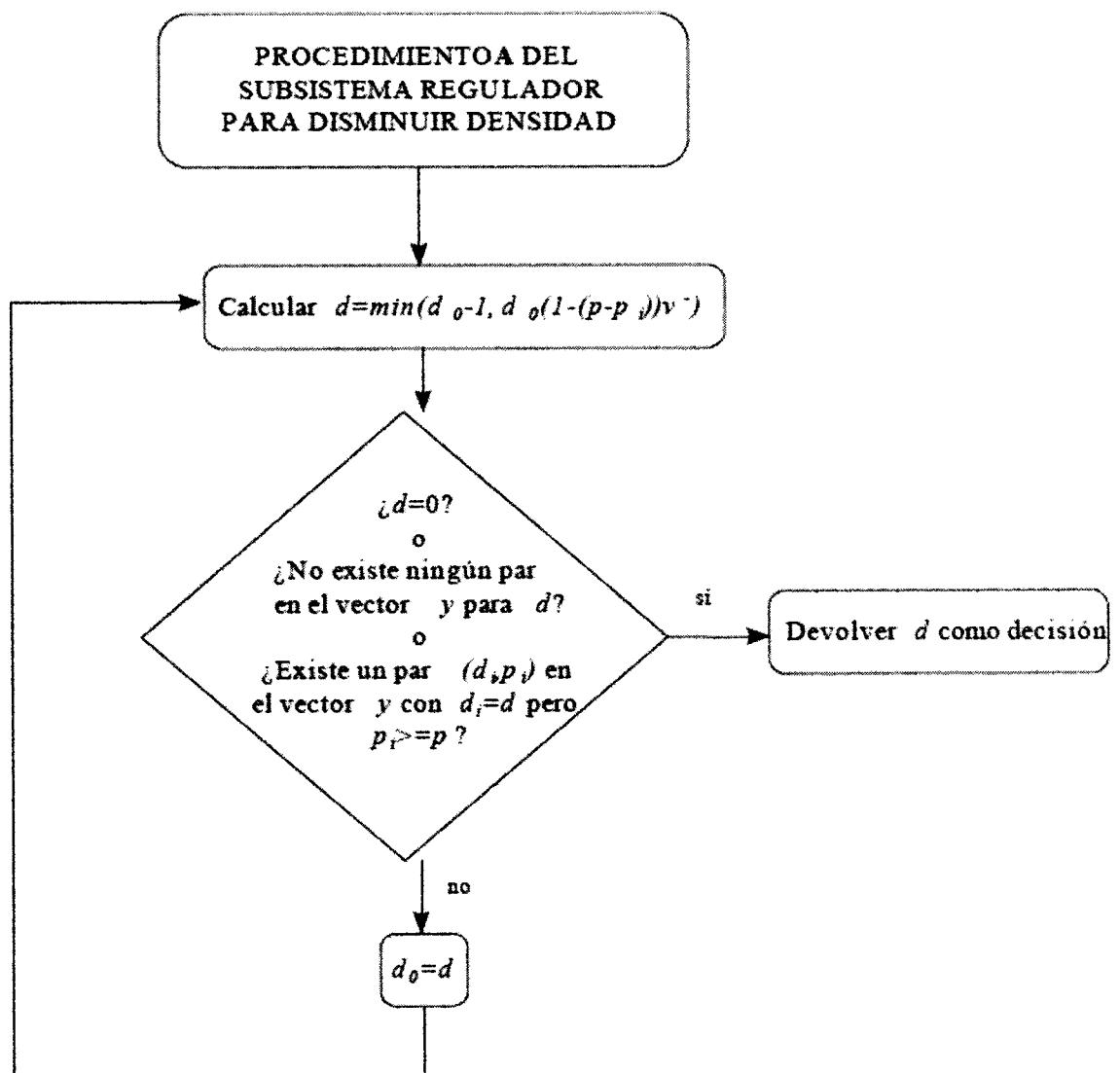


Figura 7

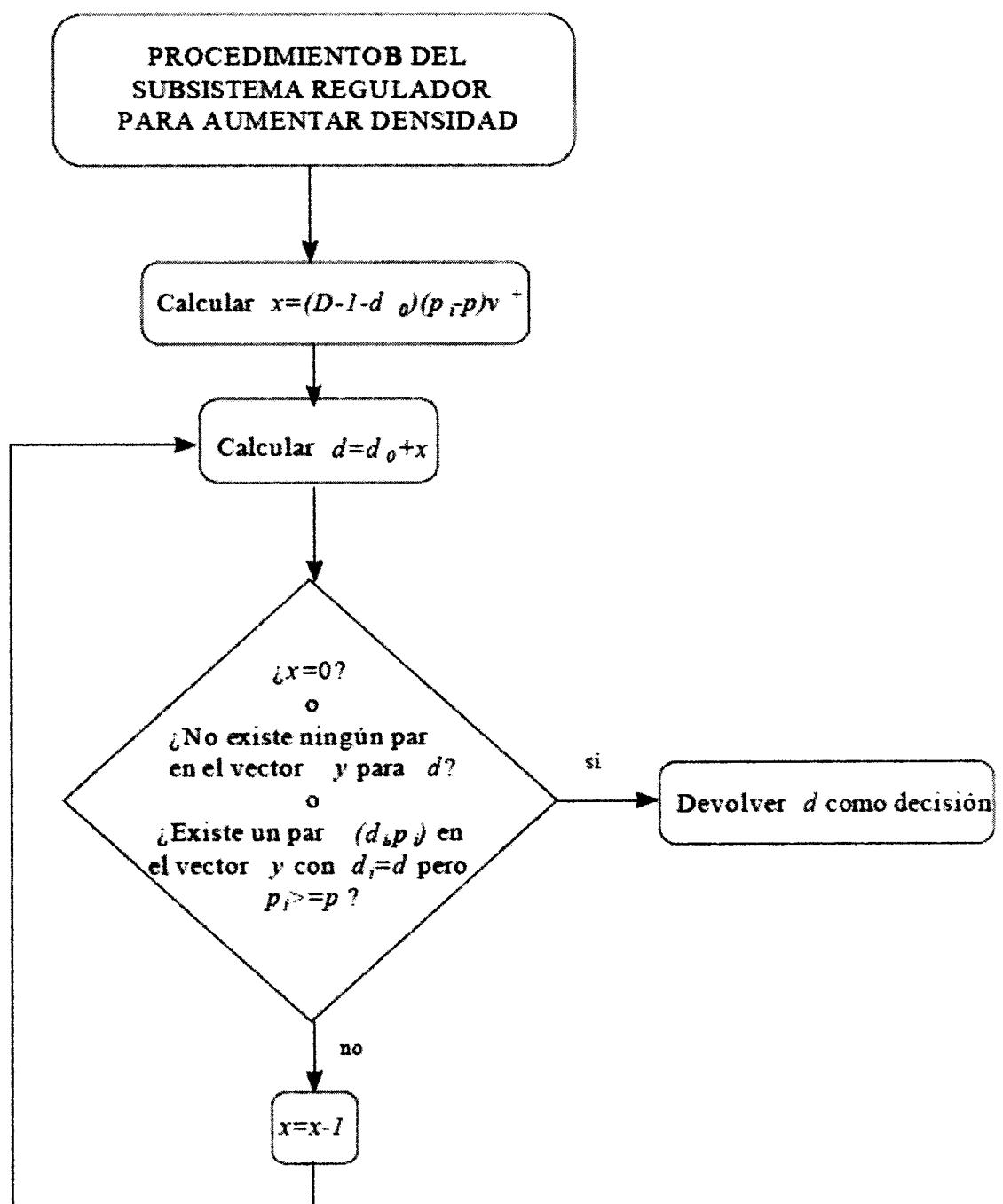


Figura 8

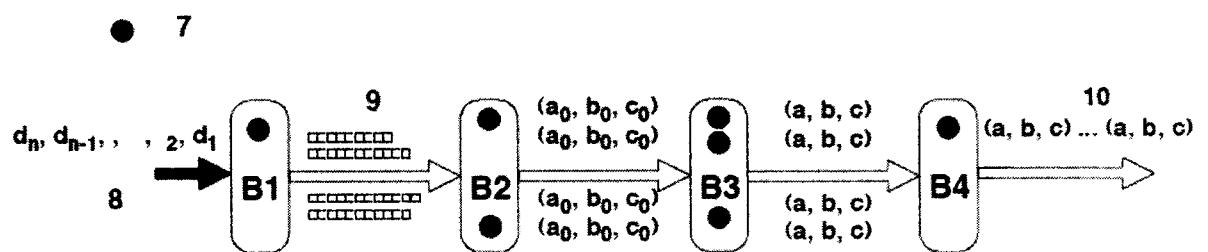


Figura 9



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201400877

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 31.10.2014

(32) Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) Int. Cl.: **H04W28/00** (2009.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	EP 2244521 A1 (EADS SECURE NETWORKS OY) 27.10.2010, reivindicaciones 1,5-8.		1,24,46-49
A	WO 2014039046 A1 (EMPIRE TECHNOLOGY DEV LLC et al.) 13.03.2014, reivindicación 1.		1,24,46-49
A	US 2009271513 A1 (LIU HOWARD et al.) 29.10.2009, descripción: párrafos 24-25.		1,24,46-49
A	US 7668981 B1 (NAGINENI VENKATA SREENIVASA RAO et al.) 23.02.2010, todo el documento.		1,24,46-49
A	YUAN LI et al. On joint optimization of link rate assignment and transmission scheduling in wireless mesh networks. Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS), 2012 XVth International, 20121015 IEEE 15.10.2012 VOL: Págs: 1-6 ISBN 978-1- 4673-1390-2; ISBN 1-4673-1390-4 Doi: doi:10.1109/NETWKS.2012.6381711. Todo el documento		1,24,46-49

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 02.11.2015	Examinador M. Muñoz Sánchez	Página 1/4
--	--------------------------------	---------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04L, H04W

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPIEE; XPI3E

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 02.11.2015

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-49 Reivindicaciones	SI NO
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-49 Reivindicaciones	SI NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

### 1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	EP 2244521 A1 (EADS SECURE NETWORKS OY)	27.10.2010
D02	WO 2014039046 A1 (EMPIRE TECHNOLOGY DEV LLC et al.)	13.03.2014
D03	US 2009271513 A1 (LIU HOWARD et al.)	29.10.2009
D04	US 7668981 B1 (NAGINENI VENKATA SREENIVASA RAO et al.)	23.02.2010
D05	YUAN LI et al. On joint optimization of link rate assignment and transmission scheduling in wireless mesh networks. Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS), 2012 XVth International, 20121015 IEEE 15.10.2012 VOL: Págs: 1-6 ISBN 978-1-4673-1390-2; ISBN 1-4673-1390-4 Doi:10.1109/NETWKS.2012.6381711. Todo el documento	15.10.2012

### 2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento más próximo del estado de la técnica al objeto de la solicitud.

#### Reivindicaciones independientes

Reivindicación 1: el documento D01, divulga un método de optimización de recursos de canal en transmisiones de paquetes de datos en el que se activa un enlace para la entrega de información entre dos puntos terminales. Durante la transmisión de cada elemento de datos se miden los tiempos que aquella tarda en realizarse desactivándose el enlace si se supera el período de enlace (Reivindicación 1). El período de enlace se va ajustando estadísticamente obteniéndose también un histórico de valores y tiempo de terminación de enlace (reivindicaciones 5-8).

El documento D02 presenta un método para aprovechar el exceso de rendimiento de una red para reducir costes de servicio para un cliente ralentizando el procesamiento de datos dentro de un margen de retardo disponible (reivindicación 1).

El documento D03 plantea una variante de reconfiguración de algoritmos de transferencia de datos eligiéndose un nuevo camino con un mejor rendimiento esperado cuando el camino de transferencia actual ha visto reducida su tasa de transmisión en un 20% (pár. 23, 24).

Ninguno de los documentos hace mención a una tupla ejecutivo o estructura de datos equivalente que incluya parámetros temporales de reactivación de caminos, caminos esenciales que hayan de mantenerse activos el mayor tiempo posible para conseguir la optimización de la gestión de transferencia de datos de la red.

Por tanto la reivindicación 1 tiene actividad inventiva según el art. 8.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicación 24: el sistema reivindicado incluye los elementos funcionales y las variables necesarias para ejecutar el método de la reivindicación 1. Por lo tanto, remitiéndonos al análisis de la reivindicación 1 se concluye que la reivindicación 24 tiene actividad inventiva según el art. 8.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicación 46: el programa reivindicado implementa estrictamente el procedimiento de la reivindicación 1. Por lo tanto, remitiéndonos al análisis de la reivindicación 1 se concluye que la reivindicación 46 tiene actividad inventiva según el art. 8.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicación 47: el medio reivindicado contiene estrictamente el programa de la reivindicación 46. Por lo tanto, remitiéndonos al análisis de la reivindicación 46 se concluye que la reivindicación 47 tiene actividad inventiva según el art. 8.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicación 48: el medio reivindicado contiene estrictamente el programa de la reivindicación 46. Por lo tanto, remitiéndonos al análisis de la reivindicación 46 se concluye que la reivindicación 48 tiene actividad inventiva según el art. 8.1 de la Ley de Patentes.

Reivindicación 49: la onda reivindicada contiene estrictamente el programa de la reivindicación 46. Por lo tanto, remitiéndonos al análisis de la reivindicación 46 se concluye que la reivindicación 49 tiene actividad inventiva según el art. 8.1 de la Ley de Patentes.

#### Reivindicaciones dependientes

Reivindicaciones 2-23, 25-45: las reivindicaciones 2-23, 25-45 también tienen actividad inventiva según el art. 8.1 de la Ley de Patentes por depender respectivamente de las reivindicaciones 1 y 24 que poseen actividad inventiva.