



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 297 129**

51 Int. Cl.:
H04J 3/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03708148 .6**

86 Fecha de presentación : **27.02.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1486017**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **15.12.2004**

54 Título: **Procedimiento para optimizar la banda ocupada por una pluralidad de flujos de datos por circuitos.**

30 Prioridad: **15.03.2002 IT TO02A0226**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

73 Titular/es: **Telecom Italia S.p.A.**
Piazza degli Affari 2
20123 Milano, IT

72 Inventor/es: **Allasia, Andrea;**
Giancola, Andrea;
Vaccarone, Gianluca y
Ferraris, Giuseppe

74 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 297 129 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

Procedimiento para optimizar la banda ocupada por una pluralidad de flujos de datos por circuitos.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a redes de transporte que son portadoras de flujos de datos por circuitos, del tipo síncrono y asíncrono, y que utilizan un multiplexado o bien en el espacio, o bien en el tiempo, o bien en frecuencia o bien en longitud de onda, y se refiere específicamente a un procedimiento para ordenar flujos de datos por circuitos en una subred.

Antecedentes de la técnica

Tal como es sabido, en las redes de transporte TDM (Multiplexado por División en el Tiempo) los datos se transmiten en ventanas de tiempo o conjuntos de intervalos (denominados "intervalos de tiempo") cuya longitud es fija, conteniendo cada uno de ellos uno o más flujos de datos por circuitos, definidos por el protocolo implementado. Las redes de este tipo incluyen, por ejemplo, redes SDH (Jerarquía Digital Síncrona) ó SONET (Red Óptica Síncrona). Así, en este caso el término "intervalo" significa "franja de tiempo".

En las redes WDM (Multiplexado por División de Longitud de Onda), los datos se transmiten sobre longitudes de onda diferentes λ , las cuales sustituyen al multiplexado de intervalos de tiempo y a las que consecuentemente se les puede denominar "intervalos λ ". De forma similar, se pueden implementar redes SDM (Multiplexado por División Espacial) ó FDM (Multiplexado por División de Frecuencia), en cuyo caso el concepto de intervalo se asocia a franjas de espacio o de frecuencias. Específicamente, la tecnología FDM se implementó hace tiempo antes de que se desarrollara la tecnología TDM.

La invención hace referencia a todos los tipos de redes que se basan en el concepto de intervalo antes descrito. En la descripción que se ofrece a continuación se hará referencia a redes TDM (SDH y SONET) y WDM considerando su popularidad actual.

Desde un punto de vista técnico, los intervalos de tiempo en las redes SDH y SONET y los intervalos λ en las redes WDM se pueden considerar equivalentes. Ambos son "contenedores" en los cuales se transmiten datos, con independencia de la implementación física concreta de la red.

Cada red de transporte, SDH, SONET ó WDM, puede comprender varias subredes, por ejemplo, redes en anillo o subredes en malla, que utilicen todas ellas el mismo protocolo de transmisión.

Cuando se crea y establece un conjunto de flujos de datos por circuitos que va a ser vendido a un cliente, para ponerlo en funcionamiento, los intervalos que forman la subred (intervalos de tiempo para la SDH ó la SONET, intervalos λ para la WDM) se asignan a cada uno de los circuitos según la situación de la red en ese momento; la situación queda determinada aleatoriamente por las solicitudes entrantes (según los criterios típicos del operador de la red). En general, la finalidad es optimizar la banda ocupada total para minimizar las inversiones en la implementación de la red. Con este fin se han desarrollado algoritmos de cálculo para optimizar la carga de la subred y reducir la ocupación de la banda. Para hacer funcionar estos algoritmos teóricos, la demanda de tráfico del cual va a ser portadora la red se debe definir completamente por adelantado, lo cual en la práctica es imposible.

Por ejemplo, en la publicación de HU-GON KIM, DONG-WAN TCHA, *Optimal Load Balancing on Sonet Bidirectional Rings*, Universidad de Dankook, julio de 1996, se describe un algoritmo de optimización del encaminamiento para subredes en anillo SONET/SDH.

El algoritmo descrito en esta publicación resulta muy útil para calcular la distribución óptima de flujos dada una demanda conocida, por ejemplo, para programar una nueva subred en anillo. Por otro lado, el mayor problema que se afronta cuando se optimiza una subred que ya está operativa en términos de banda ocupada, es cómo cambiar la configuración de los circuitos para implementar la configuración optimizada sin interrumpir el servicio, de manera que los clientes perciban unos efectos mínimos.

En una subred que ha estado funcionando durante algún tiempo, con frecuencia los flujos están desordenados y son irregulares debido a los cambios de asignación de flujo que se producen inevitablemente en el transcurso del tiempo. Por ejemplo, cuando se despejan los recursos asignados a un cliente tras la cancelación de los contratos, los flujos asignados se liberan y en el mapa de asignación de intervalos se forman "huecos". Frecuentemente, estos huecos se utilizan para flujos más pequeños y se crean huecos todavía de menor tamaño, los cuales resultan todavía más difíciles de utilizar en el futuro. Este efecto en el medio plazo empeora progresivamente la relación entre la banda ocupada de forma efectiva por datos en la subred y la banda disponible total de la subred, consiguiendo que la configuración de flujos nuevos en la subred resulte efectivamente imposible.

Se conocen también procedimientos para la reasignación temporal o definitiva de intervalos de tiempo en una red TDM, por ejemplo, el procedimiento ilustrado en el documento WO 97/36402.

A pesar de hacer referencia a una red conmutada, esta patente describe un procedimiento para trasladar uno o más intervalos de tiempo desde un nodo primario a un nodo temporal y a continuación reasignar los intervalos de tiempo de nuevo al nodo primario. Este procedimiento se usa para tratar la solicitud inesperada de recursos en el nodo primario por parte de uno o más clientes y se usa para asignar temporalmente algunos intervalos de tiempo a un nodo secundario adyacente. El documento muestra cómo es posible tratar la asignación de intervalos de tiempo, trasladándolos e intercambiándolos, sin incurrir en una interrupción excesiva para los clientes.

El objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento para afrontar el problema de cómo optimizar la banda ocupada por una pluralidad de flujos de datos por circuitos en una subred de transporte al mismo tiempo que manteniendo el funcionamiento de la red y provocando la menor interrupción posible en los clientes para cada uno de los flujos individuales.

Este y otros objetivos se alcanzan por medio de un procedimiento de optimización y un dispositivo de gestión correspondiente según se ilustra en las reivindicaciones adjuntas.

Resumen de la invención

De forma ventajosa, según la invención, se aplica un procedimiento de ordenación de flujos para reducir la banda ocupada y liberar una pluralidad de intervalos de tiempo, los cuales de otro modo estarían ocupados, para clientes nuevos.

De esta manera, cuando una subred está aparentemente saturada debido a que no hay espacio para asignar un flujo de datos nuevo, se puede aplicar el procedimiento descrito en el presente documento para optimizar la banda ocupada por los flujos en curso y posiblemente ordenar la subred para crear espacio para los flujos nuevos. El resultado es un procedimiento para optimizar la banda utilizada por los flujos configurados en la subred el cual preserva las cualidades teóricas de un algoritmo de encaminamiento óptimo combinando la posibilidad de minimizar el número de operaciones requeridas para alcanzar esta condición.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán características y ventajas adicionales de la invención en su forma de realización preferida, únicamente a título de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 es un diagrama lógico de una subred de transporte en anillo;

la figura 2a es una tabla que ilustra esquemáticamente una situación inicial (no optimizada) de los flujos en una subred en anillo;

la figura 2b es una tabla que ilustra esquemáticamente la distribución teórica de flujos en la subred en anillo de la figura 2a, después de aplicar un algoritmo de encaminamiento teórico;

la figura 2c es una tabla que ilustra esquemáticamente la distribución final de flujos en la subred en anillo de la figura 2a, después de aplicar un procedimiento de ordenación según la invención;

las figuras 3, 4 y 5 ilustran esquemáticamente cómo se aplica el procedimiento de ordenación según la invención, por ejemplo, en una subred simplificada; y

la figura 6 ilustra algunas etapas del procedimiento de ordenación referido al ejemplo de la subred simplificada mostrado en la figura 3.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La siguiente descripción detallada ilustra un procedimiento de ordenación de flujos en una subred en anillo de una red de transporte, que es portadora de flujos de datos por circuitos. La subred se muestra esquemáticamente como un conjunto de intervalos (los cuales son franjas de tiempo, espaciales, frecuenciales o de longitudes de onda entre pares de emplazamientos enlazados). Específicamente, el procedimiento ilustrado se puede aplicar para ordenar redes de tipo SDH/SONET (Multiplexado por División en el Tiempo) y redes de tipo WDM (Multiplexado por División de Frecuencia). El término “intervalo” se usará para indicar “intervalos de tiempo” en el caso de las redes SDH/SONET, e “intervalos λ ” en el caso de las redes WDM.

De forma similar, la invención se puede aplicar a redes en las cuales el multiplexado de los flujos de datos se obtiene a través bien de una división espacial (SDM, Multiplexado por División Espacial) o bien una división de frecuencia (FDM, Multiplexado por División en Frecuencia), en cuyo caso el término “intervalo” estará asociado, respectivamente, a franjas espaciales y de frecuencias.

La subred en anillo puede implementar una tecnología MS-SPRing (OMS-SPRing para redes WDM). El procedimiento se puede aplicar en general a cualquier subred la cual puede presentar también una estructura que no sea en anillo (por ejemplo, topología en malla o mixtas en anillo y malla); los flujos pueden estar o no protegidos.

Haciendo referencia a la figura 1, uno de los ejemplos de subred en la cual se puede aplicar la invención es un anillo que consta esencialmente de seis nodos situados geográficamente en seis ubicaciones diferentes denominadas X1, X2, X3, X4, X5, X6 en la figura, conectados recíprocamente mediante fibras ópticas u otro medio de transmisión 9.

El diagrama lógico del anillo mostrado en la figura 1 consta de una matriz de intervalos (como la mostrada en las figuras 2a, 2b y 2c) en la que las filas indican intervalos multiplexados (por ejemplo, del 1 al 16) según el protocolo de transmisión específico y las columnas 6 indican los intervalos con el mismo índice de transmisión que se puede aprovechar para configurar los circuitos (conjuntos de intervalos con el mismo código numérico) entre las diversas ubicaciones a las que llega el anillo.

Los flujos se identifican dentro de la tabla por medio de un índice de referencia, es decir, un número escrito dentro de cada una de las casillas asignadas a un cierto flujo. Por ejemplo, las casillas 7a y 7b se asignan al flujo 9 el cual ocupa el conjunto de intervalos 9 en las secciones X6-X1 y X1-X2, mientras las casillas 8a y 8b se asignan al flujo 15 el cual ocupa el conjunto de intervalos 16 en las secciones X1-X2 y X2-X3.

Se pone inmediatamente de manifiesto que los flujos de la red en anillo de la figura 2a están distribuidos de forma desordenada y ocupan parcialmente la totalidad de los dieciséis conjuntos de intervalos 6. Los dieciséis conjuntos de intervalos ocupados por los flujos forman un total de $16 \cdot 6 = 96$ intervalos disponibles, de entre los cuales hasta 44 permanecen "libres" entre los flujos (casillas en blanco de la tabla). Esto significa que a pesar de quedar comprometido el funcionamiento de todos ellos, únicamente el 54% de los intervalos 6 del anillo está realmente ocupado; por esta razón, el uso de la subred no resulta muy eficaz y puede que la colocación de flujos nuevos en el anillo resulte difícil, cuando no imposible.

Se puede reducir la banda ocupada por los flujos asignados en ese momento, y se puede liberar totalmente un cierto número de conjuntos de intervalos, tal como se ilustra de forma detallada posteriormente, aplicando un procedimiento de ordenación de flujos a los conjuntos de intervalos en las condiciones iniciales de la subred según se muestra en la figura 2a.

El procedimiento de ordenación de flujos se basa esencialmente en la siguiente secuencia de operaciones:

- Se calcula el encaminamiento óptimo teórico de los flujos con el objetivo de minimizar los "huecos" (proceso de optimización de las bandas) para obtener la configuración ilustrada, por ejemplo, en la figura 2b, a partir de datos de llenado instantáneos de una subred en anillo. Para obtener este resultado se usa un algoritmo de optimización teórico para optimizar el tráfico en unas condiciones de demanda conocidas, por ejemplo, el algoritmo descrito en la publicación antes mencionada de GON KIM, GONG-WAN TCHA, *Optimal Load Balancing on Sonet Bidirectional Rings*, Universidad de Dankook, julio de 1996;
- Se comparan los datos originales y la condición teórica calculada en la etapa anterior para definir una secuencia de transición óptima y obtener una condición final óptima con la restricción de minimizar el número de variaciones de las posiciones de los flujos.

El procedimiento del presente documento determina una secuencia de traslaciones la cual minimiza el uso de conjuntos de intervalos externos al anillo y reduce, cuando es posible, el número de traslaciones de cada flujo.

Por ejemplo, no surgiría ningún problema si el conjunto de intervalos de destino de un flujo individual, denominado, por ejemplo, A, estuviera libre; por otro lado, si el intervalo de destino estuviera comprometido también solamente de forma parcial por otro flujo, denominado B, B se debería trasladar antes que A y así sucesivamente. Se puede formar un orden explorando los flujos del anillo. El proceso de traslación puede avanzar sin interrupciones, un flujo cada vez, respetando el orden.

Solamente será necesario trasladar temporalmente un intervalo a un conjunto de intervalos de reserva (interno o externo al anillo), cuando el orden se convierta en un bucle, por ejemplo, $A > B > C > A$; se trasladará la totalidad del resto de flujos y finalmente el flujo trasladado al intervalo de reserva se moverá nuevamente a su destino.

Un conjunto de intervalos de reserva puede ser un conjunto de intervalos libres en la misma subred o un conjunto de intervalos ubicados en diferentes sistemas que compartan la misma infraestructura, cable o emplazamiento de instalación. Durante esta fase, puede que sea necesario reencaminar temporalmente uno o más flujos fuera de la subred y trasladarlos de nuevo al interior del anillo. No obstante, resulta más rentable ordenar los flujos en el anillo sin traslaciones temporales a otros anillos o alternativamente minimizando dichas traslaciones.

A continuación se analizará el procedimiento de ordenación paso a paso.

La primera etapa del procedimiento consiste en calcular una configuración teórica óptima de los flujos para la banda ocupada por medio del algoritmo de encaminamiento óptimo teórico de los flujos. Esta configuración se ilustra en la figura 2b, la cual muestra claramente que todos los flujos asignados previamente en el anillo se han "compactado" en los primeros nueve conjuntos de intervalos de la subred, y los últimos siete están totalmente libres. El criterio de

ES 2 297 129 T3

encaminamiento se cambió para algunos flujos, por ejemplo, el flujo 1 y el flujo 10, desde el mínimo al complementario o viceversa, de manera que ocupasen algunos intervalos los cuales de otro modo no se podrían haber utilizado.

Los nueve conjuntos de intervalos ocupados por los flujos contienen un total de $9 \cdot 6 = 54$ intervalos, de los cuales únicamente 8 están “libres” entre los flujos (casillas en blanco de la tabla). Esto significa que hasta el 85% de los intervalos están realmente ocupados.

La segunda etapa consiste en intercambiar los conjuntos de intervalos de la configuración teórica de flujos mostrada en la figura 2b y calculada en la etapa anterior para obtener una disposición nueva del conjunto de intervalos en la cual se maximiza el número de flujos y cuya posición se corresponde con la posición adoptada por los flujos en la configuración inicial de la figura 2a. El resultado de estos intercambios se ilustra en la tabla de la figura 2c y es además el objetivo final del procedimiento de ordenación.

La configuración mostrada en la figura 2c es equivalente, por lo que a la banda ocupada respecta, a la configuración de la figura 2b. Los flujos están distribuidos sobre 9 conjuntos de intervalos que contienen un total de $9 \cdot 6 = 54$ intervalos. También en este caso, únicamente 8 intervalos permanecen “libres” entre los flujos (casillas en blanco de la tabla) y el 85% de los intervalos está ocupado realmente por los flujos.

Para entender mejor las etapas del procedimiento de ordenación, a continuación se considerará una subred muy simplificada (por ejemplo, ilustrada en la figura 3). La tabla de la figura 3 contiene cinco filas, correspondientes por ejemplo a las cinco secciones de un anillo, y seis columnas correspondientes a seis conjuntos de intervalos. Este ejemplo se proporciona únicamente para ilustrar cómo se intercambian los conjuntos de intervalos y se trasladan los flujos.

A continuación se supondrá que la configuración ilustrada en la figura 4 se obtiene aplicando un algoritmo de encaminamiento óptimo teórico de los flujos, correspondiente a la primera etapa del procedimiento.

La configuración mostrada en la figura 5, en la que todos los conjuntos de intervalos de la tabla de la figura 4 se han intercambiado según un conjunto de reglas que se describirán posteriormente, se obtiene aplicando la segunda etapa.

Específicamente, la segunda etapa consta de las siguientes fases:

- a) Se crea una primera tabla en la cual cada fila muestra, para cada flujo cuya posición difiera con respecto a la configuración teórica inicial de los flujos, un índice de referencia asociado a dicho flujo y un par de valores que indica, respectivamente, el conjunto de intervalos de origen y el conjunto de intervalos de destino.

Por ejemplo, para el flujo F, en una primera fila de la tabla se escribirá la cadena “F (5,1)”, lo cual significa que el flujo F tiene el conjunto de intervalos cinco como origen (figura 3), y el conjunto de intervalos 1 como destino (figura 4). Para el flujo D se usará la cadena “D (1,2)”, y así sucesivamente para la totalidad del resto de flujos cuya posición cambie.

- b) Se crea una lista que muestra todos los pares de valores presentes por lo menos una vez en dicha primera tabla, se ordenan (en orden decreciente) dichos pares de valores según el número de veces que aparece cada par en dicha primera tabla.

En el camino se harán visibles las traslaciones más frecuentes.

- c) Se intercambian los conjuntos de intervalos correspondientes a los valores indicados por el primer par de dicha lista comenzando por la parte superior y se elimina el primer par y la totalidad del resto de pares de la lista en los cuales aparece bien uno o bien el otro de los valores contenidos en el primer par.

- d) Se repite la etapa c) hasta que se han acabado todos los pares de la lista.

Se intercambian las etapas de los intervalos durante estas dos últimas fases comenzando con las correspondientes a las traslaciones más frecuentes.

La tercera etapa del procedimiento consiste en definir y realizar una secuencia de traslaciones mínima en relación con los flujos individuales necesarios para trasladar cada flujo individual desde una posición inicial ocupada en la configuración inicial de los flujos (figura 3) a una posición final (figura 5) correspondiente a la posición mostrada por el flujo en la disposición óptima de los conjuntos de intervalos. Las operaciones realizadas en esta tercera etapa, en relación con el caso simplificado ilustrado en las figuras 4 a 6, se resumen en la figura 6 a la cual se hace referencia posteriormente.

Para implementar la tercera etapa son necesarias las siguientes operaciones:

- e) Se crea una segunda tabla que muestra la interdependencia de los flujos.

Ver tabla 10a de la figura 6.

ES 2 297 129 T3

- f) Se selecciona un primer flujo de entre aquellos que deben ser trasladados.

Se tomará el flujo A como ejemplo.

- g) Se añade un número de filas igual al número de flujos que ocupan la posición final de dicho flujo (también parcialmente) en la tabla 10a para el flujo seleccionado A y se escribe un par de índices de referencia en cada una de las filas indicando, respectivamente, el flujo seleccionado y el flujo que ocupa la posición final, o, si dicha posición final está libre, un par de índices de referencia en los cuales el primer índice indica el flujo seleccionado y el segundo índice muestra convencionalmente que la posición final está libre. En el ejemplo mostrado, considerando inicialmente, por ejemplo, el flujo A, el par (A, C) se ha escrito en la tabla ya que el flujo A se debe mover antes que el flujo C.

- h) Se repite la etapa g) de forma recursiva seleccionando uno a uno los flujos que ocupan la posición final del flujo seleccionado previamente hasta que dicha posición final está bien libre o bien ocupada por un flujo seleccionado previamente. De este modo en la tabla 10a se escribe el par (C, B) indicando que el flujo C requiere la precedencia del flujo B y finalmente (B, A) ya que el flujo B requiere la precedencia del flujo A.

- i) Se comprueba en la segunda tabla la presencia de dependencia circular entre dos o más flujos; si existe dicha presencia, se comienza a trasladar uno de los flujos de la dependencia circular sobre un conjunto de intervalos de reserva libre y, para todos los pares de la segunda tabla que tienen como valor indicativo de la posición final del flujo el índice de los flujos trasladados, se sustituye el índice por un valor que indica convencionalmente que la posición final está libre, por ejemplo, 0 (cero).

En la tabla 10a hay presencia de una dependencia circular (A, C) - (C, B) - (B, A). Consecuentemente, el flujo A se traslada a un conjunto de intervalos de reserva (esta operación se indica mediante la referencia 20a de la figura 6) y se actualiza la tabla 10a. El resultado es la tabla 10b en la cual el flujo A se sustituye por 0 que indica convencionalmente que la posición final del flujo B está en este momento libre.

- j) Se buscan, en la segunda tabla, pares cuyo índice se corresponde con el valor convencional (cero) que muestra que la posición final está libre y se prosigue, para cada uno de los pares, con el traslado del flujo correspondiente hacia la posición final correspondiente y con la eliminación de la fila correspondiente a dicho par de la tabla; para todos los pares de la segunda tabla cuyo valor de identificación del flujo de la posición final se corresponde con el índice de identificación de dicho flujo trasladado, se sustituye dicho índice por un valor 0 que indica convencionalmente que la posición final está libre.

De este modo se lleva a cabo la operación indicada mediante la referencia 20b en la figura 6, trasladando el flujo B del intervalo de tiempo 3 al intervalo de tiempo 1 y actualizando la tabla mediante la eliminación de la fila (B, 0) y cambiando el par (C, B) a (C, 0), ver tabla 10c.

- k) Se repiten las etapas i) y j) hasta que dicha segunda tabla esté vacía.

Esta operación supone la traslación del flujo C desde el intervalo de tiempo 5 al intervalo de tiempo 3, ver operación 20c en la figura 6, la actualización de la tabla eliminando la fila (C, 0) y el cambio del par (A, C) al (A, 0), ver tabla 10d, y finalmente la traslación del flujo A desde el intervalo de tiempo de reserva a la posición final, es decir, el intervalo de tiempo 5, operación 20d.

Llegado este momento, la tabla de ordenación 10e estará vacía y puede comenzar la siguiente operación.

- l) Se selecciona un flujo nuevo de entre los correspondientes que se deben trasladar y se repite la etapa g) y las siguientes etapas.

En este momento del procedimiento, en el ejemplo simplificado, se han trasladado todos los flujos y se ha alcanzado la configuración final mostrada en la figura 5.

Es importante indicar que el procedimiento de ordenación descrito anteriormente en referencia a una subred en anillo debe seguir una evaluación preliminar de datos proporcionados en la documentación. La evaluación se debe repetir utilizando los datos puntuales proporcionados por el gestor de la red responsable de las conexiones cruzadas físicas para la implementación.

La determinación de si es posible ordenar físicamente los flujos y consecuentemente planificar la secuencia de transmisión para minimizar el número será únicamente posible siguiendo esta nueva evaluación.

En términos operativos, el procedimiento de ordenación se implementa mediante un dispositivo para la gestión centralizada de la red de transporte que soporta e interacciona íntimamente con el gestor de la red tal como se explica posteriormente haciendo referencia especialmente a una subred en anillo que implementa la tecnología MS-SPRing.

En el caso de una subred en anillo que implemente la tecnología MS-SPRing, el procedimiento descrito anteriormente se puede implementar, por ejemplo, superponiendo una protección SNCP que utilice algunos de los intervalos de tiempo liberados anteriormente.

5 Este procedimiento implica el encaminamiento de ramas de protección SNCP sobre intervalos de tiempo libres del anillo. Consecuentemente, puede que sea necesario liberar preventivamente dos o tres intervalos de tiempo antes de iniciar el procedimiento. Además, antes de iniciar el procedimiento, no debe haber alarmas en el anillo que provoquen la conmutación de la protección MS-SPRing.

10 A continuación se enumeran las etapas necesarias para implementar el procedimiento:

- 1) Se encamina y se activa una rama de protección SNCP de los flujos según se muestra en el procedimiento de migración mediante el gestor de la red.
- 15 2) Se anula el cambio de protección SNCP por medio del sistema de gestión.
- 3) Se desactiva la rama de protección de los flujos y se elimina el encaminamiento.

La rama de protección SNCP se encamina hacia las mismas secciones multiplexadas de la rama de trabajo aunque sobre un AU4 (Nivel de Unidad Administrativa 4) diferente.

Adicionalmente, estas operaciones se deben llevar a cabo sobre todos los flujos del anillo implicados en el algoritmo de ordenación previo (las mismas se pueden ejecutar varias veces sobre el mismo flujo).

25 El procedimiento requiere entre 25 y 40 traslaciones en un anillo completamente cargado. La protección MS-SPRing puede estar preparada durante toda la migración (la fiabilidad de los flujos no se ve afectada).

Para llevar a cabo la secuencia de cambio se deben liberar por lo menos entre 2 y 3 intervalos de tiempo en la herramienta completa. Consecuentemente, o bien el procedimiento de ordenación se lleva a cabo antes de finalizar el anillo o bien algunos flujos se trasladan temporalmente.

El ahorro resultante de la banda se encuentra en el intervalo del 20% de la estructura instalada. Los resultados puntuales de los casos tenidos en cuenta durante las fases experimentales muestran que se pueden obtener picos del 40% según el tipo de tráfico que se produzca en el anillo (tráfico sobre directrices, equilibrado, diagonal, no equilibrado).

Para aplicar el procedimiento según la configuración real de los flujos en el anillo es necesario un “diseño” puntual de la operación de ordenación; esta opción protege el nivel de calidad/fiabilidad de los flujos afectados por la operación de ordenación.

El procedimiento según la presente invención se puede implementar en forma de un programa de ordenador que comprenda medios de código de programa de ordenador adaptados para ser ejecutados en un ordenador. Una de las formas de realización de dicho programa de ordenador se puede materializar en un soporte legible por ordenador.

45 **Referencias citadas en la descripción**

La lista de referencias citadas por el Solicitante está únicamente para comodidad del lector. No forma parte del documento de la Patente Europea. A pesar del gran cuidado que se ha llevado en recopilar las referencias, los errores y las omisiones no pueden ser excluidos y la Oficina de Patentes Europeas niega toda responsabilidad en esta consideración.

Documentos de la patente citados en la descripción

- 55 • WO 9736402 A [0011]

Literatura de no patente citadas en la descripción

- 60 • **HU-GON KIM; DONG-WAN TCHA.** Optimal Load Balancing on Sonet Bidirectional Rings. Dankook University, July 1996 [0008]
- **GON KIM; DONG-WAN TCHA.** Optimal Load Balancing on Sonet Bidirectional Rings. Dankook University, July 1996 [0026]

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para optimizar la banda ocupada por una pluralidad de flujos de datos por circuitos (7,8,...) ubicados, según una configuración inicial, en una pluralidad de conjuntos de intervalos (6) de una red de transporte, mediante la ordenación de dichos flujos dentro de los mismos conjuntos de intervalos, estando **caracterizado** dicho procedimiento por el hecho de que comprende las siguientes etapas:

- 10 - se calcula, con un algoritmo de encaminamiento óptimo teórico de los flujos, una configuración teórica de los flujos contenidos en dicha configuración inicial, la cual se optimiza con respecto a la banda ocupada;
- se intercambian los conjuntos de intervalos (6) de dicha configuración teórica de flujos para obtener una disposición óptima de dichos conjuntos de intervalos, en la cual se maximiza el número de flujos cuya posición se corresponde con la posición adoptada por los mismos flujos en dicha configuración inicial;
- 15 - se define una secuencia mínima de traslaciones de flujos individuales necesaria para trasladar cada uno de los flujos individuales desde una posición inicial ocupada en dicha configuración inicial de flujos a una posición final correspondiente a la posición adoptada por el mismo flujo en dicha disposición óptima de conjuntos de intervalos (6);
- 20 - se implementa dicha secuencia mínima de traslaciones de flujos individuales, obteniendo de este modo una configuración de los flujos con una ocupación de la banda equivalente a dicha configuración teórica de los flujos.

25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual dicha fase de intercambio entre los conjuntos de intervalos (6) se implementa con las siguientes etapas:

- 30 a) se crea una primera tabla en la cual cada fila proporciona, para cada uno de los flujos cuya posición en la configuración teórica de los flujos difiere con respecto a la posición de la configuración inicial, un índice de referencia asociado a dicho flujo y un par de valores que indican, respectivamente, el conjunto de intervalos de origen y el conjunto de intervalos de destino;
- b) se crea una lista de todos los pares de valores presentes por lo menos una vez en dicha primera tabla, se ordenan en orden decreciente dichos pares de valores según el número de veces que aparece cada par en dicha primera tabla;
- 35 c) se intercambian los conjuntos de intervalos (6) correspondientes a los valores indicados por el primer par de dicha lista comenzando por la parte superior, y se eliminan de la lista dicho primer par y la totalidad del resto de pares en los cuales aparece bien uno o bien el otro de los valores contenidos en dicho primer par;
- 40 d) se repite la etapa c) hasta que se han acabado todos los pares de dicha lista.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el cual dicha red de transporte incluye por lo menos un conjunto de intervalos de reserva normalmente no ocupados por un flujo, y en el cual dichas fases que definen una secuencia mínima de traslaciones de los flujos individuales, y que implementan dicha secuencia, se implementan con las siguientes etapas:

- e) se crea una segunda tabla (10), que muestra la interdependencia de los flujos;
- 50 f) se selecciona un primer flujo de entre aquellos que deben ser trasladados;
- g) se añade en dicha segunda tabla (10), para dicho flujo seleccionado, un número de filas igual al número de flujos que ocupan, incluso parcialmente, la posición final de dicho flujo seleccionado, se escribe un par de índices de referencia que muestran el flujo seleccionado y el flujo que ocupa la posición final en cada una de dichas filas, o, en el caso de que dicha posición final está libre, un par de índices de referencia en los cuales un primer índice indica el flujo seleccionado y un segundo índice muestra convencionalmente que la posición final está libre (0);
- 55 h) se repite la etapa g) seleccionando los flujos que ocupan la posición final del flujo seleccionado previamente, uno a uno y de forma recursiva, hasta que dicha posición final está libre o está ocupada por un flujo que ya se ha seleccionado previamente;
- 60 i) se comprueba en dicha segunda tabla la presencia de una dependencia circular entre dos o más flujos, si existe dicha presencia, se comienza a trasladar uno de los flujos de dicha dependencia circular sobre un conjunto de intervalos de reserva libre y, para todos los pares de dicha segunda tabla que tienen como valor indicativo de la posición final del flujo el índice indicativo de dicho flujo trasladado, se sustituye dicho índice por un valor (0) que indica convencionalmente que la posición final está libre;
- 65

j) se buscan, en dicha segunda tabla, pares que tienen como índice indicativo de la posición final del flujo, dicho valor convencional (0) que indica que la posición final está libre, y se prosigue, para cada uno de dichos pares, con el traslado del flujo correspondiente hacia la posición final correspondiente y con la eliminación de la fila correspondiente a dicho par de la misma tabla; para todos los pares de dicha segunda tabla que tienen como valor indicativo de la posición final del flujo, el índice indicativo de dicho flujo trasladado, se sustituye dicho índice por un valor (0) que indica convencionalmente que la posición final está libre;

k) se repiten las etapas i) y j) hasta que dicha segunda tabla está vacía;

l) se selecciona un flujo nuevo de entre los correspondientes que se deben trasladar y se repite la etapa g) y las siguientes etapas.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual dichos conjuntos de intervalos (6) en los cuales se colocan inicialmente dichos flujos son conjuntos de intervalos de una primera subred de dicha red de transporte.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el cual dichos conjuntos de intervalos de reserva son conjuntos de intervalos de una segunda subred de dicha red de transporte.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el cual dicha primera subred y dicha segunda subred son redes en anillo.

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual dicha red de transporte es una red del tipo SDH ó SONET y dichos intervalos son intervalos de tiempo.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual dicha red de transporte es una red de tipo WDM y dichos intervalos son intervalos λ , es decir, longitudes de onda.

9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual dicha red de transporte es una red de tipo SDM y dichos intervalos son franjas de espacio.

10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual dicha red de transporte es una red de tipo FDM y dichos intervalos son franjas de frecuencias.

11. Dispositivo para la gestión centralizada de una red de transporte, en el cual los datos están dispuestos en flujos de datos por circuitos colocados en una pluralidad de conjuntos de intervalos (6), incluyendo un sistema para ordenar dichos flujos en dichos conjuntos de intervalos, **caracterizado** por el hecho de que dicho sistema usa un procedimiento para optimizar la banda según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

12. Programa de ordenador que comprende medios de código de programa de ordenador adaptados para realizar todas las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.

13. Programa de ordenador según la reivindicación 12 materializado en un soporte legible por ordenador.

2 4 6 7a

desde el nodo	al nodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X1	X2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14	15
X2	X3									17		18			13		15
X3	X4									17							
X4	X5	22				5		7		25	10		12	28			
X5	X6	29	2		30	5	32	7	34		10	36	12	28	39		
X6	X1	1	2	3	30	5		7	8	9	10	36	12	28	39		

8a 8b 7b

(a)

desde el nodo	al nodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X1	X2	13	15	4	6	11	14	3	8	9							
X2	X3	13	15	5	7	1	10	12	17	18							
X3	X4			5	7	1	10	12	17	2							
X4	X5	22	25		28	1				2							
X5	X6	30	36	39	28	1	29	32	34	2							
X6	X1	30	36	39	28			3	8	9							

(b)

desde el nodo	al nodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
X1	X2	13	9	3	14	11	6	4	8	15							
X2	X3	13	18	12	10	1	7	5	17	15							
X3	X4		2	12	10	1	7	5	17								
X4	X5	22	2			1	28			25							
X5	X6	30	2	32	29	1	28	39	34	36							
X6	X1	30	9	3			28	39	8	36							

(c)

Fig. 2

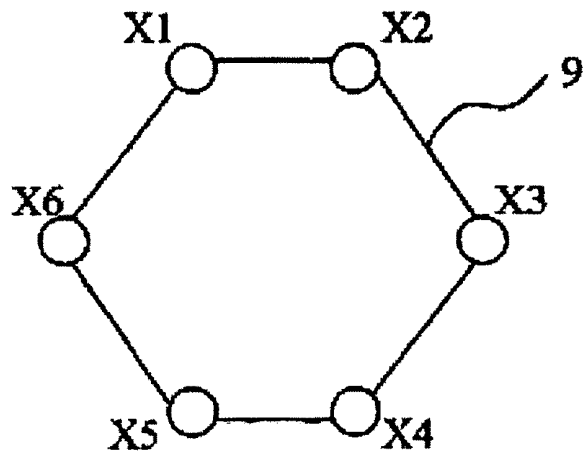


Fig. 1

1	2	3	4	5	6
D		E		F	
D		E		F	
A		B		C	
		B			

Fig. 3

1	2	3	4	5	6
F	D		E		
F	D		E		
A	B		C		
	B				

Fig. 4

1	2	3	4	5	6
D		E		F	
D		E		F	
B		C		A	
B					

Fig. 5

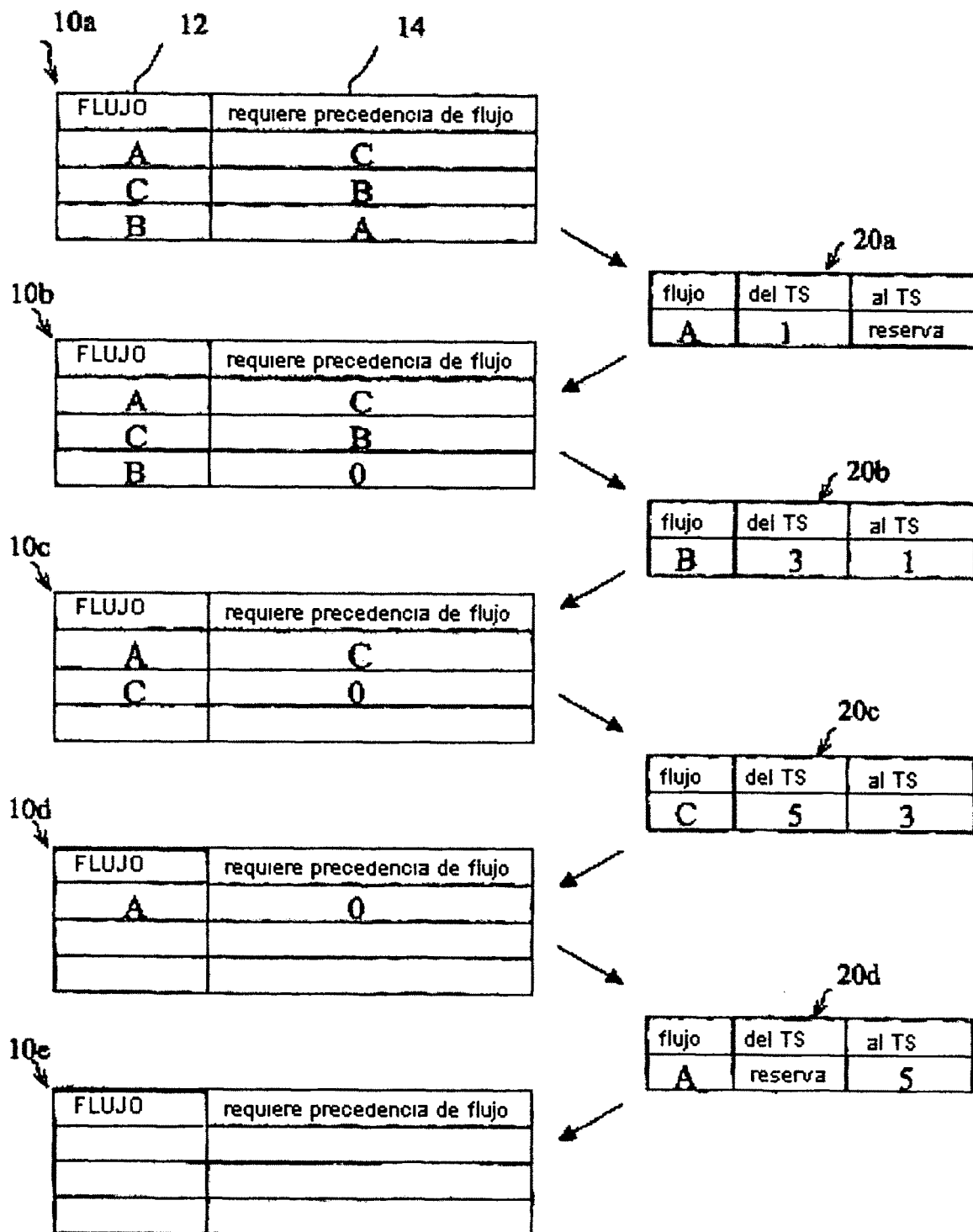


Fig. 6