

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 878**

21 Número de solicitud: 201400876

51 Int. Cl.:

H04L 12/801 (2013.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

31.10.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

07.04.2016

Fecha de la concesión:

02.09.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

09.09.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

54 Título: **Métodos implementados en computador y sistemas informáticos de regulación automática de la cantidad de datos transmitidos entre dispositivos conectados a una red**

57 Resumen:

Métodos implementados en computador y sistemas informáticos de regulación automática de la cantidad de datos transmitidos entre dispositivos conectados a una red. La presente invención se refiere a métodos y sistemas que regulan automáticamente la cantidad de datos transmitidos entre dispositivos conectados a una red, ejecutándose para ello diferentes procesos mediante diferentes subsistemas: toma de medidas de tiempo sencillas de un reloj local mediante un subsistema receptor (4) que hace de intermediario entre los nodos consumidor (1) y productor (2), y que a su vez incluye el mantenimiento interno de cierta información; estimación de la probabilidad de cumplir tiempos en las transmisiones, así como el mantenimiento actualizado de dichas estimaciones, mediante un subsistema estimador (5); y 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.

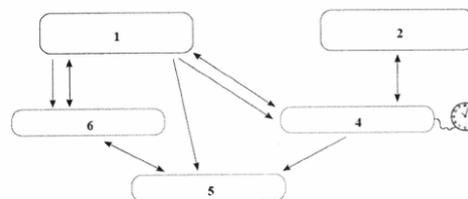


Figura 2

ES 2 565 878 B2

DESCRIPCIÓN

Métodos implementados en computador y sistemas informáticos de regulación automática de la cantidad de datos transmitidos entre dispositivos conectados a una red

SECTOR DE LA TÉCNICA

5

La presente invención se encuadra en el sector de la calidad de servicio en las comunicaciones por Internet, es decir, en los sistemas que necesitan realizar transmisiones cumpliendo unos requisitos de tiempo dados.

10 **ESTADO DE LA TÉCNICA**

Internet es una red planetaria a la que se conectan una amplísima diversidad de dispositivos y que está formada por múltiples tramos de comunicaciones directas punto a punto, de cable o inalámbricos, de distintas características. Cualquier pareja de dispositivos conectados a Internet pueden transmitirse datos, pero los tiempos empleados en tales transmisiones no son deterministas (predecibles y acotados [1]) debido a diversos factores: protocolos de comunicación con elementos estocásticos, componentes hardware y software que no son de tiempo real duro, etc. Todo esto 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.

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, esta estocasticidad en los tiempos de envío y recepción de datos hace difícil cumplir los requisitos temporales, es decir, los tiempos de transmisión requeridos por la tarea. Por tanto, es necesario proveer a estas aplicaciones de mecanismos que permitan reaccionar ante esas variaciones de tiempo.

Una posible aproximación es regular la cantidad de información que se transmite para la tarea, de modo que cuando se prevean mayores retardos se solicite menor información, y al contrario; los retardos, al tener una fuerte dependencia con la cantidad de datos transmitidos, admiten este tipo de regulación, cuyo objetivo es mantener en un nivel constante y adecuado, en el sentido estadístico, los tiempos de transmisión.

La regulación de la cantidad de datos circulando en sistemas de transmisión es un campo en el que ya se han realizado diversos desarrollos, como se resume a continuación.

En las patentes [2] se presenta un método para regular la operación del *buffer* de decodificación de un sistema de transmisión en el que la tasa de transmisión se ajusta según los cambios en los retardos existentes y la ocupación del *buffer* de codificación, para así evitar *overflows* y *underflows* en el citado *buffer*.

5 En las patentes [3] se regula el ancho de banda (aumentándolo o disminuyéndolo) en una plataforma de transporte multi-servicio; para ello, se compara el ancho de banda ocupado por el flujo actual con el ancho de banda distribuido.

Las patentes [4], referidas a aplicaciones de transferencia de voz, proponen una regulación basada en el control de la tasa de paquetes perdidos. Así, es posible tener diferentes
10 tasas de paquetes perdidos dependiendo de que el modo de codificación/decodificación a usar sea más o menos riguroso: si el modo es poco riguroso, se aumenta la tasa de paquetes perdidos, disminuyendo así el retraso.

La patente [5] presenta un servidor de medios con dispositivos QoS (*Quality of Service*, es decir, que tienen capacidades para adaptarse a distintos requisitos de calidad del servicio) y
15 no-QoS conectados, que limita el ancho de banda a estos últimos para garantizar las transmisiones de los primeros.

La regulación de la cantidad de información a transmitir abordada por todos estos trabajos se trata también desde métodos estadísticos, por ejemplo en la patente [6], orientada a tecnologías *wireless*; [7], para transmisión de vídeo en redes *narrow-band*, y [8], donde se
20 utiliza SPC (*Statistical Process Control*, técnicas para el control estadístico de la calidad de los procesos) con el objetivo de saber si una serie de eventos están cumpliendo los SLAs (*Service Level Agreement*) que se tienen como objetivo; si no es así, se toman una serie de acciones para lograr dicho cumplimiento.

Por otra parte, en la literatura científica pueden encontrarse también métodos que
25 regulan los tiempos de transmisión, típicamente en el área de multimedia [9], pero no ofreciendo garantías estadísticas de tiempos de transmisión, como el método descrito en el presente documento.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

30 Figura 1. Elementos principales de un sistema en el que se pueden implantar la presente invención. Nodo consumidor de datos (1), nodo productor de datos (2), caminos de transmisión ($3_1, 3_2, 3_n$).

Figura 2. Subsistemas que componen la presente invención, 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).

Figura 3. Procedimiento para el mantenimiento/actualización de la información interna guardada en el subsistema receptor.

5 Figura 4. Procedimiento para el mantenimiento/actualización de la información interna guardada en el subsistema estimador.

Figura 5. Procedimiento general de toma de decisiones sobre la siguiente densidad de datos a solicitar al nodo productor implantado en el subsistema regulador.

Figura 6. Procedimiento A del subsistema regulador.

10 Figura 7. Procedimiento B del subsistema regulador.

Figura 8. Pasos del procedimiento B de la opción de mejora para el caso en que la plataforma computacional que lo ejecute soporte paralelismo hardware. Thread (7), parejas de tiempo (8), conjuntos de parejas de tiempo (9), tripas de salida (10).

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención consiste en un sistema de procesamiento de datos para la regulación automática de la cantidad de información que se transmite entre dos dispositivos conectados a Internet, caracterizado por que, a pesar del comportamiento estocástico de las transmisiones,
 20 garantiza estadísticamente que la probabilidad de que dicha transmisión se realice al menos a una frecuencia predeterminada sea mayor o igual que una dada y además, lo consigue transmitiendo la mayor cantidad de datos posible. Asimismo, supone modificaciones mínimas en el software y hardware que existan en el camino de transmisión.

Los requisitos para utilizar este sistema son los siguientes:

- 25
- 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) (Fig. 1). Puede 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
- 30
- El consumidor (1) 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.

• 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 π de tardar como máximo un período de tiempo preestablecido τ (o una frecuencia preestablecida $1/\tau$).

• 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.

• El nodo productor (2) debe enviar exactamente la cantidad de datos pedida por el consumidor (1).

• 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.

El contexto descrito con estos requisitos es suficientemente general como para que se encuentre 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 cámara o de un sensor similar es fácil enviar sólo una cierta cantidad de los mismos desde el nodo productor (2) al nodo consumidor (1), ya sea mediante técnicas de compresión de datos o de selección, y aún así seguirán siendo útiles para su uso (aunque será deseable recibir el máximo posible), siempre que lleguen con una cierta frecuencia mínima. Si, además, se requiere que usuarios no especializados puedan recibir esas imágenes mediante una conexión estándar a Internet, no se pueden considerar el uso de protocolos especiales de comunicaciones o el de segmentos de red u ordenadores con características específicas de tiempo real.

En el caso de que un mismo productor (2) sea capaz de proveer a un mismo consumidor (1) con diversos tipos de datos, y se desee que cada uno esté regulado para conseguir los objetivos descritos anteriormente, se puede replicar el sistema objeto de la presente invención tantas veces como tipos de transmisiones de datos existan (véase de nuevo la Fig. 1), todos ellos funcionando de manera independiente para obtener los mejores resultados posibles dados los elementos compartidos que encuentren entre el consumidor (1) y el productor (2); es decir el presente sistema 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 invención se caracteriza por ser capaz de decidir en cada iteración de envío-recepción de datos entre consumidor (1) y productor (2), cuántos de estos datos (densidad) deben transmitirse para que se cumplan simultáneamente dos cosas: a) que exista una
 5 probabilidad, mayor o igual que una dada, π , de que el tiempo que transcurra para completar la transmisión sea menor o igual que un tiempo predeterminado τ , y b) que la densidad de datos sea la máxima posible que permita el objetivo a).

El sistema consiste en un soporte hardware/software de ejecución, que puede ser cualquier computador o conjunto de computadores con capacidad suficiente para realizar
 10 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. El sistema en su conjunto admite como entrada el tiempo que se desea que dure la transmisión de datos en el peor caso, τ , la probabilidad mínima con la que se desea cumplir ese tiempo, π , y la lista de posibles densidades de datos que el
 15 consumidor (1) puede solicitar al productor (2); da 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 τ con probabilidad igual o mayor que π .

Con más detalle, este sistema consta de tres subsistemas, el subsistema receptor (4), el subsistema estimador (5) y el subsistema regulador (6) (ver Fig. 2). El subsistema receptor (4)
 20 hace de intermediario entre el consumidor (1) y el productor (2), y también toma medidas de tiempo sencillas; el subsistema estimador (5) se ocupa de mantener actualizadas estimaciones de probabilidad de cumplir tiempos en las transmisiones; 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 pueden ejecutarse sobre cualquier nodo que se halle en el camino de transmisión, incluso pueden coincidir en el mismo nodo, pudiendo ser asimismo el
 25 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
 30 computacional con aquéllos, pero no es necesario hacerlo así).

La secuencia de funcionamiento del sistema completo es la siguiente: el nodo consumidor (1) realiza una comunicación inicial dirigida a cada uno de los tres subsistemas, en la que les configura sus parámetros (flechas punteadas en la Fig. 2; esto puede repetirse en cualquier otro momento, para que reinicien sus procedimientos y borren toda la información recabada hasta

entonces); tras estos envíos de reinicio, el nodo consumidor (1) comienza las solicitudes repetidas de datos (flechas continuas en la Fig. 2): primero le pide al subsistema regulador (6) una decisión sobre la densidad de datos a usar —lo cual hará que el regulador se comunique a su vez con el subsistema estimador (5) para conseguir estimaciones de probabilidad de tiempos de transmisión, como se explica más adelante—; luego le solicita al subsistema receptor (4) que realice la transmisión de datos; el subsistema receptor (4), al recibir esta solicitud, toma medidas de tiempo, redirige la petición de datos hacia el productor (2), le comunica al subsistema estimador (5) los datos de tiempo recabados para que éste mantenga información actualizada sobre las probabilidades de completar una transmisión en el tiempo τ y finalmente devuelve los datos pedidos hacia el consumidor (1).

Subsistema Receptor

El subsistema receptor (4) 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 consumidor (1) y productor (2), y b) hacer de intermediario en dichas transmisiones.

A este 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). Para realizar esas funciones, el subsistema receptor (4) 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 (1) y para enviar las suyas propias a los otros subsistemas.

Este subsistema mantendrá internamente cierta información, que puede definirse matemáticamente como una pareja (δ, t) , con $\delta \in [0, D-1]$. El valor δ 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). Si no ha habido ninguna transmisión de datos aún, y también tras la recepción de cualquier petición de reinicio por parte del consumidor (1), el valor de δ 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. 3): el subsistema receptor (4) mide el tiempo local t_a en que le llega la petición de transmisión de datos del consumidor (1), la cual viene con una densidad a pedirle al productor (2), δ' ; envía esa petición hacia el productor (2); 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 ; a continuación espera a que el productor (2) le devuelva los datos que ha generado para esa petición; sustituye entonces la pareja almacenada internamente por (δ', t_a) ; finalmente reenvía de vuelta los datos transmitidos desde el productor (2) hacia el consumidor (1).

Subsistema Estimador

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 τ .

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 τ o menos tiempo, para todas las densidades de datos en las que se disponga de tal estimación.

Para realizar estas funciones, el subsistema estimador (5) 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 (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; α , 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 τ establecido para este tipo de transmisiones de datos. Ante esta petición de inicialización el subsistema estimador (5) establecerá los parámetros a los valores recibidos y eliminará toda la información interna recabada hasta entonces.

La información interna que el subsistema estimador (5) 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 τ , o bien permite deducir que no se dispone de esa estimación aún. Esta información 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 productor (2), δ_i una de esas densidades, c_i un indicador que vale 1 si el conjunto Γ_i ha sido modificado desde la última vez que se atendió una petición del subsistema regulador (6) o 0 si no, y Γ_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 δ_i . 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. Tras una inicialización del subsistema estimador (5), \mathbf{z} estará vacío.

La información de \mathbf{z} es actualizada (Fig. 4) cada vez que llega una petición al respecto del subsistema receptor (4), la cual contendrá una densidad δ , un valor d y un tiempo t_a (tal y como se ha explicado en el apartado dedicado al subsistema receptor (4)). Esta actualización se realiza mediante la siguiente secuencia: en caso de que no exista ningún elemento z_i en el vector \mathbf{z} que contenga la densidad δ , 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 .

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 τ 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 δ_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. Las densidades para las que el subsistema estimador (5) no haya podido estimar apropiadamente no aparecerán en ninguna pareja del vector \mathbf{y} .

5 El procedimiento para calcular el vector \mathbf{y} a partir de la información interna almacenada en el vector \mathbf{z} , es decir para calcular los valores π_i , puede ser cualquier método que sirva para estimar las probabilidades descritas a partir de los datos almacenados en el vector \mathbf{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.

10

Subsistema Regulador

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
15 también la densidad δ_0 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 π de que la transmisión se complete en un tiempo τ o
20 menos.

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. Los parámetros que debe recibir en una petición de ese tipo son: $\mu \in [0,1]$, que es una diferencia mínima de probabilidad que tiene que haber entre la actual
25 probabilidad de cumplir con el tiempo τ y la probabilidad deseada π , 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. Mientras no reciba ninguna petición de este tipo, el
30 subsistema regulador (6) toma los siguientes valores por defecto: $\mu=0.05$, $v^-=1$, $v^+=1$.

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; en el primer caso utilizará las facilidades ya existentes en su nodo para comunicarse con el consumidor (1) y con el subsistema estimador (5) (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 no genera ni mantiene información interna.

5 Cada vez que recibe una petición de decisión desde el consumidor (1), junto con la densidad δ_0 que se usó en la última iteración, el regulador (ver Fig. 5) 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 $y_i = (\delta_i, \pi_i)$, descrito en el apartado anterior. Con esta información ejecuta el siguiente procedimiento: si en el vector \mathbf{y} no existe ninguna pareja (δ_i, π_i) con $\delta_i = \delta_0$, no tiene información suficiente para decidir y por tanto termina de servir la petición devolviendo al consumidor (1) la misma densidad δ_0 ; si existe tal pareja, $\pi_i < \pi$ y $\delta_0 = 0$, no está cumpliendo la probabilidad pedida π pero tampoco estima que pueda hacerlo, con lo que devuelve la misma densidad δ_0 al consumidor (1); si existe tal pareja, $\pi_i < \pi$ y $\delta_0 > 0$, no está cumpliendo la probabilidad pedida π 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 π 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.

20 El sub-procedimiento A (ver Fig. 6) trata de disminuir la densidad de datos transmitidos, si es posible, para aumentar la probabilidad de recibirlos antes de un tiempo τ , 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 \mathbf{y} acerca de la densidad δ , o si existe una pareja (δ_i, π_i) en el vector \mathbf{y} pero $\pi_i \geq \pi$, devuelve δ como resultado y termina; en otro caso repite el salto a una densidad menor de la misma manera, pero empezando en $\delta_0 = \delta$.

30 El sub-procedimiento B (ver Fig. 7) 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 δ en el vector \mathbf{y} o bien existe una pareja (δ_i, π_i) en el vector \mathbf{y} pero $\pi_i \geq \pi$, devuelve δ 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 $\delta = \delta_0 + x$.

Se propone a continuación un sistema de procesamiento de datos caracterizado por el

almacenamiento en el vector \mathbf{z} de información más detallada que la descrita en los apartados anteriores y también por la producción de un vector \mathbf{y} con estimaciones de probabilidad π_i de alta calidad. La realización de esta opción no afecta más que al subsistema estimador (5), salvo las peticiones de reinicio que éste recibe del consumidor (1), 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 γ , 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 compartan 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 (5)).

El vector \mathbf{z} que ha sido descrito en el apartado correspondiente al subsistema estimador (5) está compuesto de elementos $z_i=(\delta_i, c_i, \Gamma_i)$, cada uno de los cuales corresponde a una densidad δ_i que se ha usado en alguna transmisión y contiene una lista de tiempos Γ_i medidos al completar transmisiones de datos. La presente opción de mejora propone sustituir dentro de cada elemento z_i , la lista de tiempos Γ_i por una serie de listas de tiempos, cada una conteniendo aquellos tiempos de transmisión d que han demostrado un comportamiento estadístico similarlo 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:

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

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 \mathbf{z} quedará 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 δ_i , donde δ_i y c_i son y se actualizan de la misma forma descrita en el apartado dedicado al subsistema estimador (5), mientras que Λ_i, B_i y s_i sustituyen a Γ_i . El componente Λ_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 $D_{ij}=\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_n, t_{an})\}$ 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 $\{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, el cual puede ser $(-1,-1,-1)$ para indicar que aún no ha podido calcularse. A su vez, $B_i=\{(d_1, t_{a1}), (d_2, t_{a2}), \dots, (d_n, t_{an})\}$ 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 δ_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 π_i que necesita el subsistema regulador (6) a partir de los datos de \mathbf{z} es como sigue: para cada $z_i=(\delta_i, c_i, A_i, B_i, s_i)$, si $s_i = 0$, no se generará ningún elemento correspondiente en el vector \mathbf{y} para la densidad δ_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 π_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 A_i y como valor de la variable x el número τ .

Por otra parte, el procedimiento para mantener actualizado el vector \mathbf{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 (5), indica qué densidad δ 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 \mathbf{z} con esa información es como sigue: en caso de que no exista ningún elemento z_i en el vector \mathbf{z} que contenga la densidad δ , se añade un elemento nuevo $z_i=(\delta, 1, A_i, B_i, s_i)$ con $s_i = 0$, $B_i = \{(d, t_a)\}$ y $A_i = \langle t_{i1} \rangle$, 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 $z_i = (\delta, 1, A_i, B_i, s_i)$, se sustituye éste por $(\delta, 1, A'_i, B'_i, s'_i)$. Los nuevos parámetros A'_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
5 distribución de probabilidad logística bi-paramétrica, consistente en dos parámetros (μ, σ) [11], mediante las siguientes ecuaciones:

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

10

$$\sigma = c$$

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:

15

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

Finalmente utiliza el método de bondad de ajuste Anderson-Darling para distribuciones log-logísticas bi-paramétricas [12], pasándole como entradas (μ, σ) 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
20 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-
25 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

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

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

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

donde β es la función matemática beta [14]. La ecuación mostrada para c_0 no tiene solución
 5 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-
 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)
 10 resolviendo las siguientes ecuaciones para las variables a , b y c , basadas en una estimación de
 máxima verosimilitud [13] 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)
 15 generada por el paso 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* (7) 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. 8): 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 paso se asocia a una etapa del
 25 esquema de tipo *pipeline* de forma que distintos *threads* (7) 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* (7) 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
 30 *threads* (7) 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* (7)), 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. 8, en la que se aprecia que sólo hay un *thread* (7) ejecutando los procesos X1 y X4, pero que hay varios *threads* (7) ejecutando X2 y X3, y por tanto, varias triplas (a_0, b_0, c_0) y (a, b, c) en vuelo.

5

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

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 Λ_i' , B_i' y s_i' de z_i a partir de los actuales, Λ_i , B_i y s_i . Lo primero que hace son las asignaciones $\Lambda_i' = \Lambda_i$, $B_i' = B_i$ 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 (5)), 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). 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 Λ_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 Λ_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 $F_i = B_i \cup \{(d, t_a)\}$, luego construye otro conjunto G_i a partir de los elementos de F_i , pero sólo con las γ 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 γ . 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 Λ_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 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 Λ'_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 Λ'_i inalterados;
- 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 Λ'_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 Λ'_i .

MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La presente invención puede realizarse en una diversidad de situaciones. En este apartado consideraremos aquéllas en las que el nodo consumidor (1) sea un ordenador con sistema operativo, sin especiales capacidades de cómputo (puede ser un *tablet*, un *smartphone*, un PC estándar etc.), mientras que el nodo productor (2) será un PC estándar con sistema operativo, capacidad de multiprocesamiento y dotado de una serie de sensores o dispositivos generadores de datos. El consumidor (1) desea recibir repetidamente datos de cada uno de esos dispositivos, y que todas esas transmisiones estén reguladas para maximizar la cantidad de datos recibidos y

al mismo tiempo conseguir que los tiempos de transmisión sean menores que uno predeterminado para cada dispositivo. Asimismo, cada dispositivo será capaz de proveer un conjunto distinto de densidades de datos. Nótese que esta situación incluye la de cualquier sistema que sólo tenga un dispositivo generador de datos.

5 La realización preferida del sistema en tal caso es como sigue.

Se implantará un subsistema receptor (4) por cada dispositivo capaz de producir datos, mediante un algoritmo software implantado en el mismo lenguaje de programación que use la aplicación del consumidor (1) encargada de recibir esos datos; todos estos subsistemas se ejecutarán en el mismo nodo que el consumidor (1), y responderán a las peticiones de la
10 aplicación, que serán realizadas mediante llamadas de procedimiento locales, y contendrán la 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
15 consumidor (1).

Se implantará un subsistema estimador (5) por cada dispositivo capaz de producir datos, implementándolo mediante un algoritmo software que incluya la opción de mejora descrita en apartados anteriores y que esté escrito en el mismo lenguaje de programación que la aplicación del productor (2) encargada de recabar esos datos de los dispositivos disponibles en el nodo del
20 productor (2). Todos los subsistemas estimadores se ejecutarán en el nodo del productor (2), y recibirán las peticiones de los correspondientes subsistemas receptores y del consumidor (1) 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 (2), y cada estimador lo mantendrá abierto para sus funciones de comunicación.

25 Se implantará un subsistema regulador (6) por cada dispositivo capaz de producir datos, implementándolo mediante un algoritmo software escrito en el mismo lenguaje de programación que use la aplicación del consumidor (1) encargada de recibir esos datos; todos estos subsistemas se ejecutarán en el mismo nodo que el consumidor (1), y responderán a las peticiones del mismo, que serán realizadas mediante llamadas de procedimiento locales, y
30 contendrán la 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 (1).

En caso de que se desee minimizar el número de puertos de conexión utilizados por los subsistemas, se añadirá en el nodo consumidor (1) y en el productor (2) 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
5 mediante llamadas locales hacia el mencionado subsistema.

Referencias

- [1] Liu P.X., Meng M.Q-H., Gu J., Yang S.X., Hu C., “Control and Data Transmission for Internet Robotics”, IEEE Intl. Conf. on Robotics & Automation, pp. 1659-1664, 2003.
- 10 [2] Wells N.D., “Buffer Resynchronisation in a variable transmission rate coder”, patents GB2274041 (B); GB2274041 (A), 1994-07-06.
- [3] Cheng L., Zhang J., Zhao J. “Method for implementing automatic grading bandwidth regulation on multi-service transmission platform”, patents CN101184041 (A); CN101184041 (B), 2008-05-21.
- 15 [4] Rong F., Qi F., Method for realizing dynamic jitter buffering regulation in speed sound transmission course, patents CN1677954 (A); CN100417129 (C), 2005-10-05.
- [5] Sparrell C.J., Vasilevsky A.D., Ruszczyk C., Zhang J., Local area-networked system having intelligent traffic control and efficient bandwidth management, patent US7529263 (B1), 2009-05-05.
- 20 [6] Huang S., Data transmission rate regulation method, device and wireless access point, patent CN103532669 (A), 2014-01-22.
- [7] Ge J., Regulation and control method for video transmission on narrow-band network, patent CN103269458 (A), 2013-08-28.
- [8] Falk W., Thomas D.W., Managing service level agreements using statistical process
25 control in a networked computing environment, patent US2012131172 (A1), 2012-05-24.
- [9] Wang X., Schulzrinne H., “Comparison of Adaptive Internet Multimedia Applications”, IEICE Transactions on Communications, Vol. E82-B, No. 6, 1999.
- [10] Ahmad J., Sinclair C.D., Werritty A., “Log-logistic flood frequency analysis”, Journal of Hydrology, 98, pp. 205-224, 1988.
- 30 [11] Balakrishnan N., Handbook of the Logistic Distribution. Marcel Dekker, New York. ISBN 0-8247-8587-8, 1992.
- [12] D'Agostino R.B., Stephens M.A. (eds), Goodness-of-Fit techniques, New York: Marcel

Dekker, 1986.

[13] Walpole R.E., Myers R.H., Myers S.L., Ye K.E., Probability and Statistics for Engineers and Scientists, Pearson, ISBN 978-0321629111, 2011.

[14] Askey R.A., Roy R., Beta function, in Olver, Frank W. J.; Lozier, Daniel M.; Boisvert, Ronald F.; Clark, Charles W., NIST Handbook of Mathematical Functions, Cambridge University Press, ISBN 978-0521192255, 2010.

[15] Eligius M.T.H., Boglárka G.-T. Introduction to Nonlinear and Global Optimization, Springer, ISBN 978-0-387-88669-5, 2010.

REIVINDICACIONES

1. Método implementado en computador de regulación automática de la cantidad de datos transmitidos entre dispositivos conectados a una red que cumple los siguientes requisitos:
 - 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;
 - 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;
 - 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 π de tardar como máximo un período de tiempo preestablecido τ (o una frecuencia preestablecida $1/\tau$);
 - 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;
 - 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, τ , la probabilidad mínima con la que se desea cumplir ese tiempo,

π , 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 τ con probabilidad igual o mayor que π ;

caracterizado por que comprende:

1. Una comunicación inicial de inicialización desde el nodo consumidor (1) hacia cada uno de los tres subsistemas receptor (4), estimador (5) y regulador (6) mediante la que se configuran los parámetros de dichos subsistemas (4), (5) y (6), pudiendo repetirse dicha configuración en cualquier otro momento, para que reinicien sus procedimientos y borren toda la información recabada hasta entonces;
2. solicitudes repetidas de datos, tras los envíos de inicialización referidos en (a), por parte del nodo consumidor (1), de forma que, en cada iteración de dicha solicitud de datos:
 - i. el nodo consumidor (1) solicita al subsistema regulador (6) una decisión sobre la densidad de datos a usar,
 - ii. el subsistema regulador (6) se comunica con el subsistema estimador (5) para obtener estimaciones de probabilidad de tiempos de transmisión que permitan al subsistema regulador (6) tomar la decisión sobre la cantidad de datos a transmitir que satisfaga los requisitos de tiempo real de forma que, dadas las estimaciones de probabilidad generadas por el subsistema estimador (5), y dada también la densidad δ 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—, dé 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 correspondiente a una probabilidad igual o mayor que π de que la transmisión se complete en un tiempo τ o menos;
 - iii. el nodo consumidor (1) solicita al subsistema receptor (4) que realice la transmisión de datos, que al recibir dicha solicitud mide mediante un reloj local 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), δ' , a su vez generando y manteniendo internamente cierta información, que puede definirse matemáticamente como una pareja (δ, t) , con $\delta \in [0, D-1]$, siendo

δ 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);

- iv. el subsistema receptor (4) redirige la petición de datos hacia el nodo productor (2);
- v. el subsistema receptor (4), 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 comunica al subsistema estimador (5) los datos de tiempo recabados para que este último estime la probabilidad de cumplir tiempos en las transmisiones tras procesar los tiempos medidos por el subsistema receptor (4), así como que genere y mantenga información actualizada sobre la probabilidad de que la siguiente petición de datos tarde en completarse un tiempo igual o menor a τ , dicha información:

- referida 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), δ_i una de esas densidades, c_i un indicador que vale 1 si el conjunto Γ_i ha sido modificado desde la última vez que se atendió una petición del subsistema regulador (6) ó 0 si no, y Γ_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 δ_i ; 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; tras una inicialización del subsistema estimador (5), \mathbf{z} estará vacío; y la información de \mathbf{z} es actualizada cada vez que llega una petición al respecto del subsistema receptor (4), la cual contendrá una densidad δ , un

valor d y un tiempo t_a ; 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 δ , 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 ;

- referida 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 δ_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; las densidades para las que el subsistema estimador (5) no haya podido estimar apropiadamente no aparecerán en ninguna pareja del vector \mathbf{y} ; y 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} ;

- vi. el nodo productor (2) remite los datos que ha generado para esa petición al subsistema receptor (4), este último sustituyendo entonces la pareja almacenada internamente por (δ', t_a) ; y
- vii. el subsistema receptor (4) remite los datos proporcionados por el nodo productor (2) al nodo consumidor (1).

2. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que comprende la sustitución, dentro de cada elemento z_i la lista de tiempos Γ_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 tri-paramétrica, cuya función de distribución de probabilidad es:

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

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 .

3. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que:

- a. el vector \mathbf{z} queda definido matemáticamente como $\mathbf{z} = \langle z_1, z_2, \dots, z_m \rangle$, con elementos $z_i = (\delta_i, c_i, A_i, B_i, s_i)$ asociados a cada densidad δ_i , donde δ_i y c_i son y se actualizan conforme a la reivindicación 3;
- b. A_i, B_i y s_i sustituyen a Γ_i ;
 - i. definiéndose A_i como un vector de regímenes $A_i = \langle t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ik} \rangle$ formados con los tiempos de transmisión de datos de esa densidad, siendo definido cada régimen como $t_{ij} = (D_{ij}, M_{ij})$, donde $D_{ij} = \{(d_{i1}, t_{a1}), (d_{i2}, t_{a2}), \dots, (d_{ir}, t_{ar})\}$ es una lista de tiempos de transmisión que comparten similitudes estadísticas, y M_{ij} un modelo (a, b, c) log-logístico tri-paramétrico de los tiempos $\{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{ir}\}$, el cual puede ser $(-1, -1, -1)$ para indicar que aún no ha podido calcularse;
 - ii. definiéndose $B_i = \{(d_{i1}, t_{a1}), (d_{i2}, t_{a2}), \dots, (d_{ir}, t_{aq})\}$ 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;
 - iii. siendo s_i un número natural que indica el estado en el que se encuentra la estimación para la densidad δ_i : $0 \rightarrow$ esperando a poder extender un régimen existente, $>0 \rightarrow$ extendiendo el régimen existente cuyo índice sea s_i .

4. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que el cálculo de las probabilidades π_i a partir de los datos de \mathbf{z} es como sigue para cada $z_i = (\delta_i, c_i, A_i, B_i, s_i)$:

- a. si $s_i = 0$, no se generará ningún elemento correspondiente en el vector \mathbf{y} para la densidad δ_i ;
- b. si $s_i > 0$, se generará un elemento $y_i = (\delta_i, \pi_i)$ cuyo π_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 Λ_i y como valor de la variable x el número τ .

5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4 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 δ_i , se añade un elemento nuevo $z_i = (\delta_i, 1, \Lambda_i, B_i, s_i)$ con $s_i = 0$, $B_i = \{(d_i, t_{a_i})\}$ y $\Lambda_i = \langle t_{i1} \rangle$, donde, a su vez, $t_{i1} = (D_{i1}, M_{i1})$, $D_{i1} = \{(d_i, t_{a_i})\}$ y $M_{i1} = (-1, -1, -1)$;
 - b. si, por el contrario, ya existe un elemento $z_i = (\delta_i, 1, \Lambda_i, B_i, s_i)$, se sustituye éste por $(\delta_i, 1, \Lambda'_i, B'_i, s'_i)$.

6. Método según la reivindicación anterior caracterizado por que la obtención de los nuevos parámetros Λ'_i , B'_i y s'_i , que se construyen a partir de los actuales, Λ_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:
 - 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:
 1. Realizar una primera aproximación a esos parámetros, (a_0, b_0, c_0) , mediante la resolución de las siguientes ecuaciones:

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

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

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

donde β 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 $c_0 \in [0.05, 1]$;

- ii. 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 ,

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

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

- 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.
- 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:
 - i. En primer lugar calcula el modelo equivalente al (a, b, c) de una distribución de probabilidad logística bi-paramétrica, consistente en dos parámetros (μ, σ) ,

mediante las siguientes ecuaciones:

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

$$\sigma = c$$

- 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 distribuciones log-logísticas bi-paramétricas, pasándole como entradas (μ, σ) 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.

7. 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.
8. Método según la reivindicación 6 caracterizado por que se desacoplan los pasos del subprocedimiento X mediante un esquema de tipo *pipeline* que contempla las siguientes etapas:
- 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
 - salida ordenada de dichos parámetros, X4;

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

9. Método según la reivindicación 6 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.
10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9 caracterizado por que el subprocedimiento W comprende:
- 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 Λ_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 Λ_i' y s_i' ;
 - 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 γ 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 γ , recopilándose entonces una serie de conjuntos T_1, T_2, \dots, T_b 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 Λ_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 Λ_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 Λ_i' inalterados;
 - 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 Λ_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 $B_i' = \{(d, t_d)\}$, $s_i' = 0$ y se deja inalterado Λ_i' .

11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 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 $y = \langle y_1, y_2, \dots, y_m \rangle$; y
- b. La ejecución por parte del subsistema regulador (6) del siguiente procedimiento:
 1. si en el vector y no existe ninguna pareja (δ_i, π_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 δ_0 ;
 2. si existe tal pareja, $\pi_i < \pi$ y $\delta_0 = 0$, que no está cumpliendo la probabilidad pedida π y se estima que no puede hacerlo, se devuelve la misma densidad δ_0 al nodo consumidor (1);
 3. si existe tal pareja, $\pi_i < \pi$ y $\delta_0 > 0$, que no está cumpliendo la probabilidad pedida π 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 π , se intenta aumentar la densidad respecto a la última que se solicitó.

12. 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 π pero se estima que puede hacerlo, comprende el cálculo $\delta = \min(\delta_0 - 1, \delta_0(1 - (\pi - \pi_i))v^-)$, de forma que:

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

13. Método según la reivindicación 11 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 π , se define, y se calcula, la nueva densidad $\delta = \delta_0 + x$, definiéndose la longitud del salto $x = (D-1-\delta_0)(\pi_i-\pi)u^*$, de forma que:
- si $x=0$, o no existe información sobre δ en el vector \mathbf{y} , o bien existe una pareja (δ, π_j) en el vector \mathbf{y} pero $\pi_j < \pi$, devuelve δ como resultado y termina;
 - en cualquier otro caso cambia el tamaño del salto a $x=x-1$ y repite éste tomando como nueva densidad $\delta = \delta_0 + x$.
14. Sistema informático de regulación automática de la cantidad de datos transmitidos entre dispositivos conectados a una red que implementa un método conforme cualquiera de las reivindicaciones anteriores 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, τ , la probabilidad mínima con la que se desea cumplir ese tiempo, π , 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 τ con probabilidad igual o mayor que π ; y que consta de los siguientes tres subsistemas que pueden ejecutarse sobre cualquier nodo que se halle en el camino de transmisión, incluso pudiendo 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 (2) o del consumidor (1), como implementaciones puramente software, compartiendo plataforma computacional con aquéllos:
- Un subsistema receptor (4) que consiste en un sistema de procesamiento que realiza las funciones de a) medir los tiempos en que se completan las transmisiones de datos entre consumidor (1) y productor (2), b) hacer cálculos con números naturales y reales, y c) hacer de intermediario en dichas transmisiones;
 - un subsistema estimador (5) que 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 y manteniendo información interna acerca de la probabilidad de que la siguiente petición de datos tarde en completarse un tiempo igual o menor a τ ; y

- c. un subsistema regulador (6) que 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 δ_n 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;

de forma que:

1. Cada uno de los tres subsistemas receptor (4), estimador (5) y regulador (6) recibe una comunicación inicial de inicialización desde el nodo consumidor (1) mediante la que se configuran los parámetros de dichos subsistemas (4), (5) y (6), pudiendo repetirse dicha configuración en cualquier otro momento, para que reinicien sus procedimientos y borren toda la información recabada hasta entonces;
2. Tras los envíos de inicialización referidos en (1), el nodo consumidor (1) realiza solicitudes repetidas de datos, de forma que, en cada iteración de dicha solicitud de datos:
 - i. el nodo consumidor (1) solicita al subsistema regulador (6) una decisión sobre la densidad de datos a usar,
 - ii. el subsistema regulador (6) se comunica con el subsistema estimador (5) para obtener estimaciones de probabilidad de tiempos de transmisión que permitan al subsistema regulador (6) tomar la decisión sobre la cantidad de datos a transmitir que satisfaga los requisitos de tiempo real de forma que, dadas las estimaciones de probabilidad generadas por el subsistema estimador (5), y dada también la densidad δ 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—, dé 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 correspondiente a una probabilidad igual o mayor que π de que la transmisión se complete en un tiempo τ o menos;

- iii. el nodo consumidor (1) solicita al subsistema receptor (4) que realice la transmisión de datos, que al recibir dicha solicitud mide mediante un reloj local el tiempo local t_s 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), δ' , a su vez generando y manteniendo internamente cierta información, que puede definirse matemáticamente como una pareja (δ, t) , con $\delta \in [0, D-1]$, siendo δ 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);
- iv. el subsistema receptor (4) redirige la petición de datos hacia el nodo productor (2);
- v. el subsistema receptor (4), si $\delta' = \delta$, calcula la diferencia $d = t_s - t$, 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 comunica al subsistema estimador (5) los datos de tiempo recabados para que este último estime la probabilidad de cumplir tiempos en las transmisiones tras procesar los tiempos medidos por el subsistema receptor (4), así como que genere y mantenga información actualizada sobre la probabilidad de que la siguiente petición de datos tarde en completarse un tiempo igual o menor a τ , dicha información:
- referida 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), δ_i una de esas densidades, c_i un indicador que vale 1 si el conjunto Γ_i ha sido modificado desde la última vez que se atendió una petición del subsistema regulador (6) ó 0 si no, y Γ_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 recabados para las transmisiones ya realizadas con la densidad δ_i ; 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; tras una inicialización del subsistema estimador (5), \mathbf{z} estará vacío; y la información de \mathbf{z} es actualizada cada vez que llega una petición al respecto del subsistema receptor (4), la cual contendrá una densidad δ , un valor d y un tiempo t_a ; 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 δ , se añade un elemento nuevo $z_i = (\delta, 1, \{(d, t_a)\})$; si por el contrario ya existe un elemento $z_i = (\delta, c, \Gamma_i)$, 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 ;

- referida 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 δ_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; las densidades para las que el subsistema estimador (5) no haya podido estimar apropiadamente no aparecerán en ninguna pareja del vector \mathbf{y} ; y 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} ;

- vi. el nodo productor (2) remite los datos que ha generado para esa petición al subsistema receptor (4), este último sustituyendo entonces la pareja almacenada internamente por (δ', t_a) ; y
- vii. el subsistema receptor (4) remite los datos proporcionados por el nodo productor (2) al nodo consumidor (1).

REIVINDICACIONES

15. 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.
16. Sistema según la reivindicación 14 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).
17. Sistema según cualquiera de la reivindicaciones 14 a 16 caracterizado por que el subsistema estimador se implementa como algoritmo software utilizando las facilidades ya existentes en el nodo para comunicarse por Internet.
18. Sistema según cualquiera de la reivindicaciones 14 a 16 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 y).
19. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18 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).
20. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18 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.

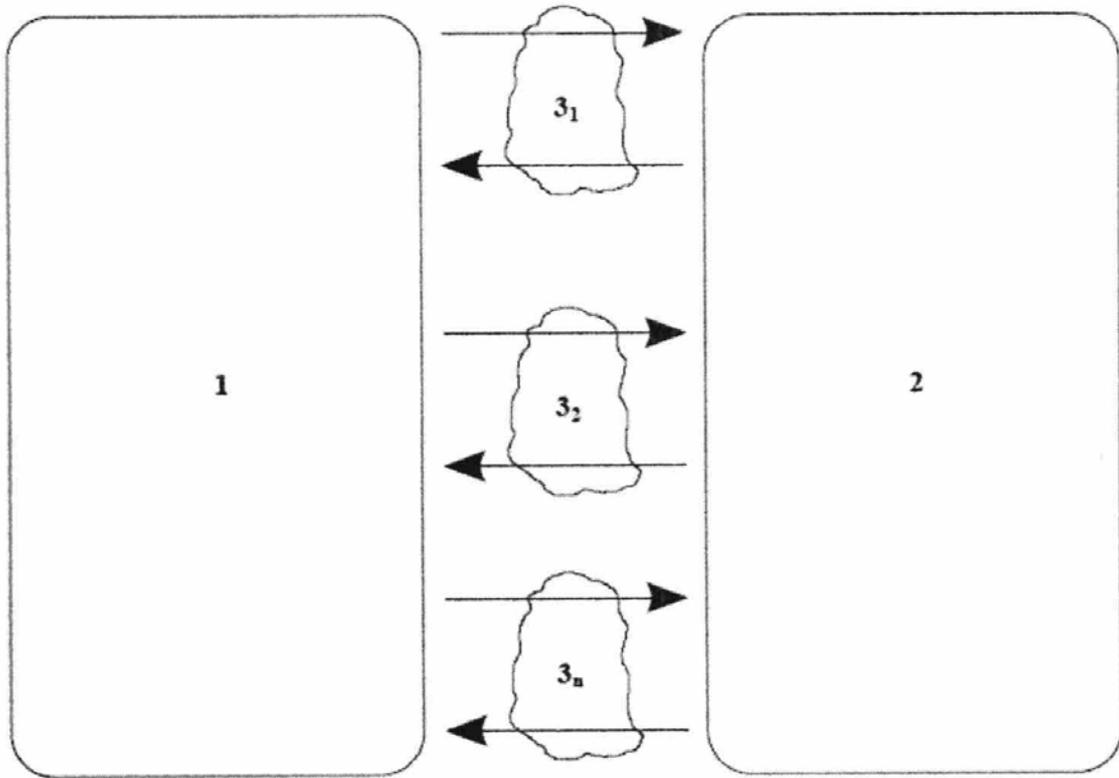


Figura 1

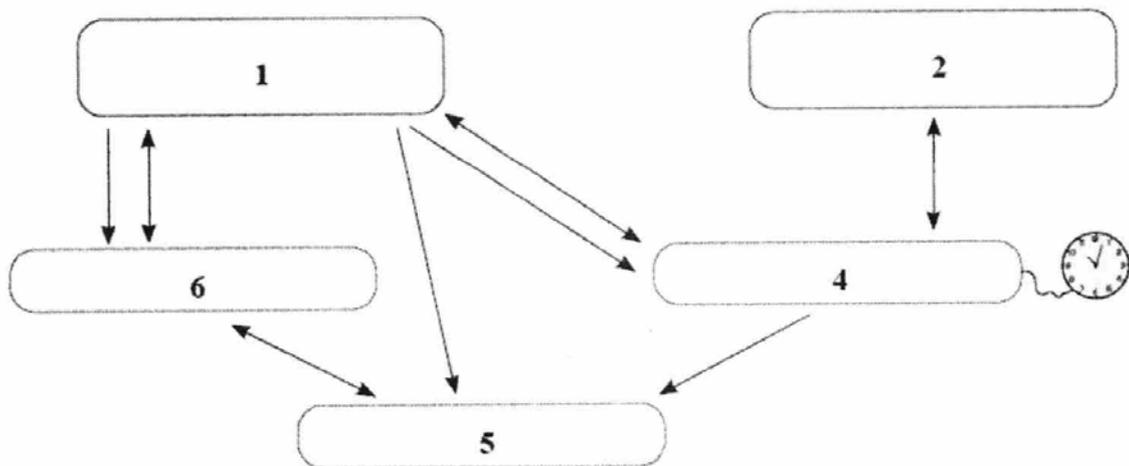


Figura 2

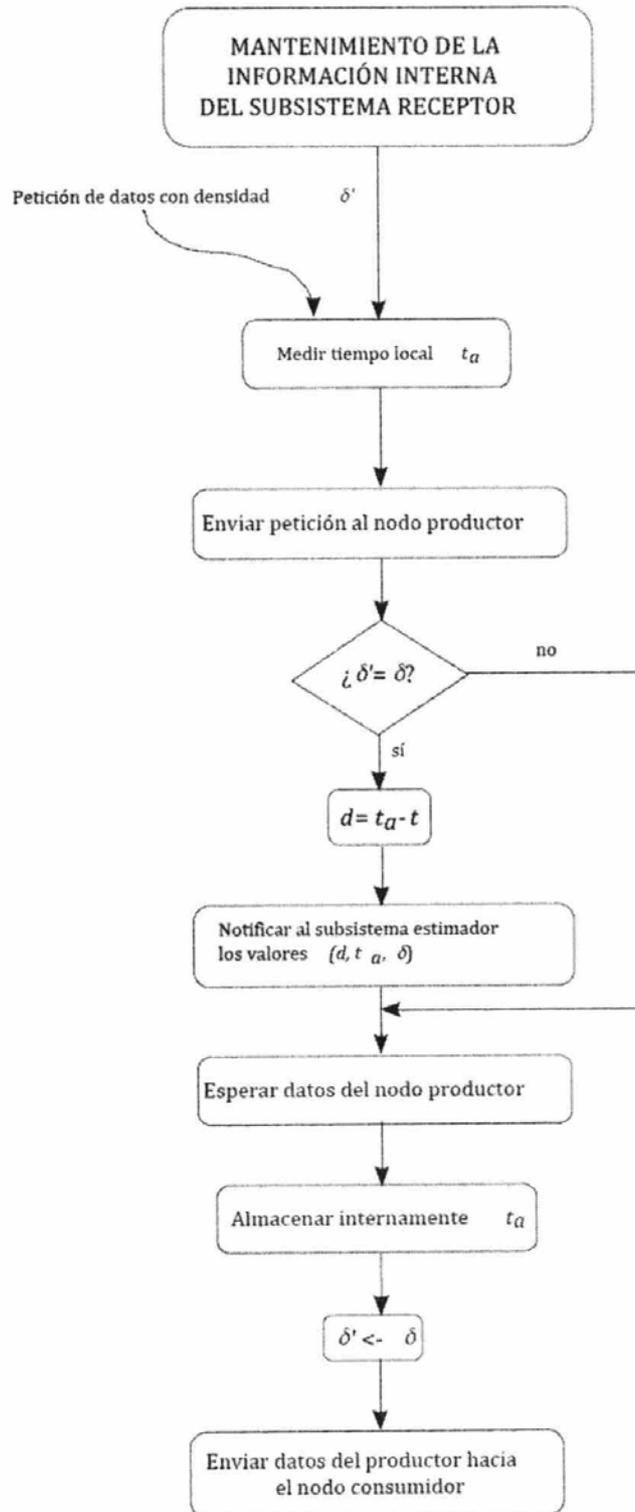


Figura 3

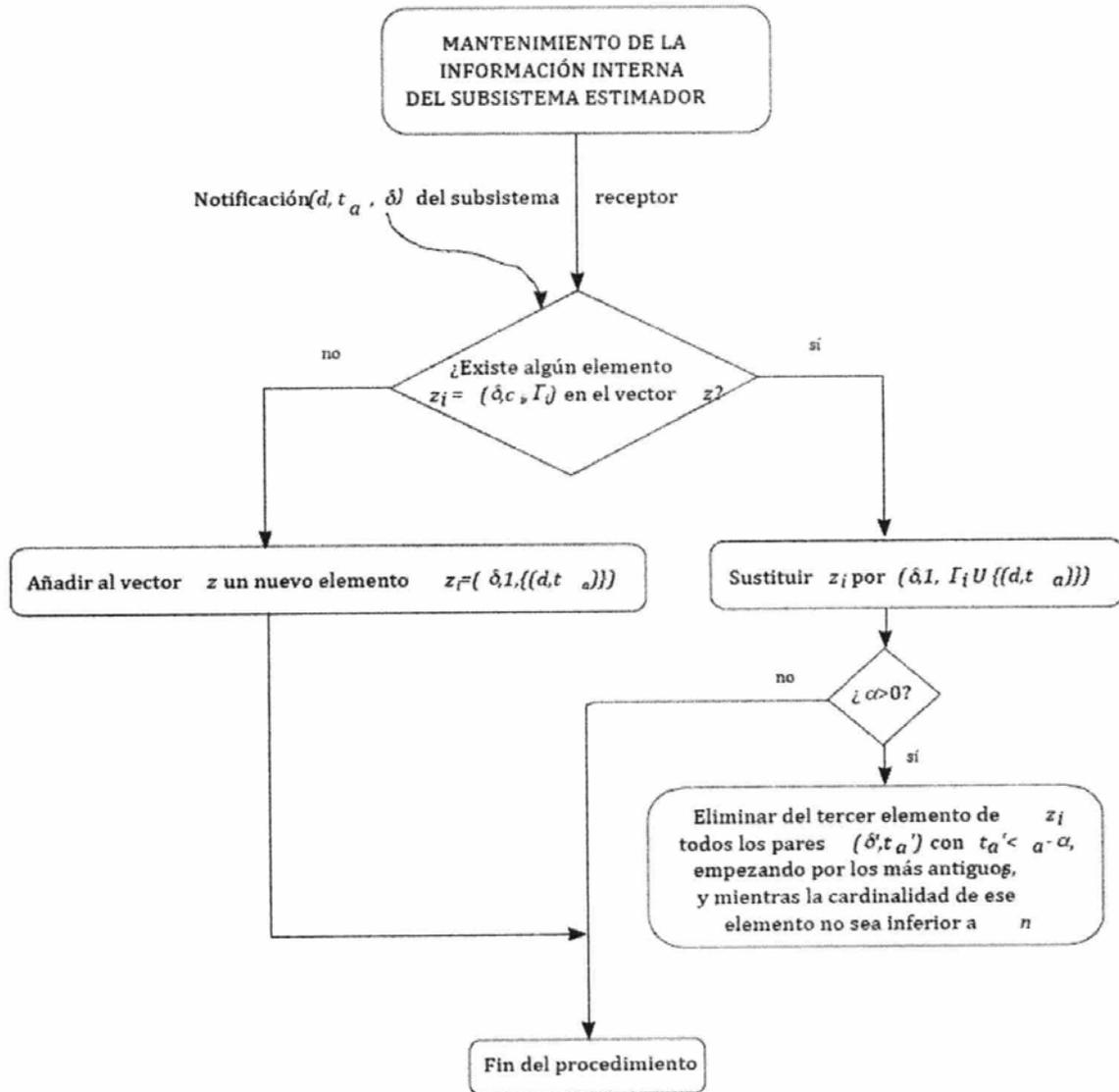


Figura 4

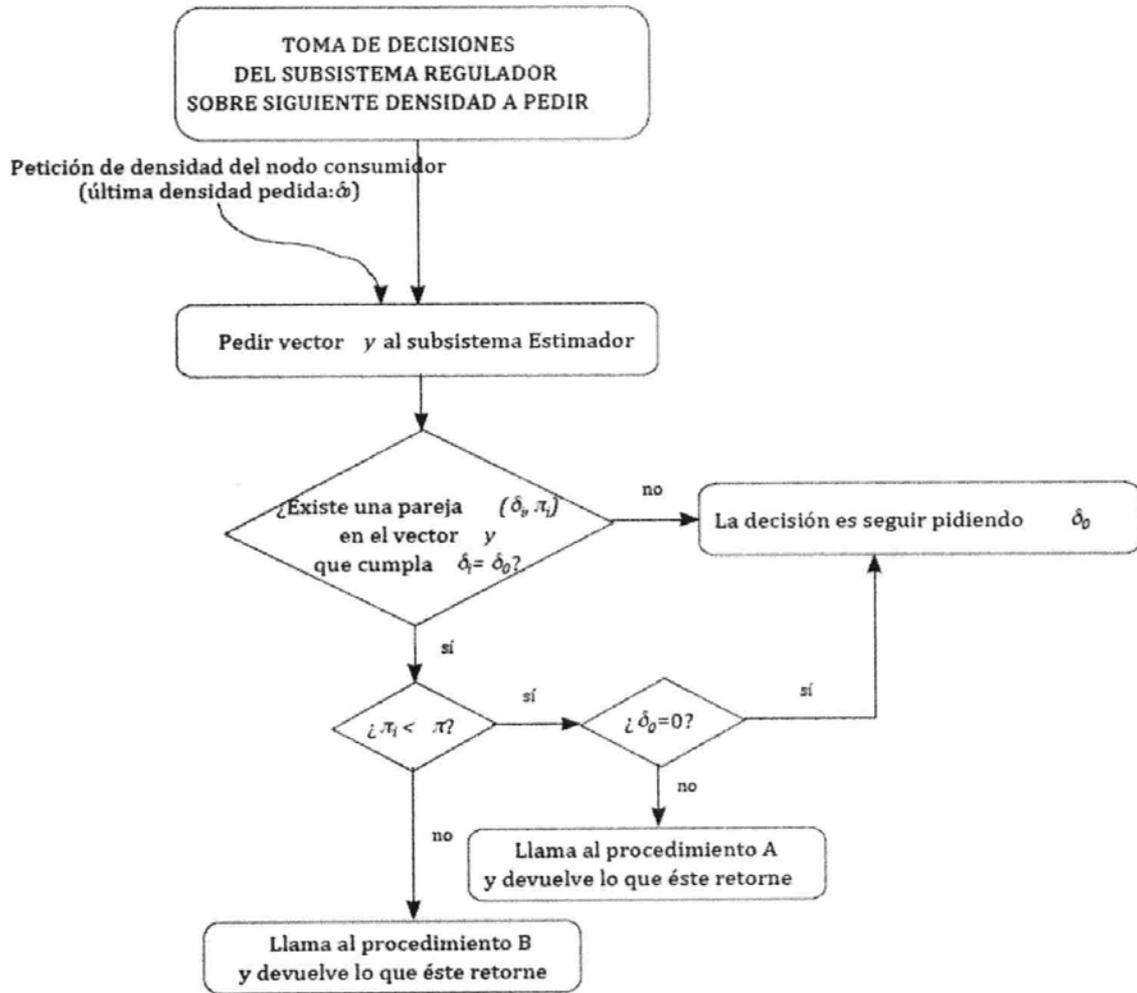


Figura 5

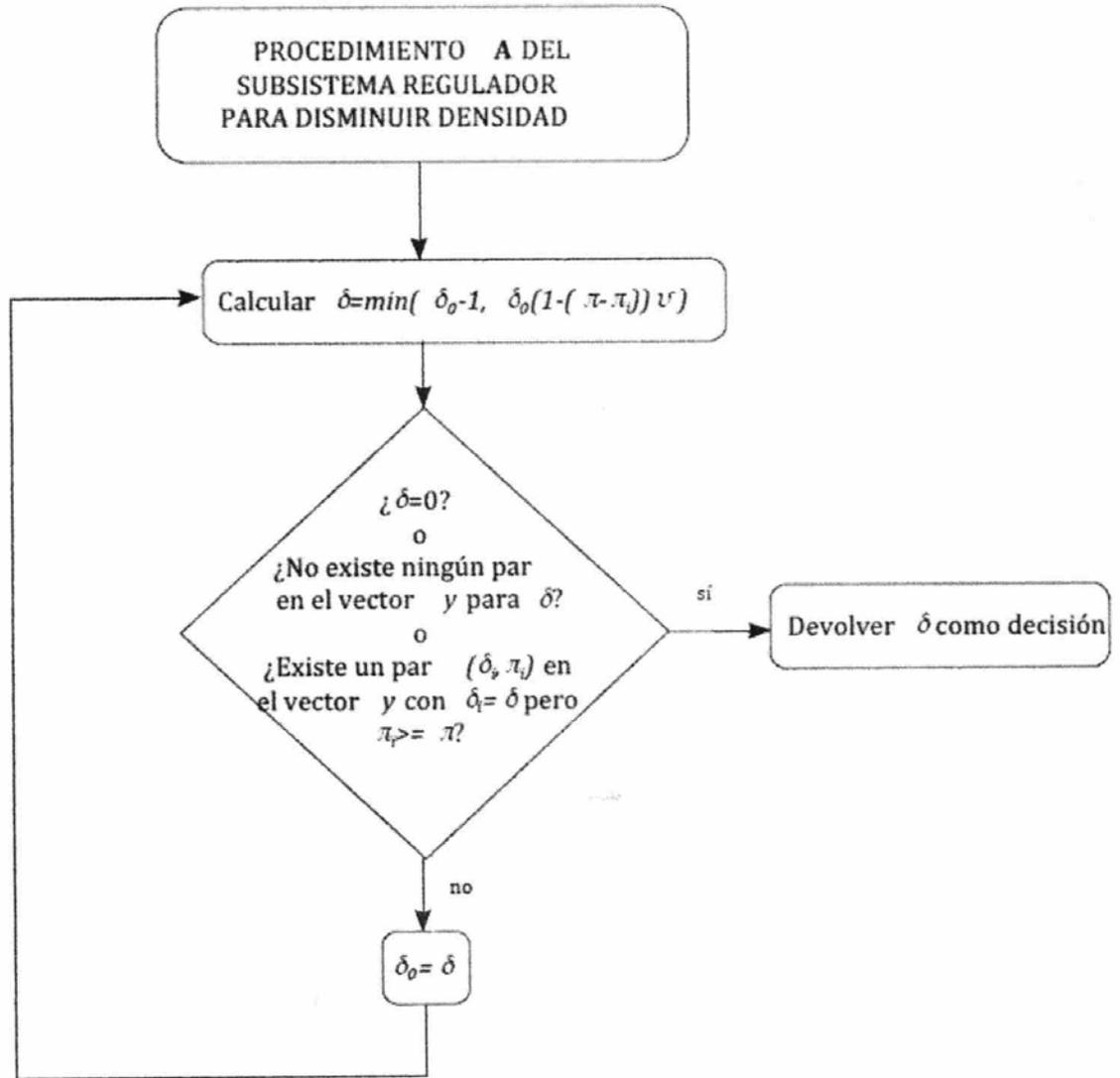


Figura 6

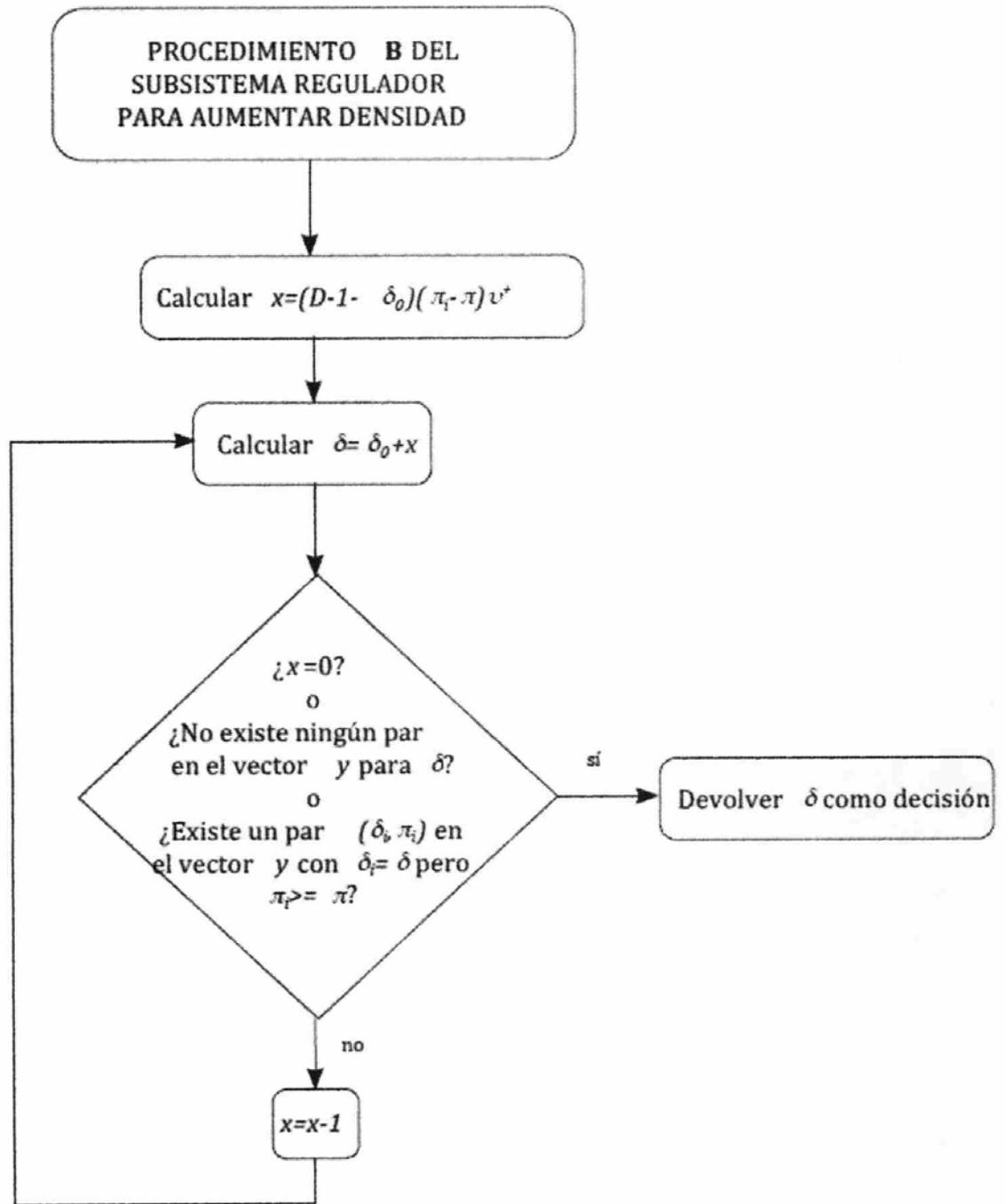


Figura 7

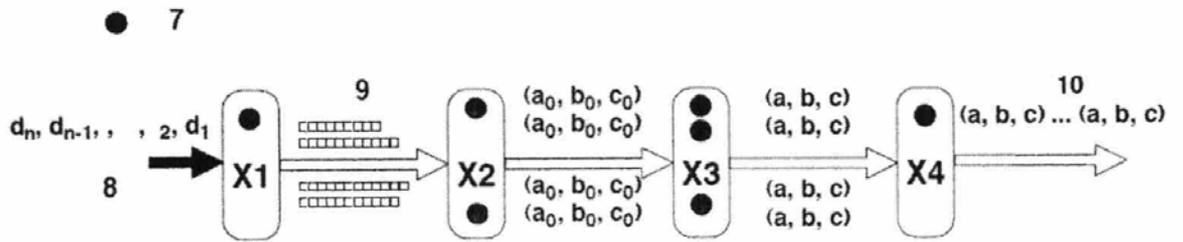


Figura 8



- ②① N.º solicitud: 201400876
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 31.10.2014
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **H04L12/801** (2013.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	KAFI MOHAMED AMINE et al. Congestion Control Protocols in Wireless Sensor Networks: A Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 20140701 IEEE, USA 01.07.2014 VOL: 16 No: 3 Págs: 1369-1390 Doi: doi:10.1109/SURV.2014.021714.00123. Todo el documento.	1-20
A	MISRA S et al. Lacas: learning automata-based congestion avoidance scheme for healthcare wireless sensor networks. IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, 20090501 IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, US 01.05.2009 VOL: 27 No: 4 Págs: 466-479 ISSN 0733-8716. Todo el documento.	1-20
A	US 2011185079 A1 (GERSHINSKY GIDON et al.) 28.07.2011, todo el documento.	1-20

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:

<p>Fecha de realización del informe 30.03.2016</p>	<p>Examinador M. L. Álvarez Moreno</p>	<p>Página 1/4</p>
---	---	------------------------------

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

H04L

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, Inspec

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 30.03.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-20	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-20	SI
	Reivindicaciones	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	KAFI MOHAMED AMINE et al. Congestion Control Protocols in Wireless Sensor Networks: A Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 20140701 IEEE, USA 01.07.2014 VOL: 16 No: 3 Págs: 1369-1390 Doi: doi:10.1109/SURV.2014.021714.00123. Todo el documento.	01.07.2014
D02	MISRA S et al. Lacas: learning automata-based congestion avoidance scheme for healthcare wireless sensor networks. IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, 20090501 IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, US 01.05.2009 VOL: 27 No: 4 Págs: 466-479 ISSN 0733-8716. Todo el documento.	01.05.2009
D03	US 2011185079 A1 (GERSHINSKY GIDON et al.)	28.07.2011

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

Los documentos D01 a D03 se citan para mostrar el estado de la técnica. Todos ellos muestran diversas maneras de regular la tasa de transmisión de datos entre dispositivos o nodos.

D01 realiza un estudio bastante exhaustivo de protocolos de control de congestión para redes inalámbricas de sensores. En su apartado IV (TRAFFIC CONTROL PROTOCOLS) clasifica los distintos protocolos analizados identificando comportamientos comunes en función por ejemplo de si se proporcionan soluciones reactivas a la detección de congestión o preventivas de dicha congestión. En ningún caso los comportamientos de los distintos protocolos citados se asemejan al mostrado en la solicitud en estudio.

D02 muestra que la mayoría de los protocolos existentes suelen modificar su comportamiento (tasa de transmisión) en función de notificaciones de congestión previamente recibidas. Como alternativa, D02 sugiere un control de congestión en el que existen nodos capaces de aprender de comportamientos pasados y controlar su tasa de transmisión basándose en probabilidades (qué probabilidad existe de eliminar un cierto número de paquetes si se mantiene la tasa de transmisión actual). Tampoco D02 sugiere un comportamiento semejante al mostrado en la solicitud en estudio.

D03 también muestra que una de las alternativas para solventar los problemas de congestión es realizar un control de la tasa de transmisión. Por su parte sugiere que ciertos nodos intermedios realicen la toma de decisiones de forma local en función de información proporcionada por otros nodos intermedios relevantes. Tampoco proporciona sugerencias de comportamiento similares al mostrado en la solicitud en estudio.

Ninguno de los documentos citados muestra, ni se deriva de su lectura, la regulación automática de la cantidad de datos transmitidos entre dos dispositivos en la forma indicada en las reivindicaciones. Ninguno de ellos sugiere una regulación dinámica en la que un nodo receptor o consumidor solicite, de forma iterativa a un nodo emisor o productor, datos con una densidad por iteración tal que se garantice con una probabilidad mínima definida el requisito de tardar como máximo un tiempo preestablecido para su transmisión completa. No se sugiere en ninguno de los métodos citados en los documentos D01 a D03 una regulación de la tasa de datos a transmitir basada en una estimación de probabilidades de tiempos de transmisión necesarios para una cantidad de datos determinada. No se deriva de ninguno de los documentos que para realizar dichas estimaciones se utilicen datos adquiridos previamente y relacionados con medidas locales realizadas en tiempo real que miden el tiempo que se ha necesitado para completar transmisiones previas de datos con diversas densidades distintas.

Las reivindicaciones 1 a 20 cumplen los requisitos de novedad y actividad inventiva según los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes.