

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 458 143**

51 Int. Cl.:

H04L 12/801 (2013.01)

H04L 12/823 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2007 E 07816707 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014 EP 2073456**

54 Título: **Método y nodo central para realizar un retardo de paquete en ráfaga**

30 Prioridad:

26.01.2007 CN 200710007501

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.04.2014

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:

**QI, YULEI;
WANG, SHENG;
XU, DU;
XU, SHIZHONG y
ZHANG, YI**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 458 143 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 nodo central para realizar un retardo de paquete en ráfaga

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a las tecnologías de comunicación óptica y en particular, a un método y un enrutador central para realizar un retardo de ráfaga en sentido directo.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La Figura 1 ilustra una estructura de una red de conmutación de ráfaga óptica (OBS), en donde la red OBS está constituida por un enrutador de borde y un enrutador central. El enrutador de borde está adaptado para encapsular los paquetes IP de entrada en una ráfaga y para programar la ráfaga generada en una longitud de onda de salida. El enrutador central está adaptado para conmutar la ráfaga óptica correspondiente desde un puerto de entrada a un puerto de salida adecuado en función de la información incluida en un Paquete de Cabecera de Ráfaga (BHP). Además, el enrutador central está adaptado también para gestionar la contención de ráfagas ópticas con el fin de obtener un alto rendimiento de la conmutación. El enrutador central recibe los paquetes BHPs que llegan primero antes de reenviar la ráfaga óptica. La información incluida en el paquete BHP decide las características de la ráfaga óptica desde el puerto, a modo de ejemplo, hora de llegada, duración (longitud de la ráfaga), puerto e información de longitud de onda, prioridad, etc. El enrutador central procesa los paquetes BHPs que llegan desde todos los puertos y determina el estado de configuración del conjunto de conmutación óptica en cualquier momento, con el fin de enviar el mayor número posible de paquetes de ráfaga al puerto de salida previsto.

Las características de la red de conmutación de ráfagas ópticas deciden la necesidad de que exista la contención de ráfagas ópticas. Cuando múltiples ráfagas ópticas son objeto de contención para la misma longitud de onda del mismo puerto de salida al mismo tiempo, se produce un conflicto operativo. La contención de las ráfagas ópticas da lugar a la congestión de la red y a pérdidas de datos masivas. La capacidad de aplicación práctica de la tecnología de conmutación de ráfagas ópticas depende de la solución para evitar o reducir las pérdidas de datos causadas por la contención de la ráfaga en la red.

En una red de conmutación eléctrica tradicional, la solución al conflicto depende de la memoria intermedia electrónica. En un dominio óptico, sin embargo, no existe el mecanismo de almacenamiento aleatorio en términos preciso. Actualmente, la memoria intermedia, en el dominio óptico, depende de una Línea de Retardo de Fibra (FDL). En la técnica anterior, una línea FDL puede configurarse en el enrutador central para reducir el conflicto de ráfagas. Puesto que la calidad de la señal y el espacio físico están limitados, la capacidad de la memoria intermedia de FDL está también limitada. Además, la línea FDL introduce la pérdida de potencia. Si un amplificador de señal óptica se utiliza para compensar la potencia perdida, se aumenta el ruido. Si se regeneran señales ópticas, el coste es demasiado alto.

En el caso de que la línea FDL esté ausente o no disponible en el enrutador central, se produce una pérdida de paquetes si la cantidad de ráfagas ópticas simultáneamente transmitidas supera la cantidad de canales de longitud de onda disponibles. En la técnica anterior, se utiliza el denominado Algoritmo de Reducción de Solapamiento de Ráfagas (BORA) para reducir las pérdidas de ráfagas. Los principios del algoritmo BORA son: la ráfaga en la red OBS se retarda, en alguna medida, a través de una memoria intermedia eléctrica en el enrutador de borde para minimizar el solapamiento de ráfagas y reducir la probabilidad de conflicto en el enrutador central flujo abajo. La Figura 2 ilustra cómo retardar una ráfaga mediante el algoritmo BORA en la técnica anterior, en donde (a) ilustra la transmisión de ráfagas no basadas en el algoritmo BORA y (b) ilustra la transmisión de ráfagas basada en el algoritmo BORA. En la Figura 2, cada enrutador central tiene dos rutas de entrada "X" y "Y" y una ruta de salida "Z" y cada ruta tiene un solo canal de control y dos canales de datos. Según se ilustra en (a), si no se aplica ningún algoritmo BORA, cuatro ráfagas en cuatro canales de datos de la ruta de entrada del tiempo (t1, t2) se solapan, siendo el solapamiento de 4. Según se ilustra en (b), después de que se aplique el algoritmo BORA, la ráfaga se retarda en alguna medida, con lo que se reduce el solapamiento. Sin embargo, la función primaria del algoritmo BORA es aplicar la tecnología de programación al enrutador de borde, sin llevar el enrutador central a su ejecución completa.

Las técnicas anteriores relacionadas se citan a continuación:

El documento EP 1 439 730 A1 da a conocer un método para controlar la congestión en una red OBS. El método elimina probabilísticamente una ráfaga de datos en función de un retardo medio aplicado a un conjunto de ráfagas de datos.

El documento US 2004/063461 A1 ilustra que la contención y la pérdida se reducen retardando las ráfagas localmente ensambladas más allá del tiempo de desplazamiento predeterminado para evitar la contención en el nodo intermedio proponiendo varios algoritmos de programación que pueden reducir el grado de solapamiento.

El documento CN 1625150 A da a conocer un método para reservar recursos para una ráfaga en una red de Conmutación de Ráfagas Ópticas bajo el modo no preferente, en donde el método comprende: cuando el paquete BHP alcanza el nodo central, utilizando una manera no preferente, si no existe ningún recurso reservado, entregando el paquete BHP y más adelante, con los datos de ráfagas recibidos por el nodo central, enviando un paquete BHP que contenga el mensaje de que los datos se han entregado al nodo flujo arriba; para evitar un rediseño del formato de BHP, el establecimiento directo del tiempo de desplazamiento en BHP para ser un valor predeterminado K para expresar que el paquete BHP contiene el mensaje de que los datos han sido proporcionados, en donde el tiempo de desplazamiento en el sistema real no es negativo, por lo que la constante K predeterminada se define como negativa; cuando el nodo flujo arriba recibe el paquete BHP, la liberación del recurso reservado por el nodo flujo arriba, notificando al mismo tiempo al nodo marginal para disponer la retransmisión.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención da a conocer un método para retardar una ráfaga y un enrutador central que aplica este método. Utilizando la línea FDL configurada en la red eficientemente, se reduce la probabilidad de conflicto de ráfagas.

Un método para retardar una ráfaga en una red de comunicación óptica, según una forma de realización de la presente invención, incluye:

la determinación, por un enrutador central, de la ráfaga que necesita retardarse y la longitud de retardo adecuada después de recibir un paquete BHP que indica que las ráfagas correspondientes entrarán en conflicto en el puerto de salida del enrutador central;

el envío de un paquete de demanda de retardo a un enrutador central flujo arriba en función de la longitud del retardo, si el enrutador central determina que el tiempo disponible es suficiente para enviar el paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba y

la liberación, por el enrutador central flujo arriba que recibe el paquete de demanda de retardo, del recurso anteriormente reservado para las ráfagas si la ráfaga puede retardarse en función del paquete de demanda de retardo, la reserva de un nuevo recurso para la ráfaga y la generación de un nuevo BHP y el envío del nuevo BHP al enrutador central flujo abajo.

Una red de conmutación de ráfagas ópticas, según una forma de realización de la presente invención, incluye un primer enrutador central y un segundo enrutador central, en donde:

el primer enrutador central es un enrutador central flujo arriba del segundo enrutador central;

el segundo enrutador central incluye:

un módulo de recepción de BHP, adaptado para recibir un paquete BHP;

un módulo de recepción de ráfagas, adaptado para recibir una ráfaga;

un módulo de envío de demanda de retardo, adaptado para enviar un paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba y

un módulo de determinación, adaptado para: determinar si es necesario enviar el paquete de demanda de retardo al primer enrutador central si el paquete BHP recibido por el BHP, que se envía desde el primer enrutador central, el módulo de recepción indica que las ráfagas correspondientes entrarán en conflicto en el puerto de salida y si es necesario enviar el paquete de demanda de retardo a la primera ruta básica, el módulo de determinación está adaptado para iniciar operativamente el módulo de envío de demanda de retardo para enviar el paquete de demanda de retardo al primer enrutador central o bien, el módulo de determinación está adaptado para controlar el módulo de recepción de ráfagas para rechazar la ráfaga a la recepción de la ráfaga y

el primer enrutador central incluye:

un módulo de envío de BHP, adaptado para enviar un paquete BHP;

un módulo de recepción de demanda de retardo, adaptado para recibir un paquete de demanda de retardo desde el enrutador central flujo abajo;

un módulo de reserva de recursos, adaptado para reservar un recurso adecuado para la ráfaga; y

un módulo de determinación, adaptado para: determinar si la ráfaga puede retardarse en función del paquete de demanda de retardo, que se envía desde el segundo enrutador central, recibido por el módulo de recepción de

5 demanda de retardo; si la ráfaga puede retardarse en función del paquete de demanda de retardo recibido por el módulo de recepción de demanda de retardo, liberar el recurso anteriormente reservado para la ráfaga, el módulo de determinación está adaptado para iniciar operativamente el módulo de reserva de recursos para reservar un nuevo recurso para la ráfaga y para generar un nuevo paquete BHP que se envía por el módulo de envío de BHP al segundo enrutador central; de no ser así, el módulo de determinación está adaptado para liberar el recurso anteriormente reservado para la ráfaga.

10 En las formas de realización de la presente invención, el enrutador central con una línea FDL realiza el procesamiento de retardo proactivo para la ráfaga a solaparse después de predecir que la ráfaga será solapada en el enlace a proteger, con lo que se reduce la probabilidad de solapamiento de ráfagas en el enlace flujo abajo a proteger.

15 En las formas de realización de la presente invención, después de encontrar que ocurrirá un conflicto de ráfagas en el puerto de salida el enrutador central en un momento futuro, el enrutador central envía una demanda de retardo de ráfaga al enrutador central flujo arriba, demandando al enrutador central flujo arriba que tiene una línea FDL y la capacidad de retardo para retardar la ráfaga. Por lo tanto, la línea FDL configurada en la red se lleva a su ejecución completa y se reduce la probabilidad de conflicto de ráfagas.

20 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 ilustra una estructura de una red OBS,

La Figura 2 ilustra cómo utilizar un algoritmo BORA para retardar una ráfaga en la técnica anterior;

25 La Figura 3 es un diagrama de flujo de un primer método para retardar una ráfaga según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 4 es un diagrama de flujo de un segundo método para retardar una ráfaga según una forma de realización de la presente invención;

30 La Figura 5 ilustra una estructura de un primer enrutador central según una forma de realización de la presente invención;

35 La Figura 6 es un diagrama de flujo de un tercer método para retardar una ráfaga según una forma de realización de la presente invención;

La Figura 7 ilustra una estructura de un segundo enrutador central según una forma de realización de la presente invención y

40 La Figura 8 ilustra una estructura de un tercer enrutador central según una forma de realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

45 La solución técnica según la presente invención se describe, a continuación, en detalle, haciendo referencia a formas de realización preferidas y a los dibujos adjuntos.

50 La Figura 3 es un diagrama de flujo del primer método para retardar una ráfaga según una forma de realización de la presente invención. El proceso de puesta en práctica del método es como sigue:

55 Etapa S10: El paquete BHP llega en el enrutador central configurado con una línea FDL. El enrutador central realiza la conversión óptica-eléctrica para el paquete BHP y lee la información (tal como hora de llegada y hora de finalización de la ráfaga) incluida en el paquete BHP. La información incluida en el BHP indica que una ráfaga dirigida a un enlace a proteger será objeto de solapamiento en este enlace del enrutador central en un momento futuro.

60 Etapa S11: El enrutador central determina la ráfaga que necesita retardarse en función del algoritmo de programación establecido, especifica una longitud de retardo adecuada para la ráfaga a retardar y reserva un recurso adecuado para la ráfaga, de modo que el solapamiento de la ráfaga disminuya a 1.

65 El enrutador central puede tener un convertidor de longitud de onda o no tener ningún convertidor de longitud de onda. Un enrutador central, configurado con un convertidor de longitud de onda, puede reservar recursos para la ráfaga en la longitud de onda del puerto de salida, cuya longitud de onda es diferente de la longitud de onda del puerto de entrada de la ráfaga. Además, un enrutador central configurado sin ningún convertidor de longitud de onda puede reservar recursos para la ráfaga solamente en la longitud de onda del puerto de salida, cuya longitud de onda es la misma que la longitud de onda del puerto de entrada de la ráfaga.

Etapa S12: El enrutador central genera un paquete BHP adecuado en función del recurso reservado y envía el paquete BHP generado al enrutador central flujo abajo.

5 Etapa S13: El enrutador central programa la ráfaga a retardarse en el recurso reservado después de recibir la ráfaga y envía la ráfaga al enrutador central flujo abajo.

10 En el método anterior, el enrutador central configurado con una línea FDL utiliza la línea FDL para “escalonar” la ráfaga al encontrar que la ráfaga se solapará en un momento futuro. El uso frecuente de la línea FDL aumenta el retardo extremo a extremo y atenúa la intensidad de las señales. Con el fin de evitar los problemas anteriores, la presente invención da a conocer un método para retardar una ráfaga en el caso de que se establezca un umbral de solapamiento, en donde un umbral de solapamiento se establece para cada enrutador central configurado con una línea FDL, con el fin de la protección del enlace. Por lo tanto, el enrutador central configurado con una línea FDL realiza el procesamiento del retardo para la ráfaga solamente si encuentra que el solapamiento de la ráfaga, que pasa a través del enrutador central y está dirigido al enlace a proteger, es mayor que un umbral de solapamiento.

15 La Figura 4 es un diagrama de flujo de un segundo método para retardar una ráfaga según una forma de realización de la presente invención. El proceso de puesta en práctica del método es como sigue:

20 Etapa S20: El paquete BHP llega al enrutador central configurado con una línea FDL. El enrutador central realiza la conversión óptica-eléctrica para el paquete BHP y lee la información (tal como la hora de llegada y la hora de finalización de la ráfaga) incluida en el BHP. La información incluida en el paquete BHP indica que una ráfaga dirigida a un enlace a proteger será solapada en este enlace del enrutador central en un momento futuro.

25 Etapa S21: El enrutador central determina si el solapamiento de la ráfaga alcanza, o no, el umbral de solapamiento establecido para el enlace a proteger; si el solapamiento de la ráfaga alcanza el umbral de solapamiento establecido para el enlace a proteger, el proceso prosigue con la etapa S22; de no ser así, el proceso prosigue con la etapa S23.

30 En esta forma de realización, los modos de establecimiento de un umbral de solapamiento para el enrutador central para el beneficio operativo del enlace a proteger incluyen, sin limitación, los dos modos siguientes:

El modo 1 es un mecanismo basado en la ruta de determinación de un umbral de solapamiento. Un umbral de solapamiento se establece para el enrutador central para poder proteger un enlace según la fórmula siguiente:

$$\theta_i = P_i \frac{M}{N}$$

35 en donde θ_i es un umbral de solapamiento establecido para el enrutador central i con miras a la protección del enlace, P_i es la cantidad de pistas que pasan a través del enrutador central i y el enlace a proteger, M es la cantidad total de canales de datos del enlace a proteger y N es la cantidad total de pistas que pasan a través el enrutador central configurado con la línea FDL y que pasan a través del enlace a proteger.

40 El modo 2 es un mecanismo basado en el tráfico de determinación de un umbral de solapamiento. Un umbral de solapamiento se establece para el enrutador central con miras a un enlace a proteger según la fórmula siguiente:

$$\theta_i = \frac{M\rho_i}{\sum_{k=1}^N \rho_k}$$

45 en donde θ_i es un umbral de solapamiento establecido para el enrutador central i con miras a la protección del enlace, M es la cantidad total de canales de datos del enlace a proteger, ρ_i es el tráfico que pasa a través del enrutador central i y el enlace a proteger dentro de una ventana temporal y $\sum_{k=1}^N \rho_k$ es el tráfico total que pasa a través del enrutador central configurado con la línea FDL y pasa a través del enlace a proteger dentro de la ventana temporal. El enrutador central i obtiene una estadística del tráfico que pasa a través del enrutador central i y el enlace a proteger en la ventana temporal actual y utiliza el valor estadístico como un valor previsto del tráfico que pasa a través del enrutador central i y del enlace a proteger en la ventana temporal siguiente.

55 Etapa S22: El enrutador central determina la ráfaga que necesita retardarse según el algoritmo de programación establecido, especifica una longitud del retardo adecuada para la ráfaga a retardar y reserva un recurso adecuado para la ráfaga, de modo que el solapamiento de la ráfaga sea menor que el umbral de solapamiento, en cuyo caso el

proceso prosigue con la etapa S24.

Etapa S23: El enrutador central no realiza ningún procesamiento.

5 Etapa S24: El enrutador central genera un paquete BHP adecuado en función del recurso reservado y envía el paquete BHP generado al enrutador central flujo abajo.

Etapa S25: El enrutador central programa la ráfaga a retardar en el recurso reservado después de recibir la ráfaga y envía la ráfaga al enrutador central flujo abajo.

10 En correspondencia con los dos métodos anteriores para retardar la ráfaga, un enrutador central se establece, además, en una forma de realización de la presente invención. La Figura 5 ilustra una estructura del primer enrutador central según una forma de realización de la presente invención. Este enrutador central incluye:

15 un módulo de recepción de paquete BHP, adaptado para recibir un paquete BHP desde un enrutador de flujo arriba;

un módulo de control de retardo, adaptado para: determinar la ráfaga que necesita retardarse en función del paquete BHP recibido si el paquete BHP recibido por el módulo de recepción de BHP indica que las ráfagas se solaparán en un enlace a proteger, especificar una longitud de retardo adecuada, reservar un recurso adecuado para la ráfaga que necesita retardarse y generar un paquete BHP adecuado;

20 preferentemente, si el paquete BHP recibido por el modo de recepción de BHP indica que ocurrirá un solapamiento de ráfagas en un enlace a proteger, el módulo de control de retardo determina, además, si el solapamiento de la ráfaga alcanza, o no, el umbral de solapamiento asignado al enlace a proteger; si el solapamiento de la ráfaga alcanza el umbral de solapamiento asignado al enlace a proteger, el módulo de control del retardo determina la ráfaga a retardar en función del paquete BHP recibido, especifica una longitud de retardo para la ráfaga, reserva un recurso para la ráfaga y genera un paquete BHP para hacer que el solapamiento de la ráfaga sea menor que el umbral de solapamiento y

25 un módulo de envío de BHP, adaptado para enviar el paquete BHP generado por el módulo de control de retardo al enrutador central flujo abajo.

Después de que se aplique el primer método anterior para retardar una ráfaga, el enrutador central configurado con una línea FDL realiza un procesamiento de retardo proactivo para la ráfaga a solaparse después de predecir que la ráfaga se solapará con el enlace a proteger, con lo que se reduce la probabilidad de solapamiento de la ráfaga del enlace flujo abajo a proteger.

Además, después de que se aplique el segundo método anterior para retardar una ráfaga, si se predice que la ráfaga será solapada en enlace a proteger, el enrutador central configurado con una línea FDL determina si el solapamiento de las ráfagas es mayor, o no, que el umbral de solapamiento preestablecido; si el solapamiento de las ráfagas es mayor que el umbral de solapamiento preestablecido, el enrutador central realiza un procesamiento de retardo proactivo para la ráfaga a solaparse. Esto reduce la probabilidad de solapamiento de las ráfagas en el enlace flujo abajo a proteger, supera la atenuación de la señal causada por el uso frecuente de la línea FDL y evita el aumento del retardo extremo a extremo.

La Figura 6 es un diagrama de flujo de un tercer método para retardar una ráfaga según una forma de realización de la presente invención. El proceso de puesta en práctica del método es como sigue:

50 Etapa S30: El paquete BHP llega al enrutador central, que está configurado con una línea FDL o sin una línea FDL. El enrutador central realiza la conversión óptica-eléctrica para el paquete BHP y efectúa la lectura de la información (tal como hora de llegada y hora de finalización de la ráfaga) incluida en el paquete BHP. La información incluida en el BHP indica que la ráfaga correspondiente entrará en conflicto en el puerto de salida del enrutador central en un momento futuro.

55 Etapa S31: El enrutador central, que implica el conflicto de ráfagas, determina la ráfaga a retardarse y una longitud de retardo adecuada según el algoritmo de programación preestablecido y determina si el tiempo disponible es, o no, suficiente para enviar un paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba adyacente, en conformidad con el BHP correspondiente a la ráfaga a retardarse; si el tiempo disponible es suficiente, el proceso prosigue con la etapa S32; de no ser así, el proceso prosigue con la etapa S33.

60 Si el tiempo de desplazamiento "T" incluido en el paquete BHP recibido por el enrutador central actual satisface la fórmula siguiente, el enrutador central actual determina que el tiempo es suficiente para enviar un paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba.

$$T > \frac{L}{V} + t_{pro},$$

5 en donde T es el tiempo de desplazamiento incluido en el paquete BHP o el paquete de demanda de retardo recibido por el enrutador central actual, L es la distancia entre el enrutador central actual y el enrutador central flujo arriba, V es la tasa de envío de la demanda de retardo y t_{pro} es el tiempo requerido para que el enrutador central flujo arriba reciba una demanda de retardo, reservar un nuevo recurso para la ráfaga a retardar y generar un paquete BHP adecuado.

10 Etapa S32: El enrutador central, que implica el solapamiento de ráfagas, envía un paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba adyacente. El paquete incluye una longitud del retardo especificada para la ráfaga a retardarse y un campo de tiempo de desplazamiento. El campo de tiempo de desplazamiento representa el tiempo del desplazamiento de compensación procedente de la ráfaga correspondiente, cuando el paquete de demanda de retardo llega al enrutador central anterior. En adelante, el proceso prosigue con la etapa S34.

15 Etapa S33: El enrutador central, que implica el solapamiento de las ráfagas, rechaza la ráfaga a retardarse a la llegada de esta ráfaga.

20 Etapa S34: El enrutador central que recibe el paquete de demanda de retardo, determina si una línea FDL está configurada, o no, para el enrutador central; si una línea FDL está configurada para el enrutador central, el proceso prosigue con la etapa S35; de no ser así, el proceso prosigue con la etapa S37.

25 Etapa S35: El enrutador central, que recibe el paquete de demanda de retardo, determina si el enrutador central es capaz de retardar la ráfaga en función del campo de longitud de retardo en el paquete de demanda de retardo. Si el enrutador central es capaz, el proceso prosigue con la etapa S36; de no ser así, el proceso prosigue con la etapa S37.

30 Etapa S36: El enrutador central que recibe el paquete de demanda de retardo, libera el recurso anteriormente reservado para la ráfaga, reserva un nuevo recurso para la ráfaga y genera un nuevo paquete BHP y envía el nuevo paquete BHP al enrutador central flujo abajo.

35 Etapa S37: El enrutador central que recibe el paquete de demanda de retardo, libera el recurso anteriormente reservado para la ráfaga y determina si el tiempo disponible es, o no, suficiente para enviar un paquete de demanda de retardo a su enrutador central flujo arriba adyacente en función del campo de tiempo de desplazamiento incluido en el paquete de demanda de retardo. Si el tiempo disponible es suficiente, el proceso prosigue con la etapa S38; en caso contrario, el proceso prosigue con la etapa S39.

40 Si el tiempo de desplazamiento "T", incluido en el paquete de demanda de retardo, recibido por el enrutador central satisface la fórmula siguiente, el enrutador central que recibe el paquete de demanda de retardo determina que el tiempo es suficiente para enviar el paquete de demanda de retardo a su enrutador central flujo arriba adyacente:

$$T > \frac{L}{V} + t_{pro},$$

45 en donde T es el tiempo de desplazamiento incluido en el paquete de demanda de retardo recibido por el enrutador central, L es la distancia entre el enrutador central actual y su enrutador central flujo arriba adyacente, V es la tasa de envío de la demanda de retardo y t_{pro} es el tiempo requerido para que su enrutador central flujo arriba adyacente reciba una demanda de retardo, reservar un nuevo recurso para la ráfaga a retardar y generar un paquete BHP adecuado.

50 Etapa S38: El enrutador central que recibe el paquete de demanda de retardo, modifica el campo de tiempo de desplazamiento en el paquete de demanda de retardo y envía el paquete de demanda de retardo modificado a su enrutador central flujo arriba adyacente, en donde el campo del tiempo de desplazamiento representa el tiempo de desplazamiento desde la ráfaga correspondiente cuando el paquete de demanda de retardo llega a su enrutador central flujo arriba adyacente. En adelante, el proceso retorna a la etapa S34.

55 Etapa S39: El enrutador central que recibe el paquete de demanda de retardo, rechaza la ráfaga a retardarse a la llegada de esta ráfaga.

60 En correspondencia con el tercer método anterior para retardar la ráfaga, dos tipos de enrutadores centrales se establecen en una forma de realización de la presente invención.

La Figura 7 ilustra una estructura de un segundo enrutador central según una forma de realización de la presente

invención. Este enrutador central incluye:

un módulo de recepción de paquete BHP, adaptado para recibir un BHP;

5 un módulo de recepción de ráfagas, adaptado para recibir una ráfaga desde un enrutador flujo arriba;

un módulo de envío de paquetes de demanda de retardo, adaptado para enviar un paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba y

10 un módulo de determinación, adaptado para: determinar si es necesario enviar, o no, el paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba si el BHP recibido por el módulo de recepción de paquetes BHP indica que las ráfagas correspondientes estarán en conflicto en el puerto de salida; si es necesario enviar el paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba, iniciar operativamente el módulo de envío de demanda de retardo para enviar el paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba o bien, controlar el módulo de
15 recepción de ráfagas para rechazar la ráfaga al recibo de dicha ráfaga.

La Figura 8 ilustra una estructura del tercer enrutador central en una forma de realización de la presente invención. Este enrutador central incluye:

20 un módulo de envío de paquetes BHP, adaptado para enviar un BHP;

un módulo de recepción de demanda de retardo, adaptado para recibir un paquete de demanda de retardo desde el enrutador central flujo abajo;

25 un módulo de reserva de recursos, adaptado para reservar un recurso adecuado para la ráfaga y

un módulo de determinación, adaptado para: determinar si la ráfaga puede retardarse, o no, en función del paquete de demanda de retardo recibido por el módulo de recepción de demandas de retardo; si la ráfaga puede retardarse en función del paquete de demanda de retardo recibido por el módulo de recepción de demandas de retardo, iniciar
30 operativamente el módulo de reserva de recursos para liberar el recurso anteriormente reservado para la ráfaga, reservar un nuevo recurso para ráfaga y generar un nuevo paquete BHP que se envía por el módulo de envío de BHP al enrutador central flujo abajo; de no ser así, liberar el recurso anteriormente reservado para la ráfaga.

35 A través de la tercera forma de realización de la presente invención, después de encontrar que ocurrirá un conflicto de ráfagas en el puerto de salida del enrutador central en un momento futuro, el enrutador central envía una demanda de retardo de ráfaga al enrutador central flujo arriba, demandando al enrutador central flujo arriba que tenga una línea FDL y capacidad de retardo para retardar la ráfaga. Por lo tanto, la línea FDL configurada en la red se lleva a su ejecución completa y se reduce la probabilidad de conflictos de ráfagas.

40 Resulta evidente que los expertos en esta técnica pueden realizar varias modificaciones y variaciones a la presente invención sin desviarse por ello del alcance de protección de la presente invención. La presente invención está prevista para cubrir dichas modificaciones y variaciones, a condición de que caigan dentro del alcance de protección definido por las siguientes reivindicaciones o sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un método para retardar una ráfaga en una red de comunicación óptica, caracterizado por cuanto que comprende:

5 (a) la determinación (S30), por un enrutador central, de una ráfaga que necesita retardarse y de una longitud de retardo apropiada después de la recepción de un Paquete de Cabecera de Ráfaga, BHP, que indica que ráfagas correspondientes entrarán en conflicto en un puerto de salida del enrutador central;

10 (b) el envío (S32) de un paquete de demanda de retardo a un enrutador central flujo arriba en función de la longitud del retardo si el enrutador central determina (S31) que el tiempo disponible es suficiente para enviar el paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba y

15 (c) la liberación (S36) por el enrutador central flujo arriba, que recibe el paquete de demanda de retardo, de un recurso previamente reservado para la ráfaga, si la ráfaga puede retardarse en función del paquete de demanda de retardo, la reserva (S36) de un nuevo recurso para la ráfaga y la generación (S36) de un nuevo paquete BHP y el envío del nuevo BHP al enrutador central flujo abajo.

20 2. El método según la reivindicación 1, que comprende, además:

si el enrutador central que recibe el paquete de demanda de retardo es incapaz de retardar la ráfaga en función del paquete de demanda de retardo, la liberación (S37), por el enrutador central, del recurso previamente reservado para la ráfaga y el envío del paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba en función de la longitud de retardo cuando el enrutador central determina (S37) que el tiempo disponible es suficiente para enviar el paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba y proseguir con la etapa (c).

3. El método según la reivindicación 2, en donde:

30 el paquete de demanda de retardo incluye un campo de tiempo de desplazamiento y el campo de tiempo de desplazamiento representa el tiempo de desplazamiento desde la ráfaga correspondiente cuando el paquete de demanda de retardo llega al enrutador central flujo arriba adyacente.

4. El método según la reivindicación 3, en donde:

35 si el tiempo de desplazamiento "T" incluido en el BHP o el paquete de demanda de retardo recibido por un enrutador central actual satisface la fórmula siguiente, el enrutador central actual determina (S31) que el tiempo disponible es suficiente para enviar el paquete de demanda de retardo el enrutador central flujo arriba:

$$T > \frac{L}{V} + t_{pro}$$

40 en donde T es el tiempo de desplazamiento incluido en el BHP o el paquete de demanda de retardo recibido por el enrutador central actual, L es una distancia entre el enrutador central actual y el enrutador central flujo arriba, V es una velocidad de envío de una demanda de retardo y t_{pro} es el tiempo requerido por el enrutador central flujo arriba para recibir la demanda de retardo, reservar el nuevo recurso para la ráfaga a retardar y generar un paquete BHP adecuado.

5. El método según la reivindicación 3, en donde la etapa (c) comprende:

50 (c1) la determinación (S34), por el enrutador central que recibe el paquete de demanda de retardo, de si una Línea de Retardo de Fibra, FDL, está configurada para el enrutador central; si una línea FDL está configurada para el enrutador central, el proceso prosigue con la etapa (c2); si ninguna línea FDL está configurada para el enrutador central, el proceso prosigue con la etapa (c3);

55 (c2) la determinación (S35), por el enrutador central de si el tiempo disponible es suficiente para retardar la ráfaga en función de un campo de longitud de retardo en el paquete de demanda de retardo; si el enrutador central es capaz de retardar la ráfaga en función de un campo de longitud de retardo en el paquete de demanda de retardo, la liberación (S36) del recurso precedentemente reservado para la ráfaga, la reserva (S36) del nuevo recurso para la ráfaga y la generación (S36) de un nuevo paquete BHP y el envío (S36) del nuevo BHP al enrutador central flujo abajo; si el enrutador central no es capaz de retardar la ráfaga en función de un campo de longitud de retardo en el paquete de demanda de retardo, el proceso prosigue con la etapa (c3) y

60 (c3) la liberación (S37) del recurso precedentemente reservado para la ráfaga y el envío del paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba en función de la longitud de retardo si se determina que el enrutador central está en condiciones de enviar el paquete de demanda de retardo al enrutador central flujo arriba y la prosecución

con la etapa (c1).

6. El método según la reivindicación 1, en donde:

5 si el paquete BHP recibido por el enrutador central indica que ocurrirá un solapamiento de ráfagas en el enlace a protegerse, la determinación, por el enrutador central, de si el solapamiento de las ráfagas alcanza, o no, un umbral de solapamiento establecido para el enlace que se va a proteger por el solapamiento de ráfagas y

10 si el solapamiento de las ráfagas alcanza un umbral de solapamiento establecido para el enlace a protegerse, la determinación de si necesita retardarse la ráfaga, especificando la longitud del retardo para la ráfaga y reservado el recurso para dicha ráfaga;

15 si el solapamiento de las ráfagas no alcanza el umbral de solapamiento establecido para el enlace que se va a proteger, no se realiza ningún procesamiento de retardo para la ráfaga.

7. El método según la reivindicación 6, en donde el enrutador central establece un umbral de solapamiento para el enlace a protegerse en función de la fórmula siguiente:

$$\theta_i = P_i \frac{M}{N}$$

20 en donde θ_i es el umbral de solapamiento establecido para el enrutador central i con miras a la protección del enlace, P_i es la cantidad de pistas que pasan a través del enrutador central i y el enlace a proteger, M es una cantidad total de canales de datos del enlace a proteger y N es una cantidad total de pistas que pasan por el conmutador central y pasan a través del enlace a proteger.

8. El método según la reivindicación 6, en donde:

el enrutador central establece un umbral de solapamiento para el enlace a proteger en función de la fórmula siguiente:

$$\theta_i = \frac{M\rho_i}{\sum_{k=1}^N \rho_k}$$

en donde θ_i es el umbral de solapamiento establecido para el enrutador central i con miras a la protección del enlace, M es una cantidad total de canales de datos del enlace a proteger, ρ_i es un valor previsto de tráfico que pasa

35 por el enrutador central i y el enlace a proteger en una determinada ventana temporal y $\sum_{k=1}^N \rho_k$ es un valor previsto del tráfico total que pasa por el enrutador central y que atraviesa el enlace a proteger dentro de la ventana temporal.

9. El método según la reivindicación 8, en donde:

40 el enrutador central i establece estadísticas del tráfico que pasa por el enrutador central i y el enlace a proteger dentro de una ventana temporal actual y utiliza un valor estadístico como valor previsto del tráfico que atraviesa el enrutador central i y el enlace a proteger dentro de la ventana temporal siguiente.

10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en donde:

45 el enrutador central está configurado con una Línea de Retardo de Fibra, FDL.

50 11. Una red de conmutación de ráfaga óptica, OBS, que comprende un primer enrutador central y un segundo enrutador, en donde el primer enrutador central es el enrutador central flujo arriba del primer enrutador central, en donde:

el segundo enrutador central comprende:

55 un módulo de recepción de paquete de cabecera de ráfaga, BHP, adaptado para la recepción (S10) de un paquete BHP;

un módulo de recepción de ráfaga, adaptado para recibir una ráfaga;

ES 2 458 143 T3

un módulo de envío de demanda de retardo, adaptado para enviar (S32) un paquete de demanda de retardo a un enrutador central flujo arriba y

5 un módulo de determinación, adaptado para determinar si es necesario, o no, enviar el paquete de demanda de retardo al primer enrutador central si el paquete BHP, que se envía desde el primer enrutador central, recibido por el módulo de recepción de BHP indica que las ráfagas correspondientes entrarán en conflicto en un puerto de salida; si es necesario enviar el paquete de demanda de retardo al primer enrutador central, el módulo de determinación está adaptado para iniciar operativamente el módulo de envío de demanda de retardo para enviar (S32) el paquete de demanda de retardo al primer enrutador central o bien, el módulo de determinación está adaptado para controlar el
10 módulo de recepción de ráfaga para rechazar (S33) la ráfaga a la recepción de la ráfaga y

el primer enrutador central comprende:

15 un módulo de envío de Paquete de Cabecera de Ráfaga, BHP, adaptado para enviar (S36) un paquete BHP;

un módulo de recepción de demanda de retardo, adaptado para recibir (S34) un paquete de demanda de retardo desde un enrutador central flujo abajo;

20 un módulo de reserva de recursos, adaptado para reservar (S36) un recurso para una ráfaga y

un módulo de determinación, adaptado para: determinar (S34, S35) si la ráfaga puede retardarse en función del paquete de demanda de retardo, que se envía desde el segundo enrutador central, recibido por el módulo de recepción de demanda de retardo; si la ráfaga puede retardarse en función del paquete de demanda de retardo recibido por el módulo de recepción de demanda de retardo, el módulo de determinación está adaptado iniciar operativamente el módulo de reserva de recursos para liberar (S36) el recurso anteriormente reservado para la ráfaga, para reservar (S36) un nuevo recurso para la ráfaga y para generar (S36) un nuevo paquete BHP que se envía por el módulo de envío de BHP al segundo enrutador central; si la ráfaga no se puede retardar en función del paquete de demanda de retardo recibido por el módulo de recepción de demanda de retardo, el módulo de determinación está adaptado para liberar (S37) los recursos anteriormente reservados para la ráfaga.
25
30

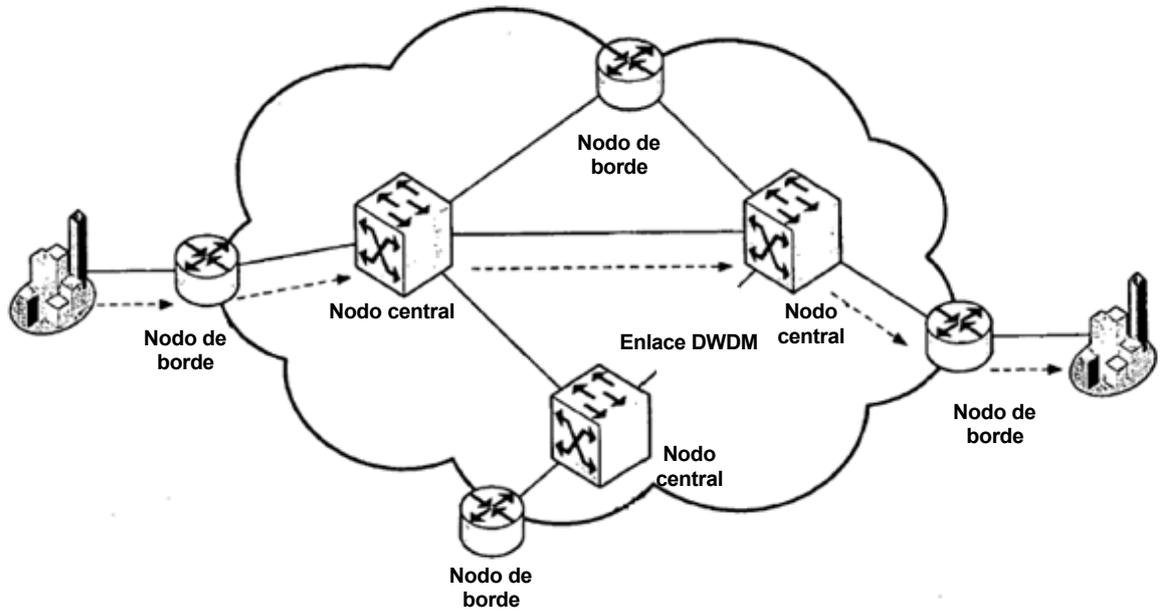
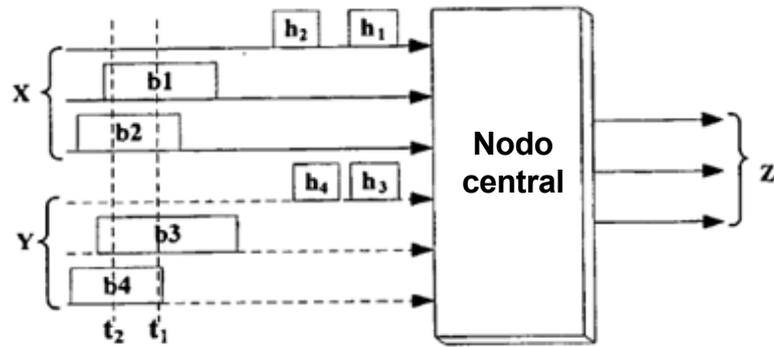
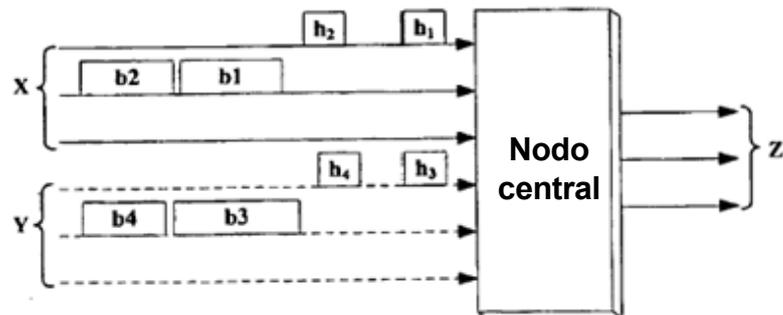


Figura 1



□ a □



□ b □

Figura 2

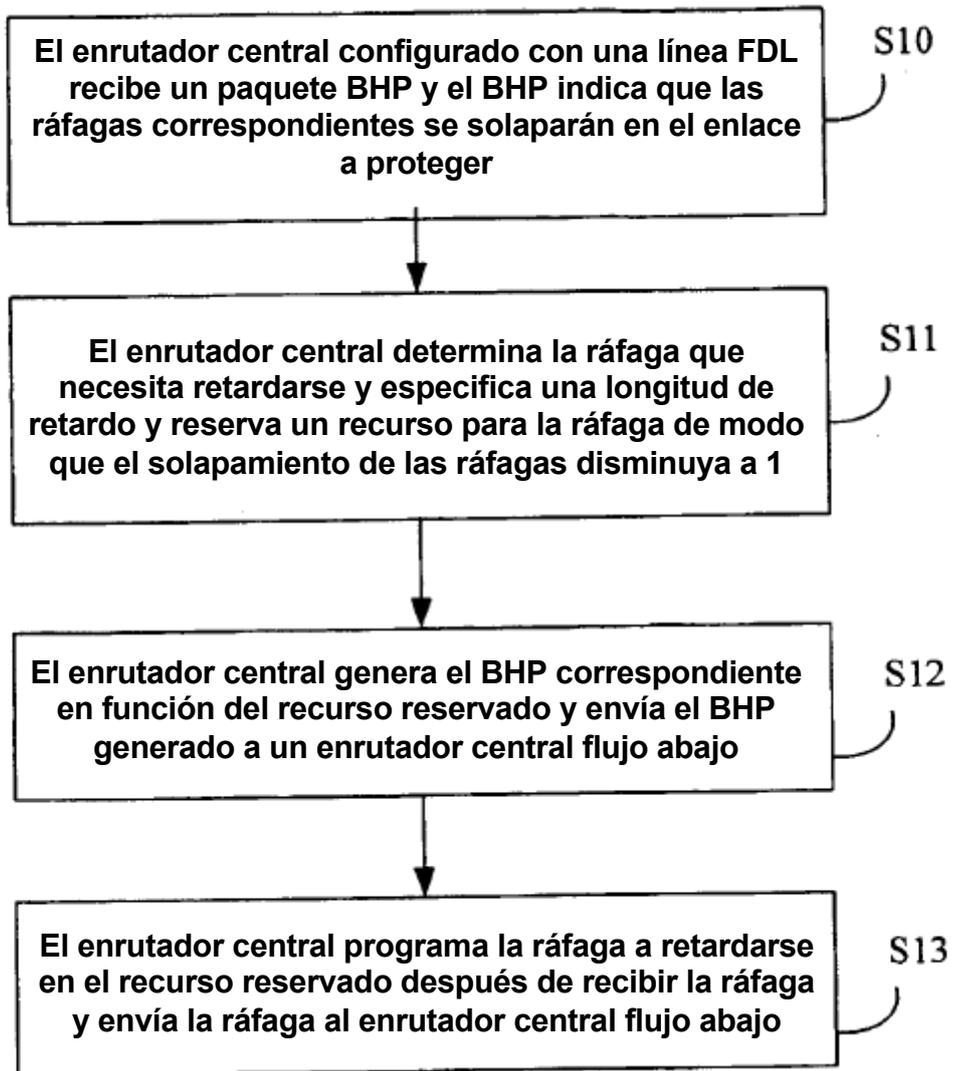


Figura 3

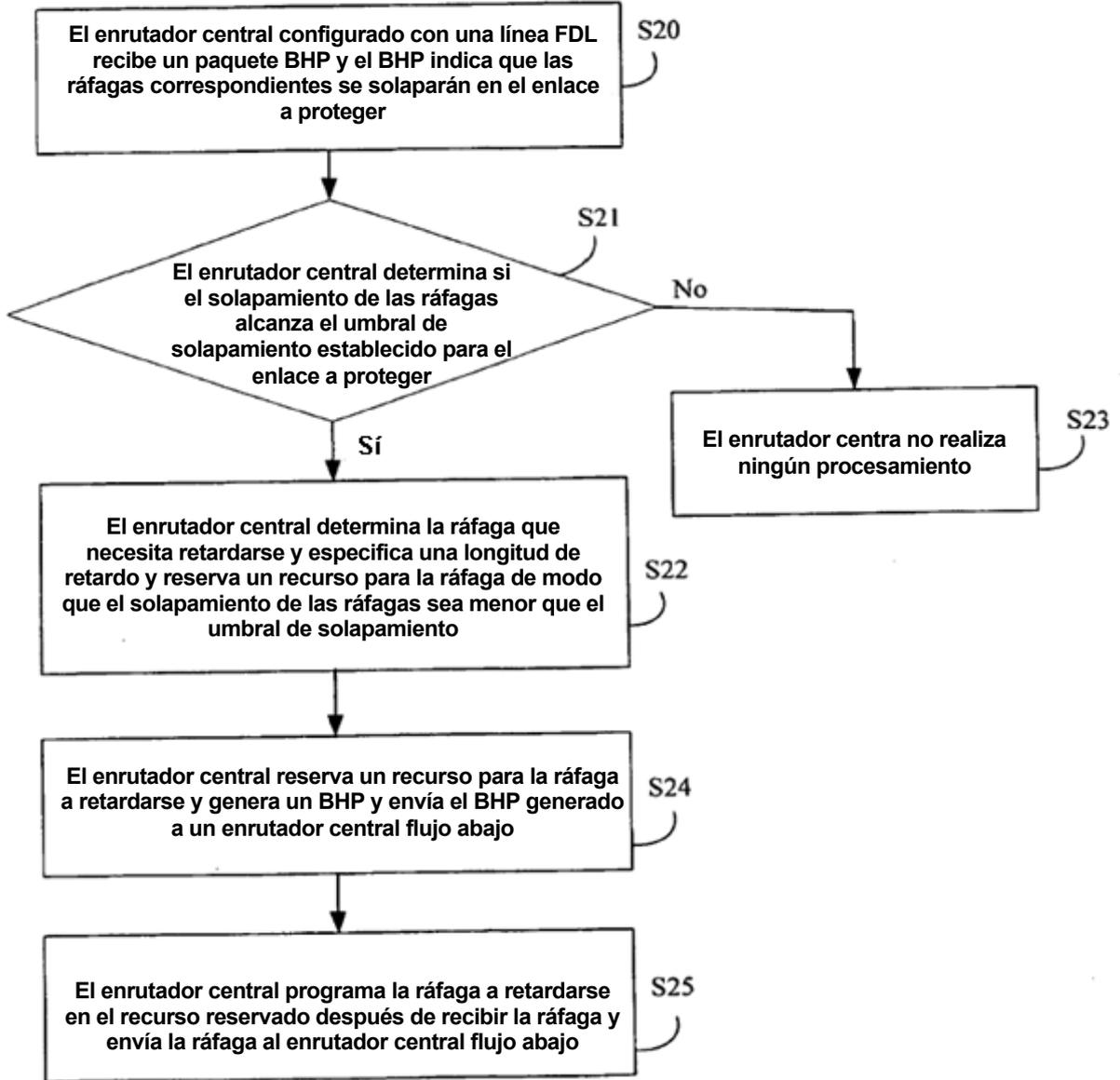


Figura 4



Figura 5

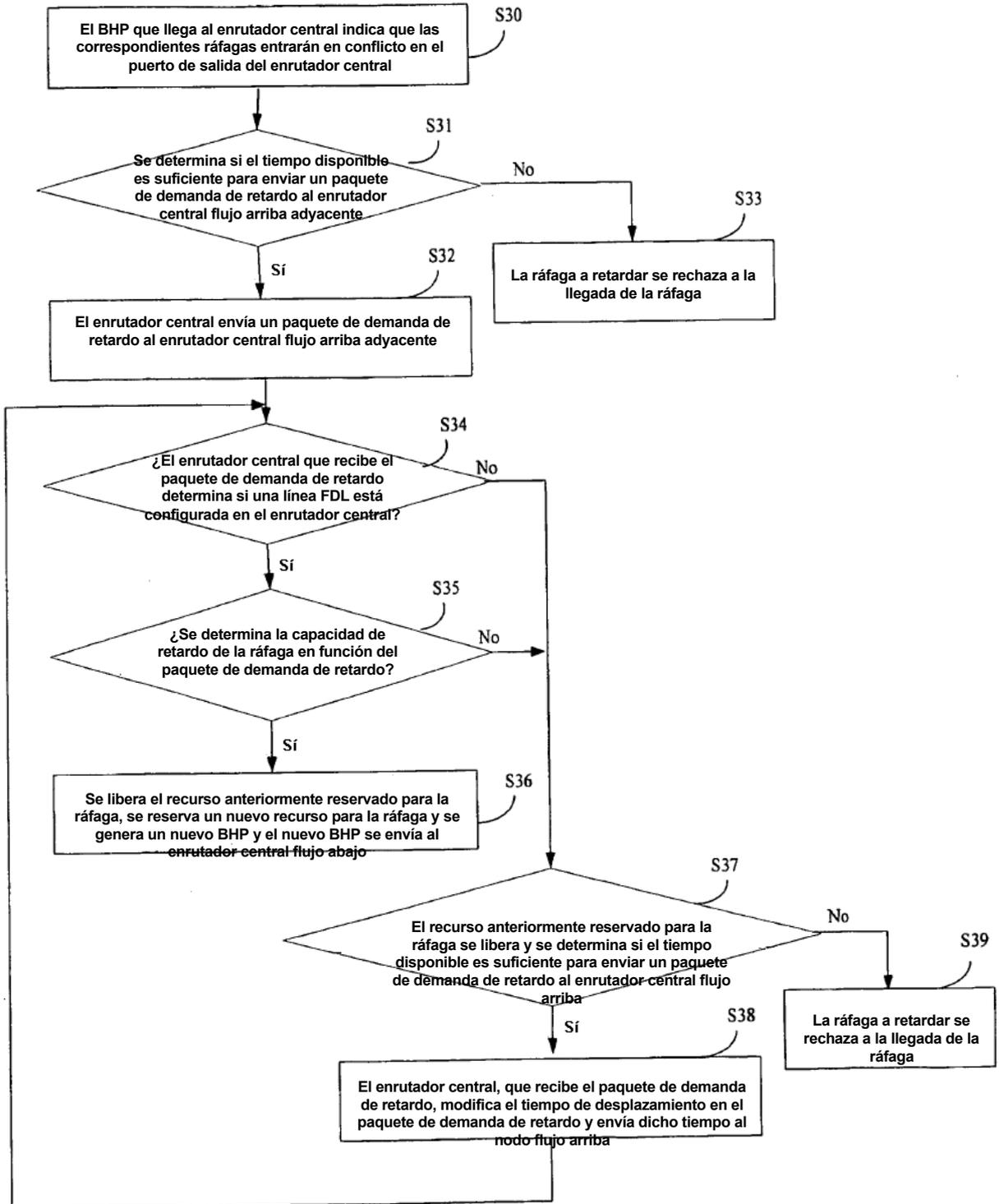


Figura 6

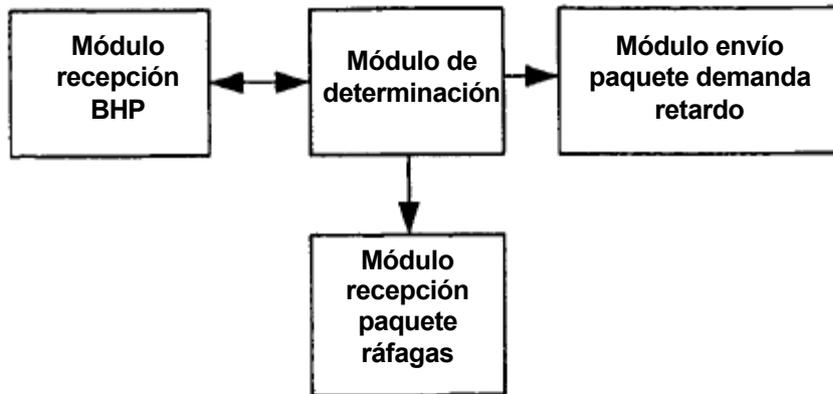


Figura 7

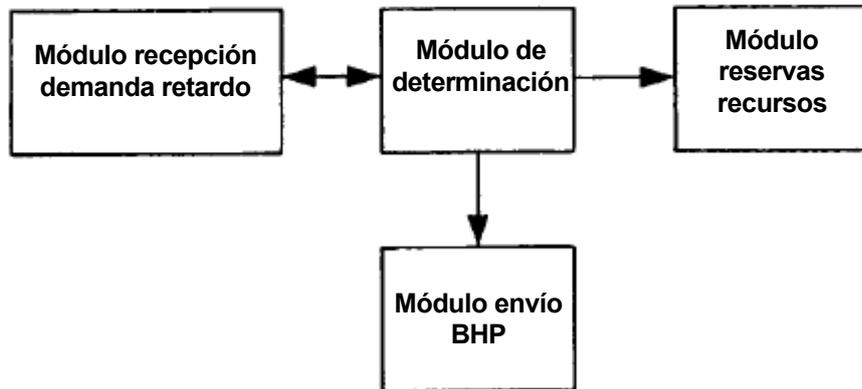


Figura 8