

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 037**

51 Int. Cl.:

H04B 10/12 (2006.01)

H04L 12/56 (2006.01)

H04Q 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2007 E 07846118 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **11.11.2009 EP 2117139**

54 Título: **Método y sistema para ensamblar servicios**

30 Prioridad:

27.12.2006 CN 200610168381

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.01.2013

73 Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (50.0%)
Huawei Administration Building Bantian
Longgang District
Shenzhen, Guangdong Province 518129, CN y
UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND
TECHNOLOGY OF CHINA (50.0%)

72 Inventor/es:

ZHANG, YI;
ZHOU, QIAN;
LI, LEMIN;
WANG, SHENG y
XU, SHIZHONG

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 394 037 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para ensamblar servicios

5 Campo de la tecnología

La presente invención se refiere al campo de las tecnologías de comunicaciones ópticas y más en particular, a un método y sistema de convergencia de servicios.

10 Antecedentes de la invención

La conmutación de ráfaga óptica (OBS) es una tecnología de conmutación con una granularidad de conmutación entre la granularidad de conmutación de conmutación de circuitos ópticos (OCS) y la de conmutación de paquetes ópticos (OPS). La conmutación OBS es más flexible y efectiva que la OCS, soporta bien el tráfico de paquetes de ráfagas y asimismo, reduce los requisitos de los dispositivos ópticos, de modo que se convierte en una solución efectiva para la red óptica de la siguiente generación. La OBS está principalmente adaptada para separar información de control respecto a la información de datos para utilizar completamente la gran cantidad de recursos de ancho de banda de fibras ópticas y la flexibilidad de control electrónico. Los datos se transmiten e intercambian en dominios ópticos en la forma de ráfagas. Los paquetes de cabeceras de ráfagas (BHPs) correspondientes a las ráfagas, una a una, se transmiten también en los dominios ópticos, pero solamente se convierten en dominios eléctricos para procesamiento en nodos de conmutación. Por lo tanto, se necesita un método de convergencia para elevar la velocidad de procesamiento de datos en los dominios ópticos, con el fin de atenuar la carga en unidades de control eléctrico en los nodos de conmutación y para realizar el modelado del tráfico y la diferenciación de calidades de servicios.

En la técnica anterior, se da a conocer un método de convergencia basado en un umbral de longitud adaptativo. Haciendo referencia a la Figura 1, un temporizador inicia la temporización desde 0, envía una señal de terminación a una unidad de iniciación de convergencia cuando un valor de temporización alcanza un umbral de tiempo fijo T y pone a 0 el valor de la temporización cuando se recibe una señal de generación de ráfagas desde la unidad de iniciación de la convergencia. Un módulo de la vigilancia de la longitud de la cola de espera está adaptado para supervisar una variación de longitud de una cola de espera de convergencia en tiempo real y para enviar una señal de iniciación de umbral de longitud a la unidad de iniciación de convergencia cuando se constata que la longitud de cola de espera alcanza un umbral de longitud actual L . La unidad de iniciación de convergencia envía una señal de generación de ráfaga al temporizador y un módulo adaptativo de umbral de longitud cuando se recibe la señal de iniciación del umbral de longitud desde el módulo de vigilancia de longitud de cola de espera o la señal de terminación desde el temporizador y ensambla todos los paquetes de IP en la cola de espera de convergencia en una ráfaga a enviarse, a la salida, cuando se recibe una señal de respuesta desde el módulo adaptativo de umbral de longitud. El módulo adaptativo de umbral de longitud efectúa la lectura de un valor de longitud de la cola de espera actual a partir del módulo de vigilancia de longitud de cola de espera, cuando se recibe la señal de generación de ráfaga desde la unidad de iniciación de convergencia y luego, actualiza el umbral de longitud L comparando el valor de la longitud de cola de espera con una ventana de umbral de longitud, informa al módulo de vigilancia de la longitud de cola de espera del nuevo umbral L y envía una señal de respuesta a la unidad de iniciación de convergencia.

Durante la realización de la presente invención, a través del estudio correspondiente, el inventor descubre que el método de convergencia basado en un umbral de longitud adaptativo tiene una adaptabilidad débil. Este mecanismo de predicción simple estima, de forma cualitativa, la tendencia de la variación del tráfico comparando la longitud de ráfaga real con la ventana de umbral de longitud y es incapaz de proporcionar una información del tráfico exacta. Por lo tanto, resulta difícil para el método de convergencia basado en dicho mecanismo de predicción realizar un ajuste dinámico óptimo del umbral de longitud, es decir, este método es adaptativo en alguna medida, pero tiene una precisión adaptativa bastante limitada. Además, el método de convergencia basado en un umbral de longitud adaptativo realiza siempre un ajuste adaptativo sobre el umbral utilizando una ráfaga única como una unidad básica, de modo que su granularidad adaptativa es fija y carece de flexibilidad.

Zhicheng Sui, Qingji Zeng y Shilin Xiao: "Ensamblado dinámico sobre estimación de carga en redes de ráfagas ópticas conmutadas" Proc. de SPIE vol. 6022, nº 602246, 5 diciembre 2005 (2005-12-05), 7 diciembre 2007 (2007-12-07), páginas 1-1, XP002572906 ISSN: 0277-786X DOI: 10.1117/12.636033 recuperado desde Internet: URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.636033> [recuperado el 12-03-2010] da a conocer un método de ensamblado adaptativo dinámico, DAA, que introduce la ponderación del tráfico actual en el tiempo de predicción para realizar una estimación en tiempo real mediante un filtro lineal adaptativo autoregresivo, AAR, y se envía, de antemano, un paquete de control óptico.

Yanjun Li, Xiaobing Gong, Jian Wu y Jintong L. Lin: "Un estudio de un mecanismo de ensamblado de ráfaga adaptativo en redes de conmutación de ráfagas ópticas" Proc SPIE vol. 5282, 23 septiembre 2004 (2004-09-23), páginas 169 a 175; XP002573036, ISSN: 0277-786X DOI: 10.1117/12.523827 recuperado desde Internet: URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.523827> [recuperado el 12-03-2010] da a conocer un método en el que un umbral de longitud de ráfaga podría ajustarse dinámicamente cuando cambia el tráfico.

SUILI FENG ET AL: "Limitación y mejora para la predicción lineal y asignación de ancho de banda basada en suavizado para el tráfico de VBR" 19991205-19991209, vol. 1 A, 5 diciembre 1999 (1999-12-05), páginas 209 a 213, XP010373300, analiza la limitación del predictor lineal para tráfico de vídeo no estacionario y considera cómo mejorar el rendimiento de la predicción. Presenta un método de asignación de ancho de banda dinámico basado en el suavizado para transmitir tráfico de vídeo codificado MPEG1 para garantizar un retardo fijo y hacer pleno uso del ancho de banda asignado.

US 5.349.567 A (REED FRANCIS A [US]) 20 septiembre 1994 (1994-09-20) da a conocer un normalizador basado en un algoritmo adaptativo de Mínimos Cuadrados, LMS, configurado para proporcionar una normalización efectiva cuando el ruido de fondo es localmente no estacionario y cuando el objetivo puede estar sujeto a dispersión en el tiempo de extensión desconocida.

XIAOJUN CAO ET AL: "Ensamblado de paquetes de TCP/IP en redes conmutadas de ráfagas ópticas" GLOBECOM 02.2002-IEEE GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE, CONFERENCE PROCEEDINGS, TAIPEI, TAIWÁN, 17 a 21 de noviembre de 2002; [IEEE GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE] NEW YORK, NY: IEEE, US, vol 3, 17 noviembre 2002 (2002-11-17), páginas 2808 a 2812, XP010636258, ISBN: 978-0-7803-7632-8 da a conocer el rendimiento del tráfico de TCP en red OBS y en particular, el efecto de los algoritmos de ensamblado sobre los tráficos de TCP.

CAO X ET AL: "Estadísticas del tráfico y evaluación del rendimiento en redes conmutadas de ráfagas ópticas" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY IEEE SERVICE CENTER NEW YORK, NY, US, vol. 22, nº 12, 1 diciembre 2004 (2004-12-01), páginas 2722-2738, XP0111233141 SSN: 0733-8724 da a conocer: la conmutación de ráfaga óptica (OBS) es una tecnología de conmutación prometedora para explotar las posibles ventajas de la comunicación óptica y, al mismo tiempo, soportar la multiplexación estadística del tráfico de datos en un granularidad fina. Para cuantificar sus ventajas, el informe describe varios algoritmos de ensamblado de ráfagas típicas y estudia su impacto sobre las características de tráfico de ráfagas ensamblado así como el rendimiento del tráfico de TCP. Asimismo, se describe un algoritmo de programación de ráfagas proactivo, denominado algoritmo de reducción de solapamiento de ráfagas (BORA), que programa ráfagas ensambladas, a nivel local, de tal manera que se reduzca la contención de ráfagas en nodos de flujo descendente en redes OBS. Además, para proporcionar conocimientos analíticos en la evaluación del rendimiento de redes OBS, se presenta un modelo de pérdidas de ráfagas en un nodo OBS y su extensión a diferentes protocolos de reserva.

Sumario de la invención

En consecuencia, las formas de realización de la presente invención están relacionadas con un método y sistema de convergencia de servicio, capaz de guiar el ajuste de un umbral de convergencia utilizando un mecanismo de predicción de tráfico, con el fin de mejorar la precisión adaptativa y la flexibilidad de convergencia.

Se da a conocer un método de convergencia de servicio, que comprende las etapas siguientes.

Se recibe una cantidad total de los paquetes que llega a una cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo y un valor previsto de una cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente es objeto de cálculo.

Una longitud de la cola de espera de convergencia es objeto de lectura y la longitud de la cola de espera de convergencia se añade al valor previsto de la cantidad total de los paquetes para obtener una demanda de ráfaga estimada del periodo adaptativo siguiente.

Un umbral de longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, es objeto de predicción en función del umbral de determinación de demanda de ráfaga preestablecido y de la demanda de ráfaga estimada. Cuando la longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, alcanza el umbral de longitud o no se ha ensamblado ninguna ráfaga dentro del periodo adaptativo actual, todos los paquetes de la cola de espera de convergencia, en una ráfaga, a enviarse a la salida, son objeto de ensamblado y, en cada periodo adaptativo, la cola de espera de convergencia adopta siempre el umbral de longitud correspondiente al periodo adaptativo para ensamblar todos los paquetes en la cola de espera de convergencia en una ráfaga a enviar a la salida,

en donde se predice un umbral de longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, en función de un umbral de determinación de demanda de ráfaga preestablecido y de la demanda de ráfaga estimada, comprende los modos siguientes:

establecer el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente a una longitud de ráfaga mínima permitida si la demanda de ráfaga estimada es más pequeña que un umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga;

establecer el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente para una longitud de ráfaga máxima permitida si la demanda de ráfaga estimada es mayor que un umbral de determinación superior de la demanda de ráfaga y

cuando la demanda de ráfaga estimada cae entre el umbral de determinación inferior preestablecido y el umbral de determinación superior preestablecido de la demanda de ráfaga, calcular el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente en el modo de: obtener una relación de la diferencia entre la longitud de ráfaga máxima permitida y la longitud de ráfaga mínima permitida a la diferencia entre el umbral de determinación superior preestablecido y el umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga y luego, multiplicar la relación con la diferencia entre la demanda de ráfaga estimada y el umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga y añadir el resultado de la multiplicación a la longitud de ráfaga mínima permitida.

Un sistema de convergencia de servicio que incluye una unidad de predicción del tráfico y una unidad de convergencia de bordes es también dado a conocer en esta invención.

Una unidad de contabilización de tráfico, adaptada para contabilizar una cantidad total de paquetes que llegan al nivel de una cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo y para enviar la cantidad total de los paquetes cuando se recibe una señal de terminación del periodo adaptativo enviada por una unidad de convergencia de borde;

La unidad de predicción del tráfico está adaptada para recibir la cantidad total de los paquetes enviados por la unidad de contabilización del tráfico, para calcular un valor previsto de una cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo siguiente y para enviar el valor previsto.

La unidad de convergencia de borde está adaptada para recibir el valor previsto desde la unidad de predicción del tráfico, leer una longitud de la cola de espera de convergencia, añadir la longitud de la cola de espera de convergencia al valor previsto para obtener una demanda de ráfaga estimada del periodo adaptativo siguiente, para predecir un umbral de longitud de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente en función de un umbral de determinación de demanda de ráfaga preestablecido y de la demanda de ráfaga estimada y para ensamblar todos los paquetes en la cola de espera de convergencia en una ráfaga a enviarse, a la salida, cuando una longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, alcanza el umbral de longitud o no se ha ensamblado ninguna ráfaga dentro del periodo adaptativo actual, en cada periodo adaptativo, adoptando siempre la cola de espera de convergencia el umbral de longitud correspondiente al periodo adaptativo para ensamblar todos los paquetes en la cola de espera de convergencia en una ráfaga a enviarse a la salida,

en donde la unidad de convergencia de borde comprende:

un temporizador, adaptado para enviar una señal de finalización de periodo a una sub-unidad de iniciación de convergencia y para poner a cero su propio valor de temporización para reiniciar la temporización cuando el valor de temporización alcance un periodo de ajuste de umbral preestablecido;

una sub-unidad adaptativa de umbral de longitud, adaptada para recibir y memorizar el valor previsto de la cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente, para enviar una señal de demanda de longitud de cola de espera de convergencia a una sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera, para predecir el umbral de longitud en el periodo adaptativo siguiente cuando se recibe un valor de longitud de la cola de espera de convergencia actual y para enviar el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia a la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera, para utilizar los modos siguientes para predecir el umbral de longitud en el periodo adaptativo siguiente: ajustar el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente a una longitud de ráfaga mínima permitida si la demanda de ráfaga estimada es más pequeña que un umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga, ajustar el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente a una longitud de ráfaga máxima permitida si la demanda de ráfaga estimada es mayor que un umbral de determinación superior preestablecido de la demanda de ráfaga y cuando la demanda de ráfaga estimada cae entre el umbral de determinación inferior preestablecido y el umbral de determinación superior preestablecido de la demanda de ráfaga, calcular el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente en el modo de: obtener una relación de la diferencia entre una longitud de ráfaga máxima permitida una longitud de ráfaga mínima permitida a la diferencia entre el umbral de determinación superior preestablecido y el umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga y luego, multiplicar la relación con la diferencia entre la demanda de ráfaga estimada y el umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga y añadir el resultado de la multiplicación a la longitud de ráfaga mínima;

la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera, adaptada para actualizar el umbral de longitud de la cola de espera de convergencia cuando se recibe el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia, para enviar una señal de iniciación de convergencia a una sub-unidad de iniciación de convergencia cuando se constata que la longitud de la cola de espera de convergencia alcanza el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia y para enviar la longitud de la cola de espera de convergencia a la sub-unidad adaptativa del umbral de longitud cuando se recibe la señal de demanda de longitud de cola de espera de convergencia y

la sub-unidad de iniciación de convergencia, adaptada para iniciar una convergencia cuando se recibe la señal de iniciación de convergencia enviada por la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera o si no se ha completado ninguna convergencia de ráfaga, dentro del periodo, cuando se recibe la señal de finalización de periodo enviada por el temporizador.

Según las soluciones técnicas anteriores, al utilizar un nuevo mecanismo de predicción del tráfico, se recibe la cantidad total de los servicios que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo finalizado actual y se calcula el valor previsto de la cantidad total de los servicios que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo siguiente, de modo que se aumenta la precisión adaptativa de convergencia y se reduce la fluctuación del retardo de convergencia cuando se cumple el requisito de margen de las variaciones de longitudes de ráfagas. Además, el umbral de longitud de la cola de espera de convergencia, utilizando en el periodo adaptativo siguiente, se predice en función de la longitud de la cola de espera de convergencia y el valor previsto de la cantidad total de los servicios que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente. Cuando la longitud de la cola de espera de convergencia alcanza el valor previsto del umbral de longitud o no se ha iniciado ninguna convergencia en el periodo actual, se inicia una convergencia. De este modo, se realiza un ajuste adaptativo del umbral de longitud tomando el periodo adaptativo como una unidad, realizando de este modo la capacidad de cambio de granularidad adaptativa en la convergencia de ráfaga y también aumentando la flexibilidad de la convergencia.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema en la técnica anterior;

La Figura 2 es un diagrama de flujo de una forma de realización según la presente invención;

La Figura 3 es una vista esquemática que representa una relación entre un umbral de longitud y una demanda de ráfaga estimada según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 4 es un diagrama de bloques de un sistema según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 5 es un diagrama de bloques de un sistema de predicción diferencial no lineal adaptativo según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 6 es un diagrama de simulación de una relación entre una longitud de ráfaga real y una relación de carga según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 7 es un diagrama de simulación de una relación entre un retardo de convergencia y una relación de carga según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 8 es un diagrama de simulación que representa una comparación del rendimiento sobre la velocidad de convergencia entre un método de predicción de tráfico dado a conocer por la presente invención y un algoritmo NLMS;

La Figura 9 es un diagrama de simulación que representa una comparación en RPE con diferentes parámetros de hurst diferentes entre un método de predicción del tráfico dado a conocer por la presente invención y un algoritmo NLMS;

La Figura 10 es un diagrama de simulación que representa una comparación en RPE con diferentes relaciones de carga entre un método de predicción del tráfico dado a conocer por la presente invención y un algoritmo NLMS y

La Figura 11 es un diagrama de simulación de una relación entre un periodo de ajuste de umbral y una fluctuación de retardo de convergencia según una forma de realización de la presente invención.

Descripción detallada

Las formas de realización de la presente invención dan a conocer un método de convergencia adaptativa periódica y un sistema basado en la predicción del tráfico. Con el fin de hacer más evidentes los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de la presente invención, se proporcionan a continuación descripciones detalladas de las formas de realización haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de una forma de realización según la presente invención, que incluye las etapas siguientes.

En la etapa 201, se recibe una cantidad total de servicios que llegan a nivel de una cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo actual y se calcula un valor previsto de una cantidad total de los servicios que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro de un periodo siguiente.

En la etapa 202, se lee una longitud de la cola de espera de convergencia actual y se añade al valor previsto de la cantidad total de los servicios que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo siguiente, con el fin de obtener una demanda de ráfaga estimada del periodo adaptativo siguiente.

En la etapa 203, un umbral de longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, es objeto de predicción en función de un umbral de determinación de demanda de ráfaga preestablecido y de la demanda de ráfaga estimada.

En la etapa 204, cuando la longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, alcanza el umbral de longitud o no se ha iniciado ninguna convergencia dentro del periodo actual, se inicia una convergencia.

- 5 Antes de la etapa 201, el método comprende, además: cuando un valor de temporización alcanza el periodo adaptativo, se inicia una convergencia y el valor de temporización se pone a cero para reiniciar la temporización.

10 El umbral de determinación de demanda de ráfaga preestablecido se define en función del margen de longitud de ráfaga permitido, lo que no da lugar a una disminución de la utilización del ancho de banda ni limita el rendimiento de la red completa.

15 En cada periodo adaptativo, la cola de espera de convergencia adopta siempre el umbral de longitud correspondiente al periodo adaptativo para iniciar la convergencia, esto es, para ensamblar todos los paquetes en la cola de espera en una ráfaga a enviarse, a la salida, cuando la longitud de la cola de espera de convergencia alcanza el umbral de longitud.

Al final de cada periodo, tomando un n-ésimo periodo por ejemplo, se actualiza un coeficiente de predicción y el tráfico dentro del periodo siguiente se predice efectuando la lectura de un tráfico real $M[n]$ del periodo actual, solicitando un valor previsto $\hat{M}[n]$ del tráfico en el periodo actual y combinando un tráfico real $M[n-k]$ de los p+1 periodos anteriores, en donde $k = 1, 2, \dots, p+1$. El proceso específico es como sigue.

20 En primer lugar, se realiza un pre-procesamiento diferencial no lineal en una secuencia de tráfico real $\{M[n]\}$ mediante la expresión (1) para obtener una secuencia diferencial no lineal $\{D[n]\}$.

$$\begin{aligned} D[n-k] &= \log_{10} M[n-k] - \log_{10} M[n-k-1] \\ &= \log_{10} \frac{M[n-k]}{M[n-k-1]}, \quad k = 0, 1, \dots, p \end{aligned} \quad (1)$$

25 A continuación, se calcula un error de predicción $e[n]$ de la secuencia diferencial no lineal $\{D[n]\}$ en el periodo actual según las expresiones (2) y (3):

$$\hat{D}[n] = \log_{10} \hat{M}[n] - \log_{10} M[n-1] = \log_{10} \frac{\hat{M}[n]}{M[n-1]} \quad (2)$$

$$e[n] = D[n] - \hat{D}[n] \quad (3)$$

30 Según el error de predicción anteriormente obtenido $e[n]$, basado en un algoritmo de mínimos cuadrados normalizado (NLMS), se actualiza un coeficiente de predicción \bar{w} mediante la expresión (4) utilizando la secuencia diferencial no lineal $\{D[n]\}$ y predicción anticipada en una etapa se realiza mediante la expresión (5) para obtener un valor previsto de $\hat{D}[n+1]$ de la secuencia diferencial no lineal $\{D[n]\}$.

$$\bar{w} = \bar{w} + \frac{\mu e[n] \bar{D}_{n-1}}{\|\bar{D}_{n-1}\|^2},$$

$$\bar{D}_{n-1} = (D[n-1], D[n-2], \dots, D[n-p]) \quad (4)$$

$$\hat{D}[n+1] = \bar{w} \bar{D}_n^T = \sum_{i=0}^{p-1} w_i D[n-i] \quad (5)$$

A continuación, un valor previsto del tráfico $\hat{M}[n+1]$ se calcula mediante la expresión (6).

$$\hat{M}[n+1] = 10^{\hat{D}[n+1] + \log_{10} M[n]} \quad (6)$$

Una demanda de ráfaga estimada $\hat{B}[n+1]$ del periodo siguiente se calcula utilizando la expresión (7) con la lectura de un valor de longitud $s[n]$ de la cola de espera de convergencia actual y combinando el valor previsto del tráfico $\hat{M}[n+1]$ obtenido en la etapa anterior.

$$\hat{B}[n+1] = s[n] + \hat{M}[n+1] \quad (7)$$

La Figura 3 es un diagrama de relación del umbral de longitud y de la demanda de ráfaga estimada. Un umbral de longitud $L[n+1]$, correspondiente al periodo siguiente, se puede calcular utilizando la expresión (8).

$$L[n+1] = \begin{cases} L_{\min}, & \hat{B}[n+1] < B_{\min} \\ L_{\max}, & \hat{B}[n+1] > B_{\max} \\ \frac{(\hat{B}[n+1] - B_{\min}) \times (L_{\max} - L_{\min})}{B_{\max} - B_{\min}} + L_{\min}, & B_{\min} \leq \hat{B}[n+1] \leq B_{\max} \end{cases} \quad (8)$$

En donde B_{\max} y B_{\min} representan, respectivamente, un umbral de determinación superior y un umbral de determinación inferior de una demanda de ráfagas y L_{\max} y L_{\min} representan, respectivamente, una longitud de ráfaga máxima permitida y una longitud de ráfaga mínima permitida.

El método para predecir el tráfico de servicios, en el periodo actual, es como sigue.

Se realiza una transformación logarítmica en la secuencia de tráfico recibida $\{M[n]\}$ del periodo actual mediante la expresión (9).

$$Y[n] = \log_{10} M[n] \quad (9)$$

Se realiza una transformación diferencial de primer orden en una secuencia $\{Y[n]\}$ después de la transformación logarítmica según la fórmula (10).

$$D[n] = Y[n] - Y[n-1] \quad (10)$$

Una predicción única se realiza en la secuencia $\{D[n]\}$ después de la transformación diferencial para obtener el valor previsto $\hat{D}[n+1]$ utilizando el algoritmo NLMS.

Una transformación diferencial inversa se realiza sobre el valor previsto $\hat{D}[n+1]$ mediante la expresión (11) y una transformación logarítmica inversa se realiza mediante la expresión (12) para revertir $\hat{D}[n+1]$ en el valor previsto $\hat{M}[n+1]$ de la secuencia de tráfico $\{M[n]\}$.

$$\hat{Y}[n+1] = \hat{D}[n+1] + Y[n] \quad (11)$$

$$\hat{M}[n+1] = 10^{\hat{Y}[n+1]} \quad (12)$$

El método anterior de predecir el tráfico de servicios, en el periodo actual, utiliza una función logarítmica y una función diferencial absoluta de primer orden para realizar el pre-procesamiento de la secuencia de tráfico de entrada. El pre-procesamiento puede realizarse también utilizando una función de tangente de arco en lugar de la función logarítmica y

utilizando una función diferencial relativa de primer orden en lugar de la función diferencial absoluta de primer orden. El proceso específico es como sigue.

La transformación de arco tangente se realiza sobre la secuencia de tráfico recibida $\{M[n]\}$ del periodo actual mediante la expresión (13).

5

$$Y[n] = \arctan(M[n]) \quad (13)$$

Una transformación diferencial relativa de primer orden se realiza sobre la secuencia $\{Y[n]\}$ después de la transformación de arco tangente mediante la fórmula (14).

10

$$D[n] = \frac{Y[n] - Y[n-1]}{Y[n-1]} \quad (14)$$

Se realiza una predicción única de una sola etapa sobre la secuencia $\{D[n]\}$ después de la transformación diferencial utilizando el algoritmo NLMS para obtener el valor previsto $\hat{D}[n+1]$.

15

Una transformación diferencial relativa inversa se realiza sobre el valor previsto $\hat{D}[n+1]$ mediante la expresión (15) y una transformación de tangente se realiza mediante la expresión (16) para revertir $\hat{D}[n+1]$ en el valor previsto $\hat{M}[n+1]$ de la secuencia de tráfico $\{M[n]\}$.

$$\hat{Y}[n+1] = (\hat{D}[n+1] + 1) \times Y[n] \quad (15)$$

$$\hat{M}[n+1] = \tan(\hat{Y}[n+1]) \quad (16)$$

20

De este modo, una descripción detallada de un método de convergencia adaptativa periódico basado en la predicción del tráfico, dado a conocer por la presente invención, se proporciona en las formas de realización anteriores. Un sistema dado a conocer por las formas de realización de la presente invención se describe, en detalle, a continuación, haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

25

La Figura 4 es un diagrama de bloques de un sistema según una forma de realización de la presente invención. Haciendo referencia a la Figura 4, el sistema incluye una unidad de contabilización del tráfico 403, una unidad de predicción del tráfico 402 y una unidad de convergencia de borde 401.

30

La unidad de contabilización del tráfico 403 está adaptada para contar una cantidad total de servicios que llegan al nivel de una cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo actual y para enviar la cantidad total contabilizada de los servicios a la unidad de predicción de tráfico 402 cuando se recibe una señal de finalización del periodo adaptativo enviada por la unidad de convergencia de borde 401.

35

La unidad de predicción del tráfico 402 está adaptada para obtener la cantidad total de los servicios dentro del periodo adaptativo actual desde la unidad de contabilización del tráfico 403, calcular un valor previsto de una cantidad total de servicio que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo siguiente y para enviar el valor previsto de la cantidad total de los servicios a la unidad de convergencia de borde 401.

40

La unidad de convergencia de borde 401 está adaptada para recibir el valor previsto de la cantidad total de los servicios desde la unidad de predicción del tráfico 402, predecir un umbral de longitud de la cola de espera de convergencia utilizada en el siguiente periodo adaptativo e iniciar una convergencia cuando una longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, alcanza el umbral de longitud o no se ha iniciado ninguna convergencia en el periodo actual.

45

La unidad de convergencia de borde 401 incluye un temporizador 407, una sub-unidad adaptativa de umbral de longitud 404, una sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera 405 y una sub-unidad de iniciación de convergencia 406.

50

El temporizador 407 está adaptado para enviar una señal de finalización de periodo actual a la sub-unidad de iniciación de convergencia 406 y para poner a cero su propio valor de temporización para reiniciar la temporización cuando un valor de temporización alcance un periodo de ajuste del umbral preestablecido.

5 La sub-unidad adaptativa de umbral de longitud 404 está adaptada para recibir y memorizar el valor previsto de la cantidad total de los servicios que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente, para enviar una señal de demanda de longitud de cola de espera de convergencia a la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera 405, para predecir el umbral de longitud de la cola de espera de convergencia en el periodo adaptativo siguiente cuando se recibe un valor de longitud de la cola de espera de convergencia actual desde la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera 405 y para enviar el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia a la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera 405.

10 La sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera 405 está adaptada para actualizar el umbral de longitud de la cola de espera de convergencia cuando se recibe el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia, para supervisar la longitud de la cola de espera de convergencia en tiempo real, para enviar una señal de iniciación de convergencia a la sub-unidad de iniciación de convergencia 406 cuando se constata que la longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, alcanza el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia y para enviar la longitud de la cola de espera de convergencia actual a la sub-unidad adaptativa de umbral de longitud 404 cuando se recibe la señal de demanda de longitud de cola de espera de convergencia desde la sub-unidad adaptativa de umbral de longitud 404.

20 La sub-unidad de iniciación de convergencia 406 está adaptada para iniciar una convergencia cuando se recibe la señal de iniciación de convergencia desde la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera 405 o si ninguna convergencia de ráfaga se completa dentro del periodo actual cuando se recibe la señal de finalización del periodo actual desde el temporizador 407.

25 La sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera 405 incluye un contador de ráfagas. La sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera está adaptada para añadir 1 a un valor de contabilización cuando la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera 405 genera la señal de iniciación de convergencia. La sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera pone a cero el valor de contabilización cuando la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera 405 recibe el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente.

30 Haciendo referencia a la Figura 5, la unidad de predicción del tráfico incluye, además, una sub-unidad de transformación logarítmica 501, una sub-unidad de transformación diferencial 502, una sub-unidad de predicción de una sola etapa de NLMS 503, una sub-unidad de transformación diferencial inversa 504 y una sub-unidad de transformación logarítmica inversa 505.

35 La sub-unidad de transformación logarítmica 501 está adaptada para realizar una transformación logarítmica sobre la cantidad total recibida de los servicios dentro del periodo adaptativo actual y para enviar un resultado de la transformación logarítmica de la cantidad de los servicios a la sub-unidad de transformación diferencial 502.

40 La sub-unidad de transformación diferencial 502 está adaptada para realizar una transformación diferencial sobre el resultado recibido de la transformación logarítmica de la cantidad total de los servicios y para enviar un resultado de la transformación diferencial a la sub-unidad de predicción de una sola etapa NLMS 503.

45 La sub-unidad de predicción de una sola etapa NLMS 503 está adaptada para recibir el resultado de la transformación diferencial, para calcular un valor previsto de un resultado de una transformación diferencial de la cantidad total de los servicios dentro del periodo adaptativo siguiente utilizando un algoritmo NLMS y para enviar el valor previsto a la sub-unidad de transformación diferencial inversa 504.

50 La sub-unidad de transformación diferencial inversa 504 está adaptada para añadir el resultado recibido de la transformación logarítmica al valor previsto del resultado de transformación diferencial, para obtener un valor previsto de un resultado de una transformación logarítmica de la cantidad total de los servicios dentro del periodo adaptativo siguiente y para enviar el valor previsto del resultado de la transformación logarítmica a la sub-unidad de transformación logarítmica inversa 505.

55 La sub-unidad de transformación logarítmica inversa 505 está adaptada para realizar una transformación logarítmica inversa sobre el valor previsto recibido del resultado de la transformación logarítmica y para obtener un valor previsto de la cantidad total de los servicios que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente.

60 En la unidad de predicción del tráfico anterior, la sub-unidad de transformación logarítmica 501 puede sustituirse por una sub-unidad de transformación de arco tangente, la sub-unidad de transformación diferencial 502 se puede sustituir por una unidad de transformación diferencial relativa, la unidad de transformación diferencial inversa 504 se puede sustituir por una unidad de transformación diferencial relativa inversa y la sub-unidad de transformación logarítmica inversa 505 se puede sustituir por una sub-unidad de transformación de tangente.

Con el fin de comprobar el rendimiento del método de convergencia adaptativa periódica basado en la predicción del tráfico dado a conocer por la presente invención, el proceso de convergencia de un nodo de borde de red OBS se simula sobre una plataforma de software OPNET. Un modelo de simulación está basado en los supuestos siguientes:

5 (1) 40 flujos de servicios autosimilares, con las mismas características estadísticas, están adaptados para simular servicios electrónicos tradicionales conectados al nodo de borde de la red OBS. Cada flujo de servicios está en correspondencia con una dirección de salida de destino especial y un tipo de calidad de servicio, esto es, los flujos de servicios están dispuestos en diferentes colas de espera de convergencia después de introducir el nodo de borde y de la espera de la convergencia. Cada flujo de servicio autosimilar se sintetiza superponiendo 100 fuentes de conexión –
 10 desconexión. Las fuentes de conexión- desconexión están caracterizadas porque su estado se alterna entre un estado activo de envío de datos y un estado inactivo de no envío de datos. Estas fuentes generan paquetes en una tasa de transmisión fija en el estado activo y no generan ningún paquete en el estado inactivo. La duración del estado activo y la duración del estado inactivo son independientes entre sí y ambas siguen una distribución denominada de Pareto. Se supone que la longitud de los paquetes generados por los flujos de servicios siguen todos ellos una distribución uniforme desde 1 KB a 2 KB. La tasa media y el grado de ráfagas de los flujos de servicios autosimilares se determinan, respectivamente, por una relación de carga y un parámetro de Hurst en un experimento de simulación específico. La relación de carga se define como una relación de una suma de las tasas medias de todos los flujos de servicios de entrada a un ancho de banda de salida total. El parámetro de Hurst se denomina parámetro H, de forma abreviada, en correspondencia con el grado de autosimilitud del flujo de servicios, $0,5 < H < 1$ y cuanto más próximo está H a 1, tanto más
 20 alto será el grado de autosimilitud y el grado de ráfagas de los flujos de servicio.

(2) Un ancho de banda de enlace de salida del nodo de borde es 20 Gbps. El nodo incluye 40 colas de espera de convergencia adaptadas, respectivamente, para memorizar y establecer la convergencia de los 40 flujos de servicio autosimilares que le están conectados. La convergencia de los paquetes, en cada cola de espera de convergencia, se controla por un módulo de convergencia independiente dispuesto en esa posición. Estos módulos realizarán todos ellos la convergencia según el método de convergencia adaptativa periódica en función de la predicción del tráfico dada a conocer por la presente invención. El proceso de convergencia de las 40 colas de espera es simulado y se observa su rendimiento medio.

30 (3) Cada cola de espera de convergencia utiliza los mismos parámetros del algoritmo. Los parámetros específicos se establecen como sigue. Un orden P de un predictor es 4, un coeficiente de convergencia μ es 1 y un valor inicial de un vector de coeficiente de predicción \vec{W} es (1,0,0,0). Unas longitudes de ráfagas máxima y mínima L_{max} , L_{min} son, respectivamente, 100 KB y 500 KB. Unos umbrales de determinación superior e inferior, B_{max} , B_{min} de una demanda de ráfaga son, respectivamente, 4,5 MB y 500 KB y un periodo de ajuste del umbral T es 0,01 s.

35 (4) Para poder simplificar la simulación, un tiempo de desplazamiento entre un paquete de datos de ráfaga y su BHP correspondiente se puede preestablecer como 0.

40 Las Figuras 6 y 7 ilustran verificaciones de la adaptabilidad de las soluciones dadas a conocer por la presente invención. Los detalles son como sigue.

La Figura 6 es un diagrama de simulación de una relación entre una longitud de ráfaga real y una relación de carga bajo un mecanismo de convergencia dado a conocer por la presente invención. Puede deducirse de la Figura 6 que sin importar cuál sea el grado de autosimilitud del flujo de servicio de entrada, el método de convergencia, dado a conocer por la presente invención, podrá ajustar, de forma dinámica, la longitud de ráfaga en función de la magnitud de la carga actualmente conectada. Cuando la relación de carga es mayor, puesto que un umbral de longitud mayor se utiliza para la convergencia, la ráfaga generada es más larga. De este modo, la tasa de generación de BHP se suprime, en alguna medida, para evitar problemas tales como congestión de canales de control y una gran presión de procesamiento en el nodo central causada por una tasa de generación de BHP excesivamente alta, con la consiguiente mejora del rendimiento de bloqueo de la red completa. Cuando la relación de carga es más baja, puesto que se utiliza un umbral de longitud más pequeño para la convergencia, la ráfaga generada es más corta. De este modo, un retardo de convergencia excesivamente largo, bajo una carga baja, se evita para cumplir un requisito de retardo máximo del flujo de servicios. Además, el umbral de longitud utilizado para la convergencia se eleva con el aumento de la carga, de modo que la manera adaptativa, dada a conocer por la presente invención, puede estabilizar el retardo de convergencia en alguna medida. La Figura 7 es un diagrama de simulación de una relación entre un retardo de convergencia de paquetes y una relación de carga. Según se deduce de la Figura 7, el retardo de convergencia no es casi inversamente proporcional a la relación de carga como en la convergencia con un umbral de longitud fijo, pero es incluso más suave. Dicho de otro modo, la estrategia adaptativa periódica del umbral de longitud reduce la fluctuación del retardo de convergencia en alguna medida. Además, aunque se reduce la fluctuación del retardo de convergencia, todavía varía con la relación de carga. Por lo tanto, la generación de la ráfaga no es periódica. Este modo de generación de ráfaga no periódico facilita la eliminación de la sincronización de convergencia de cada nodo de borde, con la consiguiente reducción de la probabilidad de bloqueo continuo de la ráfaga en transmisiones posteriores.

65 Según se deduce de las Figuras 5 y 6, la presente invención consigue la adaptabilidad. El umbral de longitud varía dinámicamente con la carga conectada y esta manera de variación dinámica permite que disminuya la congestión del

canal de control bajo una alta carga, la carga de procesamiento del nodo central ha de reducirse y la probabilidad de conflicto de la ráfaga ha de ser menor. Además, esta manera de variación dinámica puede garantizar también el requisito de retardo máximo del flujo de servicio bajo una carga baja y reducir la fluctuación del retardo de convergencia en la instalación al evitar la sincronización de convergencia.

Las Figuras 8, 9 y 10 ilustran verificaciones del rendimiento del método de predicción de tráfico, esto es, el método de predicción diferencial no lineal adaptativo, dado a conocer por la presente invención. Puesto que este método se obtiene mejorando en función del algoritmo NLMS, los rendimientos de los dos métodos de predicción se comparan para ilustrar las ventajas del método de predicción de tráfico dado a conocer por la presente invención.

El rendimiento de los dos métodos de predicción incluye principalmente la velocidad de convergencia y la precisión de la

$$RPE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left| \frac{M[n] - \hat{M}[n]}{M[n]} \right|$$

predicción. En primer lugar, se define un error de predicción relativo (RPE)

$M[n]$ es una cantidad total de los servicios en el periodo n -ésimo, $\hat{M}[n]$ es un valor previsto de la cantidad total de los servicios en el n -ésimo periodo y N es un número de iteraciones. La precisión de la predicción se expresa en escala por el RPE en un estado estacionario. El RPE en el estado estacionario es un valor límite obtenido cuando $N \rightarrow \infty$ y se aproxima a un valor de RPE cuando el número de iteraciones N es bastante grande. La velocidad de convergencia se refleja mediante una relación en la que RPE varía con el número de iteraciones N .

Los mismos parámetros son preestablecidos para los dos métodos de predicción, esto es, los órdenes de predicción P son ambos 4, los vectores de coeficiente de predicción iniciales \vec{W} son ambos (1,0,0,0) y los coeficientes de convergencia μ son ambos 1.

La Figura 8 es un diagrama de simulación que ilustra la relación en la que RPE varía con el número de iteraciones en los dos métodos de predicción anteriores, lo que refleja los rendimientos de convergencia de los dos métodos. Según se deduce de la Figura 8, el mecanismo de predicción del tráfico, dado a conocer por la presente invención, tiene una mayor velocidad de convergencia, esto es, requiere un menor número de iteraciones para conseguir el mismo nivel de error. Por lo tanto, el rendimiento de convergencia del método aquí dado a conocer es mejor que el del algoritmo NLMS.

Las Figuras 9 y 10 son diagramas de simulación de precisiones de predicción de los dos anteriores métodos de predicción con diferentes parámetros de Hurst y diferentes relaciones de carga, respectivamente. Haciendo referencia a las Figuras 8 y 9, cuando el grado de ráfagas del flujo de servicio es más bajo, el parámetro de Hurst es más pequeño y la relación de carga es más grande, el método de predicción NLMS y el método de predicción del tráfico, dados a conocer por la presente invención, pueden obtener ambos una alta precisión de predicción, esto es, un RPE más pequeño. Sin embargo, cuando el rendimiento de ráfagas del flujo de servicio es mayor o la relación de carga es más baja, el problema de convergencia lenta del algoritmo NLMS se hace obvio y disminuye bruscamente su precisión de predicción, mientras que el método de predicción del tráfico, dado a conocer por la presente invención, todavía mantiene un efecto de predicción ideal.

Se deduce de las Figuras 8, 9 y 10, que el método de predicción del tráfico, dado a conocer por la presente invención, no solamente mantiene las ventajas de ser en tiempo real, en línea y adaptativo como el algoritmo NLMS, sino que también mejora su rendimiento de convergencia mediante dos operaciones de pre-procesamiento adecuadas, con la consiguiente mejora de una mayor velocidad de convergencia y una más alta precisión de la predicción. Las ventajas de la presente invención son particularmente obvias en la predicción de un flujo de servicios con un alto rendimiento de ráfagas. Además de su aplicación en la convergencia de ráfagas para mejorar la precisión adaptativa del umbral, el método de predicción del tráfico, dado a conocer por la presente invención, puede utilizarse también en varios campos de gestión del tráfico, tales como control de conexión y asignación de ancho de banda, con el fin de utilizar mejor los recursos de la red.

La Figura 11 es un diagrama de simulación de una relación entre el periodo de ajuste del umbral y la fluctuación del retardo de convergencia. Según se ilustra en la Figura 11, cuanto mayor sea el periodo de ajuste del umbral, tanto mayor será la fluctuación del retardo de convergencia, puesto que el efecto de estabilización del ajuste adaptativo del umbral de longitud sobre el retardo de convergencia es más débil porque el periodo de ajuste del umbral está en correspondencia con la granularidad adaptativa de la convergencia. La presente invención realiza la controlabilidad de la granularidad adaptativa en un modo adaptativo periódico y el periodo de ajuste del umbral determina la frecuencia del ajuste adaptativo sobre el umbral de longitud, con lo que se determina la magnitud de la granularidad adaptativa en la convergencia. En una descripción detallada, si el periodo de ajuste del umbral preestablecido es más largo, la frecuencia del ajuste adaptativo sobre el umbral es más bajo, es decir, la granularidad adaptativa utilizada en la convergencia es mayor. El resultado es que, puesto que la frecuencia del ajuste del umbral es más baja, la sobrecarga adaptativa necesaria en una unidad de tiempo es más pequeña y en particular, los requisitos del hardware y del coste son menores debido a una cantidad más pequeña de operaciones de cálculo. Sin embargo, en otro aspecto de la idea inventiva,

5 puesto que la cola de espera de convergencia utiliza el mismo umbral de longitud en el mismo periodo, es decir, en un periodo único, el umbral de longitud puede ser incapaz de ajustarse de forma adaptativa con la carga. En consecuencia, un periodo más largo significa una más baja precisión adaptativa y un rendimiento de convergencia más deficiente. Bajo estas circunstancias, una situación extrema es que, si el periodo de ajuste del umbral se establece como infinito, la presente invención es equivalente al método de convergencia basado en un umbral de longitud fijo. De forma similar, si el periodo de ajuste del umbral preestablecido es más corto, la frecuencia del ajuste adaptativo en el umbral es más alta, esto es, la granularidad adaptativa utilizada en la convergencia es más pequeña. Por lo tanto, la sobrecarga adaptativa necesaria en una unidad de tiempo es mayor y en particular los requisitos de hardware y de coste son más altos debido a una mayor cantidad de operaciones de cálculo. Sin embargo, en otro aspecto de la idea inventiva, puesto que la frecuencia del ajuste adaptativo es más alta, un ajuste correspondiente puede realizarse siempre en el tiempo sobre el umbral de longitud en la convergencia en función de las características en tiempo real del flujo de servicio actual, con el logro consiguiente de una mayor adaptabilidad y mejor rendimiento de convergencia.

15 Considerando lo anteriormente expuesto, a través del modo adaptativo periódico dado a conocer por la presente invención, la granularidad adaptativa de convergencia se puede controlar en diferentes periodos de ajuste del umbral establecido por el usuario. diferentes granularidades adaptativas están en correspondencia con diferentes rendimientos de convergencia y gastos de puesta en servicio. En la práctica, la granularidad adaptativa adecuada se puede seleccionar en función de las exigencias reales, con el fin de obtener una solución de compromiso óptima entre el coste y el rendimiento, que también refleja la flexibilidad de la presente invención.

20 Descripciones detalladas se han proporcionado anteriormente sobre un método de convergencia adaptativa periódica y un sistema basado en la predicción del tráfico dado a conocer por la presente invención. Aunque la ilustración y descripción de la presente invención se ha proporcionado con referencia a sus formas de realización, debe apreciarse por los expertos en esta técnica que se pueden realizar varios cambios en las formas y detalles sin desviarse por ello del alcance de protección de esta invención, que se define por las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método de convergencia de servicio, que comprende:

5 la recepción de una cantidad total de paquetes que llegan al nivel de una cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo y el cálculo de un valor previsto de una cantidad de total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo siguiente;

10 la lectura de una longitud de la cola de espera de convergencia y la adición de la longitud de la cola de espera de convergencia al valor previsto de la cantidad total de los paquetes para obtener una demanda de ráfaga estimada del periodo adaptativo siguiente y

15 la predicción de una longitud umbral de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente en función de un umbral de determinación de demanda de ráfaga preestablecido y de la demanda de ráfaga estimada y el ensamblado de todos los paquetes en la cola de espera de convergencia en una ráfaga a enviarse cuando la longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, alcanza el umbral de longitud o cuando no se ha ensamblado ninguna ráfaga dentro del periodo adaptativo actual, adoptando siempre, en cada periodo adaptativo, la cola de espera de convergencia adopta siempre el umbral de longitud correspondiente al periodo adaptativo para ensamblar todos los paquetes en la cola de espera de convergencia en una ráfaga a enviarse a la salida;

20 en donde la predicción del umbral de longitud de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente en función del umbral de determinación de demanda de ráfaga preestablecido y de la demanda de ráfaga estimada comprende los modos siguientes:

25 el ajuste del umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente a una longitud de ráfaga mínima permitida si la demanda de ráfaga estimada es más pequeña que un umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga;

30 el ajuste del umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente a una longitud de ráfaga máxima permitida si la demanda de ráfaga estimada es mayor que un umbral de determinación superior preestablecido de la demanda de ráfaga y

35 cuando la demanda de ráfaga estimada cae entre el umbral de determinación inferior preestablecido y el umbral de determinación superior preestablecido de la demanda de ráfaga, calcular el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente en el modo de: obtener una relación de la diferencia entre la longitud de ráfaga máxima permitida y la longitud de ráfaga mínima permitida a la diferencia entre el umbral de determinación superior preestablecido y el umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga y luego, multiplicando la relación con la diferencia entre la demanda de ráfaga estimada y el umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga y la adición del resultado de la multiplicación a la longitud de ráfaga mínima permitida.

40 2. El método según la reivindicación 1, en donde el cálculo del valor previsto de la cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente comprende:

45 la realización de una transformación logarítmica sobre la cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo y luego, la realización de una transformación diferencial de primer orden sobre un resultado de la transformación logarítmica y el cálculo de un valor previsto de un resultado de una transformación diferencial de la cantidad total de los paquetes dentro del periodo adaptativo siguiente utilizando un algoritmo de mínimos cuadrados normalizado, NLMS y

50 la adición del valor previsto del resultado de la transformación diferencial de la cantidad total de los paquetes al resultado de la transformación logarítmica de la cantidad total de los paquetes, la obtención de un valor previsto de un resultado de una transformación logarítmica de la cantidad total de los paquetes dentro del periodo adaptativo siguiente y la realización de una transformación logarítmica inversa con el fin de obtener el valor previsto de la cantidad total de los paquetes dentro del periodo adaptativo siguiente.

55 3. El método según la reivindicación 1, en donde el cálculo del valor previsto de la cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, comprende:

60 la realización de una transformación de arco tangente sobre la cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo y luego, la realización de una transformación diferencial de primer orden sobre un resultado de la transformación de arco tangente y el cálculo de un valor previsto de un resultado de una transformación diferencial relativa de la cantidad total de paquetes dentro del periodo adaptativo siguiente utilizando un algoritmo NLMS y

65 la adición del valor previsto del resultado de la transformación diferencial relativa al resultado de la transformación de arco tangente de la cantidad total de los paquetes, la obtención de un valor previsto de un resultado de una transformación de arco tangente de la cantidad total de los paquetes dentro del periodo adaptativo siguiente y la

realización de una transformación de tangente para obtener el valor previsto de la cantidad total de los paquetes dentro del periodo adaptativo siguiente.

5 **4.** El método según la reivindicación 1, en donde antes de recibir la cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo, el método comprende, además:

cuando un valor de temporización alcanza el periodo adaptativo, la iniciación operativa de una convergencia y luego, la reposición del valor de temporización a cero con el fin de reiniciar la temporización.

10 **5.** El método según la reivindicación 1, en donde después de predecir el umbral de longitud de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente, el método comprende, además:

la actualización de un número de periodo del periodo adaptativo.

15 **6.** Un sistema de convergencia de servicios, que comprende:

una unidad de contabilización de tráfico, adaptada para contar una cantidad total de paquetes que llegan al nivel de una cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo y para enviar la cantidad total de los paquetes a la recepción de una señal de final de periodo adaptativo enviada por una unidad de convergencia de borde;

20 una unidad de predicción del tráfico, adaptada para recibir la cantidad total de los paquetes enviados por la unidad de contabilización de tráfico, para calcular un valor previsto de una cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro de un periodo adaptativo siguiente y para enviar el valor previsto y

25 la unidad de convergencia de borde, adaptada para recibir el valor previsto desde la unidad de predicción de tráfico, para leer una longitud de la cola de espera de convergencia, para añadir la longitud de la cola de espera de convergencia al valor previsto para obtener una demanda de ráfaga estimada del periodo adaptativo siguiente, para predecir un umbral de longitud de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente, en función de un umbral de determinación de demanda de ráfaga preestablecido y de la demanda de ráfaga estimada y para ensamblar todos los paquetes en la cola de espera de convergencia en una ráfaga a enviarse, a la salida, cuando una longitud de la cola de espera de convergencia, dentro del periodo adaptativo siguiente, alcanza el umbral de longitud o no se ha ensamblado ninguna ráfaga, dentro del periodo adaptativo actual, y en cada periodo adaptativo, la cola de espera de convergencia adopta siempre el umbral de longitud correspondiente al periodo adaptativo para ensamblar todos los paquetes en la cola de espera de convergencia en una ráfaga a enviarse a la salida;

35 en donde la unidad de convergencia de borde comprende:

un temporizador, adaptado para enviar una señal de final de periodo a una sub-unidad de iniciación de convergencia y poner a cero su propio valor de temporización con el fin de reiniciar la temporización cuando el valor de temporización alcanza un periodo de ajuste de umbral preestablecido,

45 una sub-unidad adaptativa de umbral de longitud, adaptada para recibir y memorizar el valor previsto de la cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente, para enviar una señal de demanda de longitud de cola de espera de convergencia a una sub-unidad de vigilancia de la longitud de la cola de espera, para predecir el umbral de longitud en el periodo adaptativo siguiente cuando se recibe un valor de longitud de la cola de espera de convergencia actual y para enviar el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia a la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera, para utilizar los modos siguientes para predecir el umbral de longitud en el periodo adaptativo siguiente: establecer el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente a una longitud de ráfaga mínima permitida si la demanda de ráfaga estimada es más pequeña que un umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga, para establecer el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente a una longitud de ráfaga máxima permitida si la demanda de ráfaga estimada es mayor que un umbral de determinación superior preestablecido de la demanda de ráfaga y cuando la demanda de ráfaga estimada cae entre el umbral de determinación inferior preestablecido y el umbral de determinación superior preestablecido de la demanda de ráfaga, calcular el umbral de longitud del periodo adaptativo siguiente en el modo de: obtener una relación de la diferencia entre la longitud de ráfaga máxima permitida y la longitud de ráfaga mínima permitida a la diferencia entre el umbral de determinación superior preestablecido y el umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga y luego, multiplicar la relación con la diferencia entre la demanda de ráfaga estimada y el umbral de determinación inferior preestablecido de la demanda de ráfaga y añadir el resultado de la multiplicación a la longitud de ráfaga mínima permitida;

60 la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera, adaptada para actualizar el umbral de longitud de la cola de espera de convergencia cuando se recibe el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia, para enviar una señal de iniciación de convergencia a una sub-unidad de iniciación de convergencia cuando, en el curso de la vigilancia, se constata que la longitud de la cola de espera de convergencia alcanza el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia y para enviar la longitud de la cola de espera de convergencia a la sub-unidad adaptativa de umbral de longitud a la recepción de la señal de demanda de longitud de cola de espera de convergencia y

la sub-unidad de iniciación de convergencia, adaptada para iniciar una convergencia a la recepción de la señal de iniciación de convergencia enviada por la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera o si no se ha realizado ninguna convergencia de ráfaga dentro del periodo a la recepción de la señal del final de periodo enviada por el temporizador.

5
7. El sistema según la reivindicación 6, en donde la sub-unidad de vigilancia de longitud de cola de espera comprende un contador de ráfagas, adaptado para añadir 1 a su valor de contabilización cuando la sub-unidad de vigilancia de la longitud de cola de espera genera la señal de iniciación de convergencia y para la puesta a cero del valor de contabilización cuando se recibe el umbral de longitud previsto de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente.

10
8. El sistema según la reivindicación 6, en donde la unidad de predicción del tráfico comprende:
una sub-unidad de transformación logarítmica, adaptada para realizar una transformación logarítmica sobre la cantidad total recibida de los paquetes dentro del periodo adaptativo;

15
una sub-unidad de transformación diferencial, adaptada para realizar una transformación diferencial sobre un resultado recibido del resultado de transformación logarítmica enviado por la sub-unidad de transformación logarítmica;

20
una sub-unidad de predicción de etapa única para los mínimos cuadrados normalizada, NLMS, adaptada para recibir un resultado de la transformación diferencial enviada por la sub-unidad de transformación diferencial, para calcular un valor previsto de un resultado de una transformación diferencial de la cantidad total de los paquetes dentro del periodo adaptativo siguiente utilizando un algoritmo NLMS y para enviar el valor previsto a una sub-unidad de transformación diferencial inversa;

25
la sub-unidad de transformación diferencial inversa, adaptada para recibir el valor previsto enviado por la sub-unidad de predicción de etapa única NLMS y el resultado de la transformación logarítmica enviado por la sub-unidad de transformación logarítmica, para añadir el resultado de la transformación logarítmica al valor previsto y para obtener un valor previsto de una transformación logarítmica de la cantidad total de los paquetes dentro del periodo adaptativo siguiente y

30
una sub-unidad de transformación logarítmica inversa, adaptada para realizar una transformación logarítmica inversa sobre el valor previsto recibido del resultado de la transformación logarítmica enviado por la sub-unidad de transformación diferencial inversa y para obtener el valor previsto de la cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente.

35
9. El sistema según la reivindicación 6, en donde la unidad de predicción del tráfico comprende:
una sub-unidad de transformación de arco tangente, adaptada para ejecutar una transformación de arco tangente sobre la cantidad total de los paquetes recibido dentro del periodo adaptativo;

40
una sub-unidad de transformación diferencial relativa, adaptada para ejecutar una transformación diferencial relativa sobre un resultado recibido de la transformación de arco tangente enviado por la sub-unidad de transformación de arco tangente;

45
una sub-unidad de predicción de etapa única NLMS, adaptada para recibir un resultado de la transformación diferencial relativa enviado por la sub-unidad de transformación diferencial relativa y para calcular un valor previsto del resultado de la transformación diferencial relativa de la cantidad total de los paquetes en el periodo adaptativo siguiente utilizando un algoritmo NLMS;

50
una sub-unidad de transformación diferencial relativa inversa, adaptada para recibir el valor previsto del resultado de la transformación diferencial relativa enviado por la sub-unidad de predicción de etapa única NLMS y el resultado de la transformación de arco tangente enviado por la sub-unidad de transformación de arco tangente, para procesar el valor previsto del resultado de la transformación diferencial relativa y del resultado de la transformación de arco tangente y para obtener un valor previsto de un resultado de una transformación de arco tangente de la cantidad total de los paquetes dentro del periodo adaptativo siguiente y

55
una sub-unidad de transformación de tangente, adaptada para ejecutar una transformación de tangente sobre el valor previsto recibido del resultado de la transformación de arco tangente enviado por la sub-unidad de transformación diferencial relativa inversa y para obtener el valor previsto de la cantidad total de los paquetes que llegan al nivel de la cola de espera de convergencia dentro del periodo adaptativo siguiente.

60

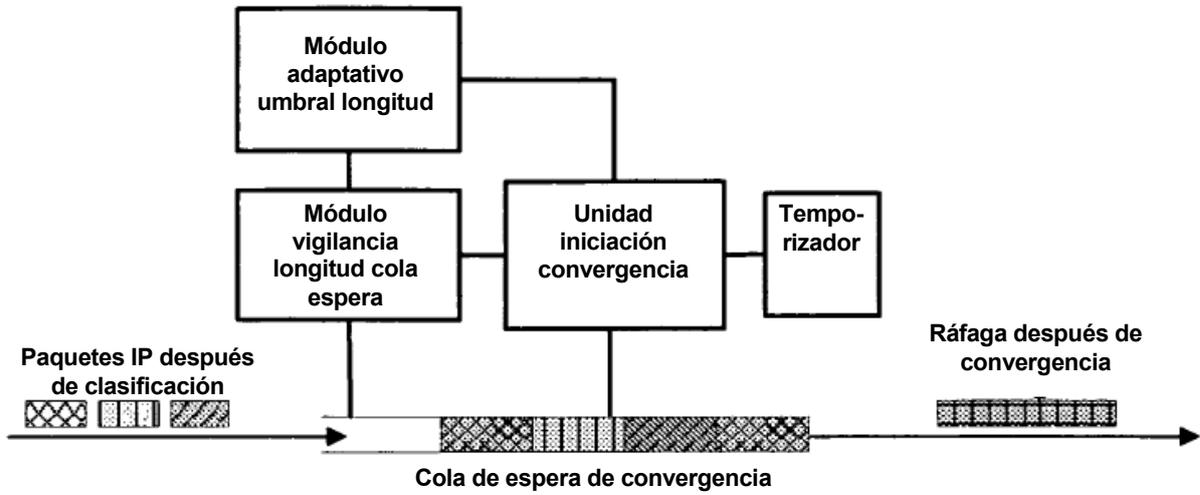


Figura 1

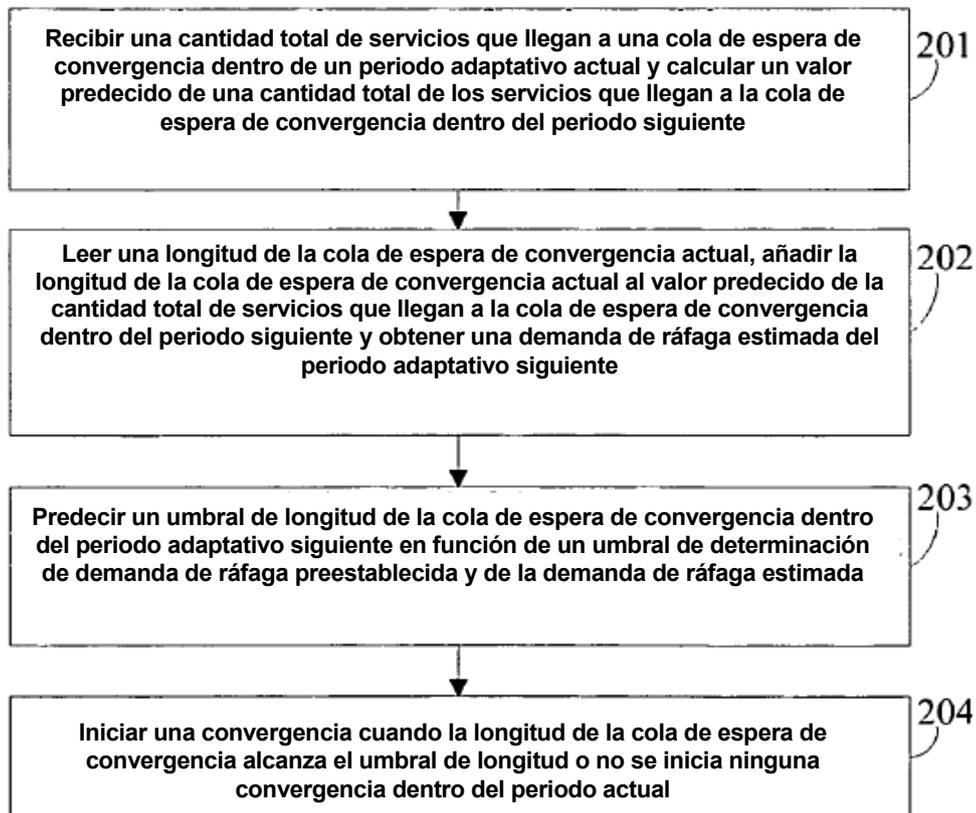


Figura 2

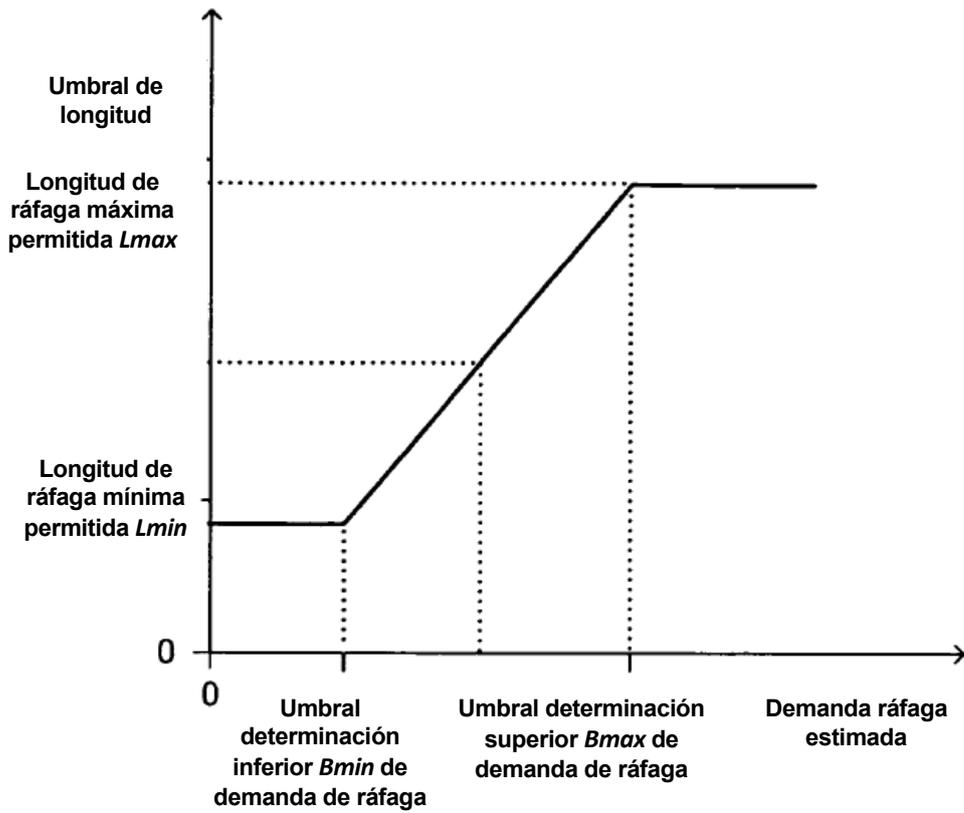


Figura 3

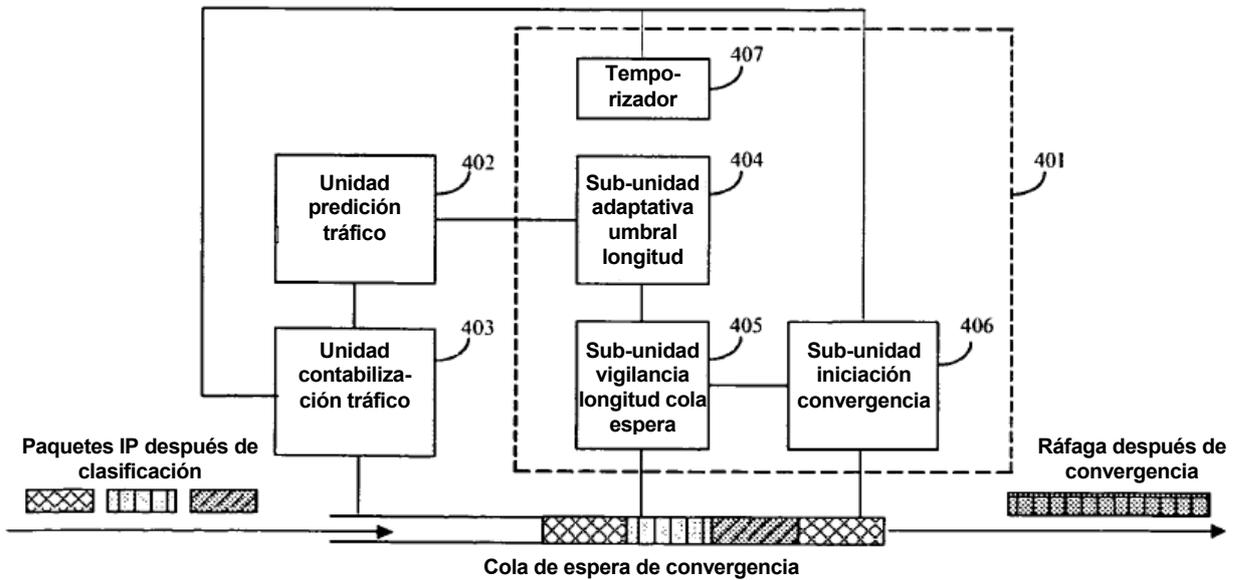


Figura 4

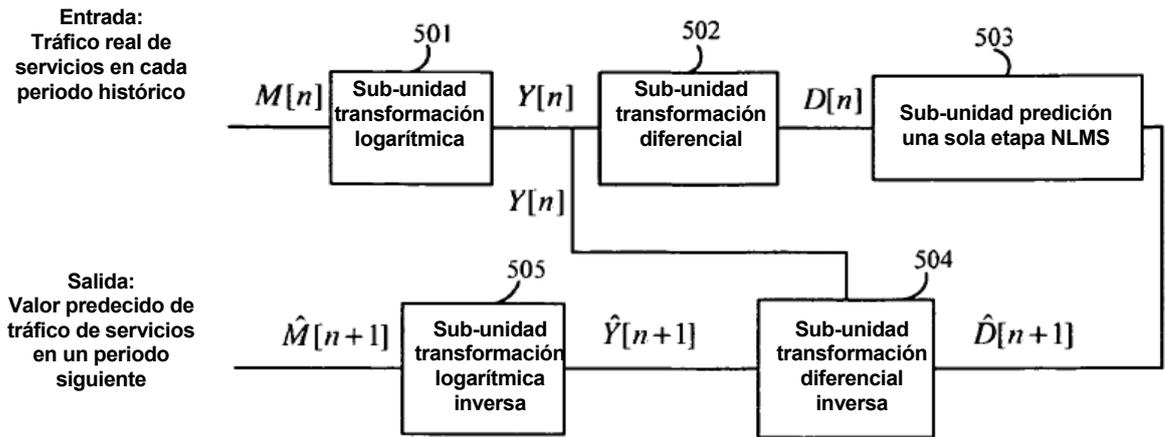


Figura 5

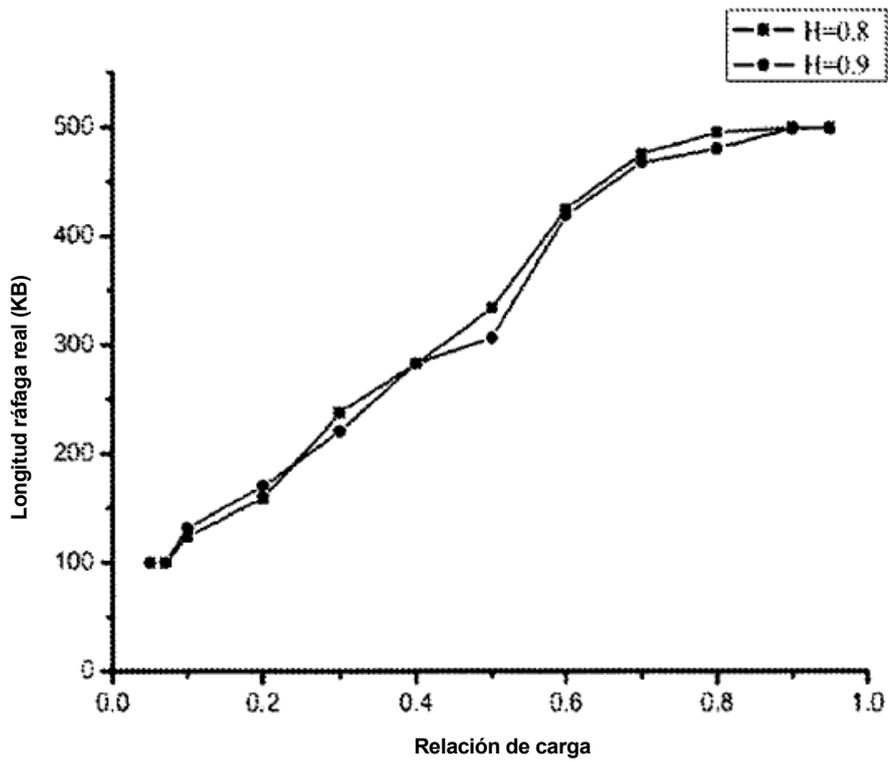


Figura 6

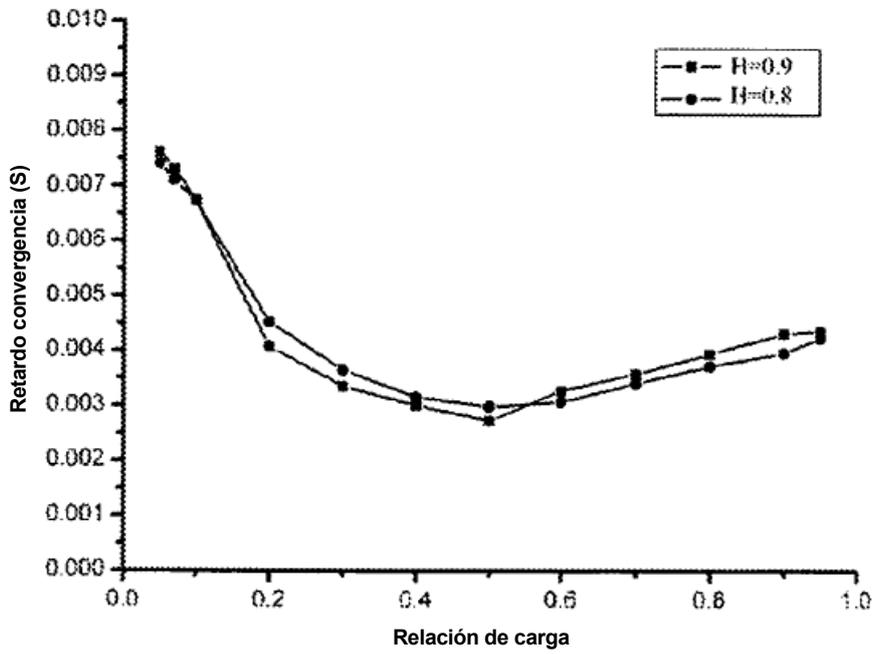


Figura 7

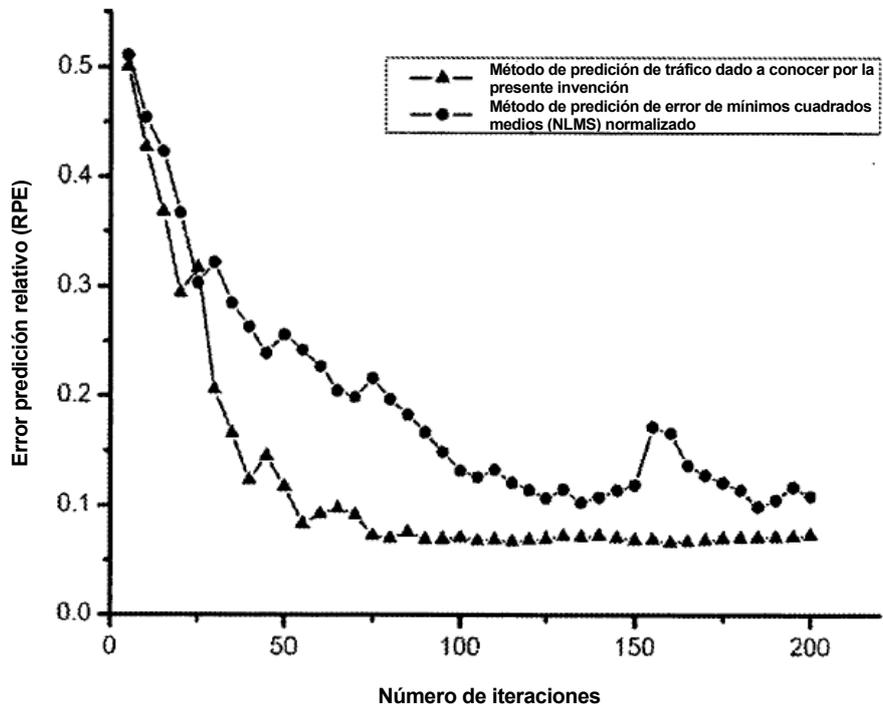


Figura 8

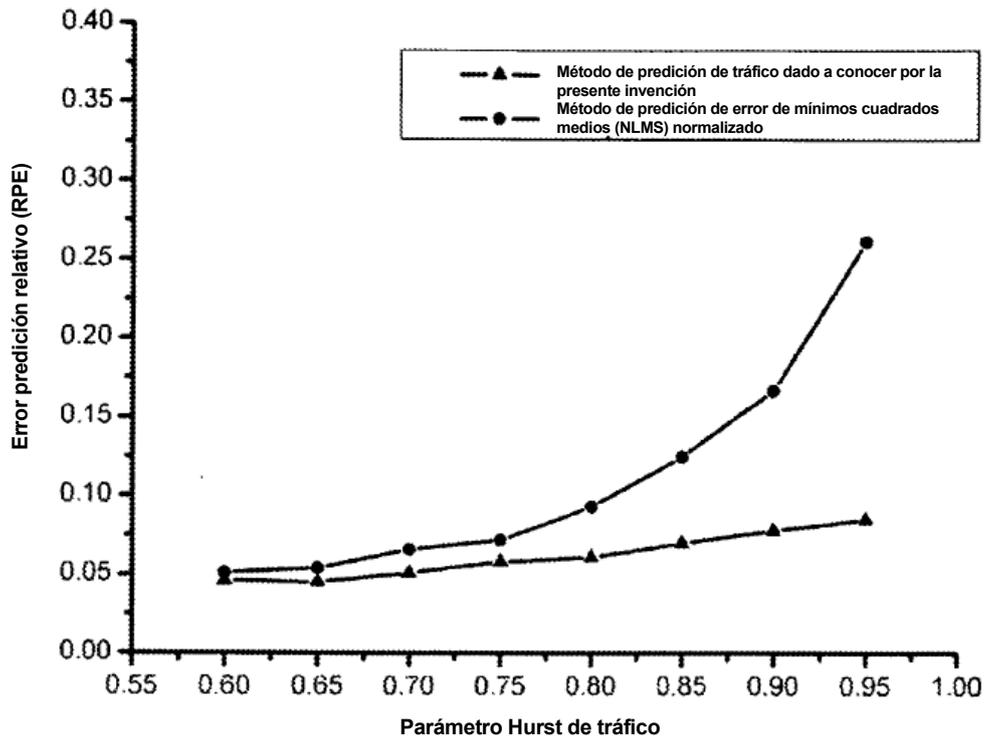


Figura 9

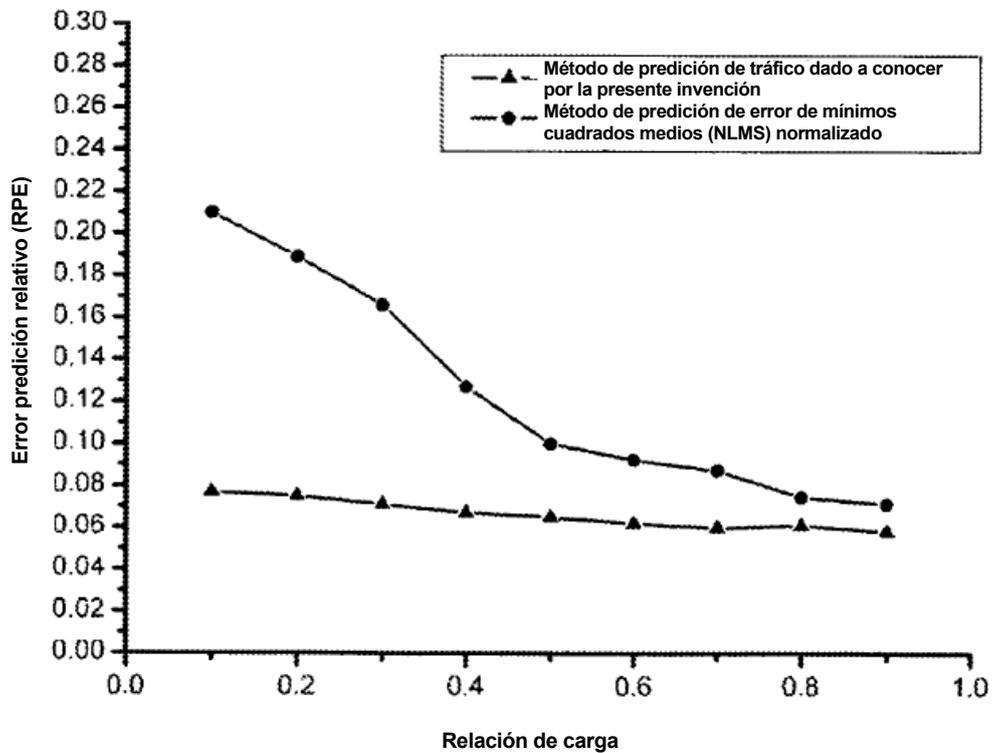


Figura 10

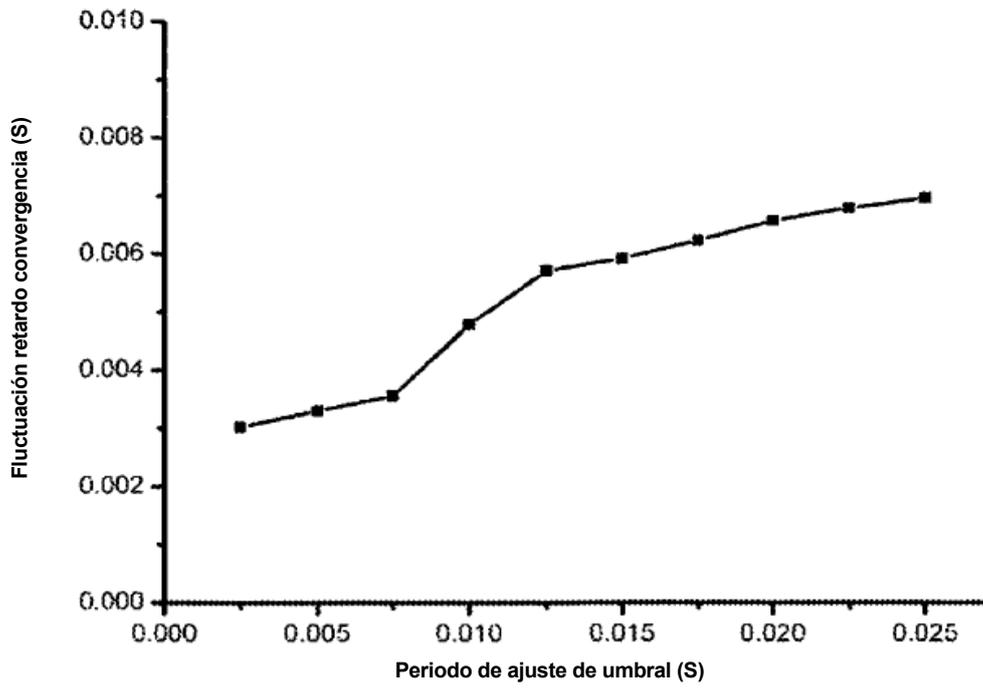


Figura 11