



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 348 442**

(51) Int. Cl.:
H04Q 11/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **03710167 .2**

(96) Fecha de presentación : **18.03.2003**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1491066**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **29.12.2004**

(54) Título: **Interconector óptico que contiene una red de Cios de múltiples etapas en la cual una matriz de una única etapa comprende una etapa de la red de Cios.**

(30) Prioridad: **23.03.2002 DE 102 13 133**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.12.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.12.2010

(73) Titular/es: **ERICSSON AB.**
Torshamnsgatan 23
164 80 Stockholm, SE

(72) Inventor/es: **Pichler, Olaf;**
Elbers, Jorg, Peter y
Guild, Kenneth

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

La presente invención se refiere a la comunicación óptica con multiplex mediante división de la longitud de onda (WDM, en sus singlas en inglés) y, más especialmente, a un elemento de interconexión óptica (OXC) para su uso en una red de comunicaciones ópticas con WDM.

5 Como es conocido, la red óptica de comunicaciones con WDM comprende una pluralidad de nodos dispuestos espacialmente que están interconectados mediante guías de onda de fibra óptica en una configuración de red. Las redes están configuradas, comúnmente, como anillos en los cuales los nodos están interconectados de manera en serie para formar un bucle cerrado o un anillo. El tráfico
10 de comunicaciones es comunicado entre los nodos mediante radiación óptica modulada por el tráfico de comunicaciones que es transportado por las fibras ópticas.

La radiación óptica, en el contexto de la presente solicitud de patente, es definida como radiación electromagnética que tiene una longitud de onda en el espacio libre de 500 nm a 3.000 nm, aunque un espacio libre de 1.530 nm a 1.570 nm es una
15 parte preferida de este intervalo. En la multiplexación mediante división de la longitud de onda, la radiación óptica es dividida en una pluralidad discreta de bandas de onda que no se solapan, denominados canales de longitud de onda, o canales ópticos, y cada canal de longitud de onda es modulado por un respectivo canal de tráfico de comunicaciones.

20 Como es conocido, los nodos de red incluyen, a menudo, un multiplexor óptico de inserción y extracción (OADM, en sus siglas en inglés) para insertar/extraer los canales de longitud de onda seleccionados a la red para, de ese modo, establecer el encaminamiento de los canales de tráfico de las comunicaciones entre los nodos en dependencia sobre la longitud de onda de la portadora del canal de la longitud de
25 onda. Para poder encaminar (interconectar), selectivamente, el tráfico de las comunicaciones entre las partes respectivas de la red de comunicaciones, como por ejemplo el encaminamiento del tráfico de las comunicaciones entre anillos interconectados de la red, requiere que el nodo en la interconexión de tales partes de la red incluya una capacidad de conmutación óptica. Tales disposiciones de
30 conmutación óptica son denominadas elementos de interconexión óptica (OXC) y puede ser clasificado ampliamente como aquellos que son (i) no selectivos con la longitud de onda y capaces, solamente, de conmutar todos los canales de longitud de onda con WDM que aparecen en una fibra de entrada dada a una fibra de salida seleccionada y, por lo tanto, denominados elementos de interconexión de fibra (FXC,
35 en sus siglas en inglés), y (ii) aquellos capaces de interconexión de longitud de onda

(intercambio) que pueden interconectar canales de longitud de onda seleccionadas desde uno a partir una entrada dada a una salida óptica seleccionada. En el caso de este último, es deseable a menudo que el OXC sea capaz, además, de insertar adicionalmente uno o más canales de longitudes de onda seleccionadas a la red vía una salida o salidas seleccionadas y extrayendo (terminando) uno o más canales de longitudes de onda seleccionadas de la red vía una o unas entradas seleccionadas.

En esta solicitud de patente, un elemento de interconexión óptica (OXC) se define como una disposición de conmutación óptica, en la cual toda la conmutación ocurre en el dominio óptico. Esto se va a contrastar con disposiciones de conmutación, a veces designadas, también, siendo ópticas a cuenta de ellas por tener entradas y salidas ópticas, en las cuales la radiación óptica de entrada es convertida en un señal eléctrica para conmutar antes de ser convertida de nuevo en radiación óptica.

En su caso más simple, una disposición de conmutación óptica puede ser considerada como una matriz de conmutación óptica en la cual las entradas forman filas de la matriz y las columnas forman las salidas de la matriz. En cada punto de cruce entre una entrada y una salida, hay un elemento de conmutación óptica que puede ser cerrado selectivamente para conectar una entrada a la salida seleccionada.

Una matriz de conmutación que es capaz, siempre, de conectar cualquier entrada dada a una salida deseada, sin importar las conexiones existentes en la matriz, es denominada no bloqueante. El tamaño de una matriz de conmutación no bloqueante está determinado por el producto de los números de entrada y de salidas, es decir, aumenta cuadráticamente con el número de conexiones que se requieren para ser establecidas simultáneamente. Por ejemplo, un OXC no bloqueante que tiene M entradas ópticas y M salidas ópticas, cada una capaz de soportar N canales de longitud de onda, requiere una matriz de conmutación óptica de tamaño $(M \times N) \times (M \times N)$ la cual, para un OXC de 8 entradas/salidas, y de 80 canales de longitud de onda, requiere una matriz de conmutación óptica que sea de un tamaño, por lo menos, de 640 x 640. Además, cuando es necesario que el OXC pueda insertar/extraer uno o más canales de longitud de onda, éste requiere que la matriz de conmutación sea correspondientemente mayor. Los OXC que utilizan una única matriz de conmutación óptica de este tamaño son, con la tecnología actual, caros y difíciles de desarrollar. Además, si la capacidad de conexión de tal matriz de conmutación no cumple más las exigencias actuales, tiene que ser reemplazada, aumentando además el coste del sistema de comunicaciones. Una ventaja de un OXC que tiene una única matriz de conmutación es que es no bloqueante y tiene una pérdida de inserción baja puesto

que solamente hay una única etapa de conmutación en el trayecto directo entre cualquier entrada óptica y cualquier salida óptica, así como solamente una única etapa de conmutación en el trayecto de inserción/extracción.

Para reducir el tamaño de la matriz de conmutación, ha sido propuesto el elemento de interconexión óptica mostrado en la figura 1, el cual incluye una matriz de conmutación respectiva de menor tamaño para cada canal de longitud de onda. Como se apreciará, esta arquitectura de OXC es, todavía, de una única etapa, en la que todas las conexiones de paso e inserciones/extracciones de canales de longitud de onda implican atravesar una sola de las matrices de conmutación. Haciendo referencia a la figura 1, el OXC comprende una pluralidad M de entradas ópticas y una pluralidad M de salidas ópticas, denominadas I1 a IM y O1 a OM, respectivamente (típicamente las entradas y las salidas comprenden una fibra óptica). Cada una de las entradas es capaz de recibir la radiación de WDM que comprende una pluralidad N de canales de longitud de onda de portadoras de longitudes de onda λ_1 a λ_N . Por tanto, el OXC tiene la capacidad para interconectar M x N canales de comunicaciones.

Cada entrada óptica I1 a IM está conectada a una entrada de un desmultiplexor respectivo de longitud de onda D1 a DM. Cada desmultiplexor, que tiene N salidas, separa espacialmente la radiación de WDM que aparece en su entrada de manera que un elemento respectivo de los canales de longitud de onda aparece en una salida respectiva del desmultiplexor.

El OXC comprende, además, una pluralidad N (una por cada portadora de la longitud de onda) de matrices de conmutación S1 a SN. Cada matriz de conmutación tiene, por lo menos, M entradas y M salidas. (En el ejemplo ilustrado en la figura 1 las matrices de conmutación tienen, cada una, M+2 entradas y salidas, lo que posibilita que el OXC inserte/extraiga, adicionalmente, hasta dos portadoras de cada longitud de onda.) Una matriz de conmutación es asignada a una longitud de onda respectiva de la portadora de λ_1 a λ_N . En el ejemplo, la matriz de conmutación S1 es asignada para conmutar sólo canales de comunicaciones que tienen una longitud de onda de la portadora λ_1 , S2 es para conmutar solamente canales de comunicaciones que tienen una longitud de onda de la portadora λ_2 ,..., y SN es para conmutar solamente los canales de comunicaciones que tienen una longitud de onda de la portadora λ_N . La asignación de las matrices de conmutación se alcanza, de este modo, conectando la salida de cada uno de los M desmultiplexores que corresponden a una portadora de longitud de onda dada, a un elemento respectivo de las entradas de la matriz de conmutación asignada a esa portadora de la longitud de onda.

Cada salida de cada matriz de conmutación está conectada a una entrada correspondiente de uno de los M multiplexores M1 a MM, que recibe longitudes de onda λ_1 a λ_N desde las diferentes matrices de conmutación S1 a SN en sus N entradas y multiplexa éstas a la salida 01 a 0M, respectivamente. Para encaminar correctamente un canal de comunicación a través del OXC, es suficiente suministrarlo al multiplexor al que está conectado a la salida necesaria. La entrada de este multiplexor al que llega el canal de comunicación está definida por su longitud de onda de la portadora.

El OXC de la figura 1, en común con el OXC que tiene una única matriz de conmutación, tiene el beneficio de una baja pérdida de inserción y tiene el beneficio, además, de que puede ser aumentado cuando los canales adicionales de la longitud de onda son insertados, posteriormente, al sistema de comunicaciones. La mejora se logra insertando una matriz de conmutación adicional para cada canal adicional de longitud de onda y mediante el aumento del número de salidas de los desmultiplexores y de las entradas de los multiplexores. Las matrices de conmutación existentes pueden continuar siendo utilizadas sin modificación. Por tanto, es posible construir una red de telecomunicaciones con una pequeña inversión inicial que corresponde a la capacidad necesaria y para aumentarla de acuerdo a la demanda.

Existe, sin embargo, un problema con insertar o extraer canales de longitud de onda con el OXC de la figura 1. Para poder finalizar un número A de canales de longitud de onda sin bloquear, cada matriz de conmutación S1 a SN debe incluir, adicionalmente, A entradas y salidas. Si aumentan las peticiones de extraer canales de longitud de onda, esto solamente puede ser satisfecho reasignando entradas y salidas de las matrices de conmutación a expensas del tráfico de paso (por lo que disminuye el número de canales de longitud de onda utilizables en la entrada y en la salida), o sustituyendo cada una de las matrices de conmutación por otras que tienen un número más elevado de entradas y de salidas. En el último caso, las matrices de conmutación existentes no pueden usarse más cuando aumenta el OXC y el coste para una mejora aumenta considerablemente.

La solicitud internacional de patente número PCT/GB01/01370, número de publicación WO01/7411, "Routing device for all optical networks" ("Dispositivo de encaminamiento para todas las redes ópticas") describe un dispositivo de encaminamiento óptico para señales ópticas multiplexadas mediante división de la longitud de onda que incluye una matriz de conmutación óptica que tiene un primer conjunto de conmutación óptica y un segundo conjunto de conmutación óptica. El

primer conjunto de conmutación óptica está destinado a acoplar señales ópticas al segundo conjunto de conmutación óptica sobre la base de la longitud de onda de las respectivas señales ópticas. El segundo conjunto de conmutación óptica incluye varios dispositivos de conmutación óptica, cada uno de los cuales está dedicado a encaminar tráfico en una longitud de onda respectiva. El dispositivo incluye un trayecto de tráfico de extracción y un trayecto de tráfico de paso, en el que el tráfico de extracción incluye una unidad de traspondedor que es reconfigurable selectivamente para acoplar señales a un trayecto de tráfico de paso y, por lo tanto, proporciona un trayecto de regeneración de señal.

10 La presente invención aparece en un esfuerzo para proporcionar un OXC que sea capaz de insertar/extraer canales de longitud de onda seleccionados y cuya estructura es capaz de ser destinada a aumentar el número de canales de longitud de onda que pueden ser insertados/extraídos mientras que continúa el uso de componentes existentes.

15 De acuerdo con la presente invención, hay provisto un elemento de interconexión óptica (OXC) para su uso en un multiplex mediante la división de la longitud de onda (WDM) que comprende: una pluralidad de entradas ópticas para recibir la radiación respectiva que soporta la comunicación de WDM; una pluralidad de salidas ópticas para sacar la radiación respectiva que soporta la comunicación de WDM conmutada por el OXC; una matriz de conmutación óptica de una única etapa para conmutar la radiación de WDM entre las entradas y las salidas ópticas, en el que la matriz de conmutación óptica comprende una matriz de conmutación respectiva para cada canal de longitud de onda de la radiación de WDM; y otra pluralidad de entradas y de salidas ópticas para, respectivamente, insertar y extraer canales de longitud de onda seleccionados, estando el OXC caracterizado por una matriz de conmutación óptica respectiva de múltiples etapas para conectar, selectivamente, la otra pluralidad de de entradas y de salidas ópticas a entradas y salidas de la matriz de conmutación de una única etapa. Preferiblemente, la matriz de conmutación de múltiples etapas comprende una red de Clos de múltiples etapas en la cual la matriz de conmutación de una única etapa comprende una etapa de la red de Clos.

Más específicamente, de acuerdo con un primer aspecto de la invención, un elemento de interconexión óptica (OXC) comprende:

una pluralidad de canales de entrada para el tráfico de paso;

una pluralidad de canales de salida para el tráfico de paso;

un primer grupo de matrices de conmutación óptica para conectar cada canal de entrada del tráfico de paso a cualquiera de los canales de salida del tráfico de paso, en el que cada canal de entrada del tráfico de paso está conectado a una entrada de una matriz de conmutación del primer grupo y cada canal de salida del tráfico de paso está conectado a una salida de la matriz de conmutación del primer grupo;

una tercera pluralidad de canales de entrada para insertar tráfico, estando caracterizado el OXC por cada canal de entrada del tráfico insertado, que está conectado a una entrada de un segundo grupo de matrices de conmutación, en el que las salidas del segundo grupo de las matrices de conmutación están conectadas a entradas de un tercer grupo de matrices de conmutación y a salidas del tercer grupo de matrices de conmutación están conectadas a entradas del primer grupo de matrices de conmutación, de manera que las matrices de conmutación del segundo, tercer y primer grupos forman una red de Clos.

Preferiblemente, el OXC comprende, además, una pluralidad de desmultiplexores, cada uno de los cuales tiene una entrada para su conexión a una entrada óptica que lleva la radiación de WDM que comprende una pluralidad de canales de longitud de onda y una pluralidad de salidas para sacar uno de estos canales de longitud de onda a uno de los canales de entrada de tráfico de paso. Ventajosamente, cada desmultiplexor está conectado a cada matriz de conmutación del primer grupo mediante un canal de entrada. Preferiblemente, los desmultiplexores son desmultiplexores de longitud de onda que sacan un canal de longitud de onda a una salida definida de acuerdo con la longitud de onda de la portadora del canal de longitud de onda, y las salidas de varios desmultiplexores para sacar canales de longitud de onda de una misma longitud de onda de la portadora están conectados a una misma matriz de conmutación del primer grupo.

En una ejecución práctica preferida, cada matriz de conmutación del segundo grupo tiene un número M de entradas para insertar tráfico y un número, por lo menos, de $2M-1$, preferiblemente $2M-1$ exactamente, salidas conectadas a entradas de matrices de conmutación del tercer grupo en el que M corresponde al número de desmultiplexores/entradas ópticas. Además, es preferible que cada matriz de conmutación óptica del primer grupo tenga un número M de salidas para tráfico de

paso y un número, por lo menos, de $2M-1$, preferiblemente $2M-1$ exactamente, entradas conectadas a salidas de matrices de conmutación del tercer grupo.

El OXC comprende, además, ventajosamente, una pluralidad de canales de salida para extraer tráfico. De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, un
5 elemento de interconexión óptica (OXC) comprende:

- una pluralidad de canales de entrada para tráfico de paso;
- una pluralidad de canales de salida para tráfico de paso;
- un primer grupo de matrices de conmutación ópticas para conectar cada canal
10 de entrada de tráfico de paso con cualquiera de los canales de salida de tráfico de paso, en el que cada canal de entrada de tráfico de paso está conectado a una entrada de una matriz de conmutación del primer grupo, y cada canal de salida del tráfico de paso está conectado a una salida de una matriz de conmutación del primer grupo;
- 15 una pluralidad de canales de salida para el tráfico de extracción, caracterizado porque cada canal de salida del tráfico de extracción está conectado a una salida de un quinto grupo de matrices de conmutación, en el que entradas del quinto grupo de matrices de conmutación están conectadas a salidas de un cuarto grupo de matrices de conmutación y entradas del cuarto grupo de
20 matrices de conmutación están conectadas a salidas del primer grupo de matrices de conmutación, de manera que las matrices de conmutación de los grupos primero, cuarto y quinto forman una red de Clos.

Ventajosamente, el OXC comprende, además, una pluralidad de multiplexores,
25 cada uno de los cuales tiene una entrada para conectar a una salida óptica que lleva radiación de WDM que comprende una pluralidad de canales de longitud de onda, y una pluralidad de entradas para introducir uno de estos canales de longitud de onda desde uno de los canales de salida de tráfico de paso. Preferiblemente, cada multiplexor está conectado a cada matriz de conmutación del primer grupo por un
30 canal de salida. Ventajosamente, cada matriz de conmutación óptica del quinto grupo tiene un número M de salidas para el tráfico de extracción y un número, por lo menos, de $2M-1$, preferiblemente $2M-1$ exactamente, entradas, conectadas a salidas de matrices de conmutación del cuarto grupo, en el que M corresponde al número de multiplexores/salidas ópticas. Por otra parte, cada matriz de conmutación óptica del
35 primer grupo tiene, preferiblemente, un número M de entradas para tráfico de paso y

un número, por lo menos, de $2M-1$, preferiblemente $2M-1$ exactamente, salidas, conectadas a las entradas de las matrices de conmutación del cuarto grupo.

Preferiblemente, el segundo grupo de matrices de conmutación ópticas y el quinto grupo de matrices de conmutación ópticas del OXC, de acuerdo con los aspectos primero y segundo de la invención son idénticos.

La invención será ahora descrita, solamente por medio de un ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1, ya descrita, muestra la arquitectura básica de un elemento de interconexión óptica conocido;

La figura 2 muestra una primera realización de un elemento de interconexión óptica (disposición de conmutación óptica) de acuerdo con la invención;

La figura 3 es una representación esquemática de una matriz de conmutación óptica, y

La figura 4 es una segunda realización de un elemento de interconexión óptica de acuerdo con la invención.

Haciendo referencia a la figura 2, se muestra un elemento de interconexión óptica (OXC) de acuerdo con la invención. El OXC es no bloqueante y capaz de interconectar los canales de las longitudes de onda seleccionadas que provienen de una entrada hacia una salida seleccionada. Tal conmutación es denominada conmutación de tráfico de paso. Adicionalmente, el OXC es capaz de extraer selectivamente los canales de las longitudes de onda seleccionadas desde una línea de entrada seleccionada y de insertar selectivamente los canales de las longitudes de onda seleccionadas a una línea de salida seleccionada. La disposición de conmutación de la presente invención proporciona, de esta manera, una función de OXC/OADM combinada.

El OXC comprende una pluralidad M de entradas de fibra óptica I_1 a I_M , y una pluralidad M de salidas de fibra óptica O_1 a O_M . Cada línea óptica de entrada/salida es capaz de soportar la radiación del multiplex mediante la división de la longitud de onda que comprende una pluralidad N de canales de longitud de onda que tienen longitudes de onda de la portadora λ_1 a λ_N .

El OXC comprende, además, un desmultiplexor respectivo D_1 a D_M para cada entrada óptica I_1 a I_M ; un multiplexor respectivo O_1 a O_M para cada salida óptica O_1 a

OM; y cinco grupos de matrices de conmutación ópticas denominadas S1-1 a S1-N, S2-1 a S2-AD, S3-1 a S3 - (2M-1), S4-1 a S4 (2M-1) y S5-1 a S5-AD.

El primer grupo de N matrices de conmutación ópticas S1-1 a S1-N tiene una función análoga a la de las matrices de conmutación S1 a SN del OXC de la figura 1, como se ha descrito anteriormente con una matriz de conmutación respectiva que está asignada a cada una de las N portadoras de longitud de onda. Consecuentemente, se apreciará que el OXC proporciona una conmutación de una única etapa de tráfico de paso. Cada una de las matrices de conmutación ópticas S1-1 a S1-N es una matriz cuadrada que tiene 3M-1 entradas (i_1 a i_{3M-1}) y 3M-1 salidas (o_1 a o_{3M-1}), es decir, son $(3M-1) \times (3M-1)$ matrices de conmutación. Las primeras M entradas i_1 a i_M de la matriz de conmutación, de aquí en adelante denominadas entradas de tráfico de paso, están conectadas a la salida correspondiente (en términos de longitud de onda de la portadora) de los desmultiplexores D1 a DM. Como con el OXC de la figura 1, las N salidas de cada uno de los desmultiplexores D1 a DM están conectadas a las entradas de las matrices de conmutación S1-1 a S1-N, de modo que cada matriz de conmutación S1-n, donde $n = 1$ a N, tiene un canal de longitud de onda que tiene una longitud de onda de la portadora λ_n que corresponde a esta matriz de conmutación que es suministrada desde cada desmultiplexor.

Las primeras M salidas o_1 a o_M de cada matriz de conmutación, denominadas salidas del tráfico de paso, están conectadas a una entrada de uno de los multiplexores M1 a MM, desde la salida de las cuales se origina la salida óptica O1 a OM. Puesto que cada multiplexor M1 a MM tiene solamente una conexión a cada una de las matrices de conmutación del primer grupo, asegura de ninguna de las dos matrices de conmutación puede suministrar, a un multiplexor, radiación que tiene la misma longitud de onda de la portadora.

La disposición de conmutación tiene un número P de entradas a_1 a a_P para insertar tráfico de inserción/extracción. Estas P entradas comprenden las entradas del segundo grupo de matrices de conmutación AD S2-1 a S2-AD que tienen M entradas utilizadas y 2M-1 salidas utilizadas (siempre y cuando $P=M \times AD$. Si $P < AD$, el número de entradas utilizadas de matrices de conmutación individuales del segundo grupo puede ser, por supuesto, menor que M.)

Este segundo grupo de matrices de conmutación comprende una primera etapa de una red de Clos de tres etapas, cuya segunda etapa está formada por el tercer grupo de 2M-1 matrices de conmutación S3-1 a S3-(2M-1), que tiene AD entradas utilizadas y N salidas cada uno. La tercera etapa de la red de Clos está constituida por

las entradas i_{M+1} a i_{3M-1} de las matrices de conmutación $S1-1$ a $S1-N$ del primer grupo que están conectados con las salidas de las matrices del tercer grupo. Como está ilustrado en la figura 3, cada matriz del primer grupo puede ser considerada como una combinación de varias matrices secundarias de conmutación, a saber: una

5 primera matriz secundaria cuadrada $TM1$ que comprende las entradas de tráfico de paso $i1$ a iM y salidas de tráfico de paso $o1$ a oM y que está provisto para encaminar el tráfico de paso; una segunda matriz secundaria $TM2$ que tiene las entradas i_{M+1} a i_{3M-1} y salidas $o1$ a oM y que proporciona encaminamiento de tráfico de inserción insertado por las matrices de conmutación $S2-1$ a $S2-AD$, $S3-1$ a $S3-(2M-1)$ al tráfico

10 de paso, y a dos matrices secundarias más $TM3$ y $TM4$ que serán descritas más adelante.

Si es necesario aumentar el OXC para aumentar el número P de entradas para insertar tráfico, esto se puede lograr insertando otras matrices de conmutación al segundo grupo. Si el número de entradas de las matrices de conmutación del tercer

15 grupo, que están presentes físicamente (pero que todavía no han sido utilizadas antes de la mejora) no es menor que el número de matrices de conmutación del segundo grupo, las del tercer grupo pueden continuar siendo utilizadas sin modificación; en otro caso, deben ser reemplazadas por matrices de conmutación que tengan un número mayor de entradas. Con respecto a las matrices de conmutación del primer grupo, no

20 es necesaria ninguna modificación.

Igual que la inserción local de tráfico, el OXC según la invención también soporta la extracción de tráfico que llega en una de las entradas ópticas $I1$ a IM pero que no van a estar encaminadas además a una de las fibras de salida $O1$ a OM . A este propósito sirve la matriz secundaria $TM3$ de cada matriz de conmutación del

25 primer grupo, que es capaz de conectar selectivamente cada uno de los canales de entrada de tráfico de paso $i1$ a iM a una de las $2M-1$ salidas o_{M+1} a o_{3M-1} . Las matrices secundarias $TM3$ de las matrices de conmutación del primer grupo constituyen, de esta manera, una primera etapa de una segunda red de Clos, cuyas etapas segunda y tercera están formadas por el cuarto grupo de $2M-1$ matrices de

30 conmutación $S4-1$ a $S4-(2M-1)$, que tienen N entradas utilizadas y AD salidas utilizadas, y el quinto grupo de AD matrices de conmutación $S5-1$ a $S5-AD$, que tienen $2M-1$ entradas utilizadas y M salidas utilizadas, respectivamente. Las salidas de las matrices de conmutación del quinto grupo comprenden las salidas de extracción $d1$ a dP del OXC.

Las matrices secundarias TM_4 de las matrices de conmutación del primer grupo pueden permanecer sin usarse; en caso de necesidad futura, también pueden usarse para tráfico de extracción que llega en las entradas de inserción a_1 a a_P a una salida de extracción seleccionada d_1 a d_P .

- 5 El hecho de que el tercer grupo de matrices de conmutación S_{3-1} a $S_{3-(2M-1)}$ comprende $2M-1$ matrices de conmutación asegura que un tráfico de comunicación aplicado a cualquier entrada de inserción a_1 a a_P puede ser encaminado a cualquier multiplexor M_1 a M_M y, por lo tanto, ser encaminada a cualquier salida O_1 a O_M , siempre y cuando, por supuesto, la salida deseada ya no lleve tráfico de comunicación
- 10 (canal de longitud de onda) que tenga la misma longitud de onda de la portadora.

- Por ejemplo, considérese el peor caso, en el cual solamente una única longitud de onda de la portadora, λ_i , está libre. A esta longitud de onda de la portadora, λ_i , se la asigna la matriz de conmutación S_{1-i} del primer grupo. Para ser capaz de encaminar la radiación que tiene la longitud de onda de la portadora λ_i , debe estar asegurado que el
- 15 canal de entrada de inserción a_j es capaz de conectarse a la matriz de conmutación S_{1-i} . En el peor caso, pueden estar ocupadas hasta $M-1$ de sus entradas, i_{M+1} a i_3 ($M-1$). Si el número de entradas ocupadas fuera mayor, ninguna de las salidas de las matrices de conmutación o_1 a o_M estaría libre, y el tráfico de inserción no podría ser encaminado, porque la longitud de onda λ_i de la salida deseada ya está ocupada.
- 20 Esto contradice la suposición inicial, por lo que no puede ser correcto.

- En tal situación, entre las matrices de conmutación del tercer grupo S_{3-1} a $S_{3-(2M-1)}$, hasta $M-1$ matrices son incapaces de conectarse a la matriz de conmutación S_{1-i} . De las M matrices restantes del tercer grupo, sin embargo, la salida que conduce a S_{1-i} está libre. Esto corresponde a un número total de $M \times AD$ entradas de matrices
- 25 de conmutación del tercer grupo, mediante las que puede ser encaminado el tráfico de inserción. Puesto que solamente están presentes hasta $M \times AD$ canales de entrada del tráfico de inserción a_1 a a_P , una de estas entradas debe, necesariamente estar libre, es decir, el tercer grupo debe comprender, por lo menos, $2M-1$ matrices de conmutación para asegurar que la entrada del tráfico de inserción en una entrada de
- 30 inserción a_j arbitraria puede alcanzar una salida para la cual está destinada, a condición de que haya capacidad de transmisión de sobra en esa salida.

- Análogamente, el mismo número $2M-1$ de matrices del cuarto grupo es necesario para asegurar que cualquier canal de longitud de onda que llega a cualquier entrada I_1 a I_M , que va a ser tratada localmente (extraída), puede ser suministrado a
- 35 cualquier salida de extracción d_1 a d_P .

Otra ventaja importante de la arquitectura de OXC mostrada en la figura 2 nunca es que el tráfico de paso nunca necesita atravesar más de una matriz de conmutación cuando está siendo encaminado a través del OXC. Las pérdidas de inserción del OXC son, por tanto, muy bajas, y el tráfico de paso puede ser interconectado por varios OXC, sin re-amplificación o conformación del impulso.

Otro desarrollo preferido del OXC de la invención es mostrado en la figura 4. La entrada y las salidas, desmultiplexores y multiplexores y las matrices de conmutación del primer, tercer y cuarto grupos son idénticas a las del OXC de la figura 2 y, por lo tanto, no se describen de nuevo.

En esta realización, las matrices de conmutación del segundo y quinto grupos están unidas por pares a las matrices de conmutación S2'-1 a S2'-AD. Para simplificar, el grupo de matrices de conmutación S2'-1 a S2'-AD será denominado, también, el segundo grupo de matrices de conmutación. Como las matrices de conmutación del primer grupo, el segundo grupo son matrices cuadradas que tienen, cada una, $3M-1$ entradas y $3M-1$ salidas. Preferiblemente, son idénticas a las matrices del primer grupo. Sólo como éstas, y en analogía a la figura 3, pueden ser consideradas como subdivididas en matrices secundarias TM1 a TM4, en donde las matrices secundarias TM3, que tienen M entradas y $2M-1$ salidas, corresponden a las matrices de conmutación del segundo grupo de la figura 2 y de las matrices secundarias TM2, que tienen $2M-1$ entradas y M salidas, corresponden a las matrices de conmutación del quinto grupo de la figura 2. Las matrices secundarias TM1, que conectan directamente con los canales de entrada y de salida de tráfico de inserción y extracción, pueden ser utilizadas para encaminar entre estos canales; las matrices secundarias TM4 permanecen sin utilizar.

Aunque la matriz secundaria TM4 es una gran región inutilizada en cada matriz de conmutación S2'-1 a S2'-AD, esta solución es bastante eficiente y económica porque las matrices de conmutación convencionales que son fabricadas en volúmenes grandes, y están, por tanto, tasadas de manera competitiva, son, en general, cuadráticas, de modo que el coste global de los componentes para el OXC, según la figura 4, no es mayor que para la disposición de la figura 2. Puesto que el número de componentes es menor en la realización de la figura 4, el OXC puede ser más compacto.

En los ejemplos de más arriba, se supuso que los números de los canales de entrada y de salida para el tráfico de paso y el número de canales de entrada y de salida para el tráfico de inserción/extracción eran mutuamente iguales. Aunque esto es

conveniente para evaluar la viabilidad técnica de la arquitectura del OXC y puede adecuar, también, las necesidades de los usuarios, no es un requisito técnico.

REIVINDICACIONES

1. Un elemento de interconexión óptica (OXC) que comprende:

5

una pluralidad ($N \times M$) de canales de entrada ($i1$ a iM) para tráfico de paso;
una pluralidad ($N \times M$) de canales de salida ($o1$ a oM) para tráfico de paso;
un primer grupo de matrices de conmutación ópticas ($S1-1$ a $S1-N$) para
conectar cada canal de entrada de tráfico de paso ($i1$ a iM) a cualquiera de
los canales de salida de tráfico de paso ($o1$ a oM), en el que cada canal de
entrada de tráfico de paso ($i1$ a iM) está conectado a una entrada de una
matriz de conmutación ($S1-1$ a $S1-N$) del primer grupo y cada canal de
salida de tráfico de paso ($o1$ a oM) está conectado a una salida de la matriz
de conmutación ($S1-1$ a $S1-N$) del primer grupo;

10

15

una tercera pluralidad (P) de canales de entrada ($a1$ a aP) para tráfico de
inserción,

caracterizado por cada canal de entrada de tráfico de inserción ($a1$ a aP)
que está conectado a una entrada de un segundo grupo de matrices de
conmutación ($S2-1$ a $S2-AD$; $S2'-1$ a $S2'-AD$), en donde salidas del
segundo grupo de matrices de conmutación están conectadas a entradas
de un tercer grupo de matrices de conmutación ($S3-1$ a $S3-2M-1$) y salidas
del tercer grupo de matrices de conmutación están conectadas a entradas
del primer grupo de matrices de conmutación, de manera que las matrices
de conmutación del segundo, tercer y primer grupos forman una red de
Clos.

20

25

2. Un OXC según la reivindicación 1, y que comprende, además, una pluralidad
de desmultiplexores ($D1$ a DM), cada una de los cuales tiene una entrada para la
conexión a una entrada óptica ($I1$ a IM) que lleva radiación de WDM que comprende
una pluralidad (N) de canales de longitud de onda y una pluralidad (N) de salidas para
sacar uno de estos canales de longitud de onda a uno de los canales de entrada de
tráfico de paso ($i1$ a iM).

30

3. Un OXC según la reivindicación 2, en el cual cada desmultiplexor (D1 a DM) está conectado a cada matriz de conmutación (S1-1 a S1-N) del primer grupo por un canal de entrada (i1 a iM).

5 4. Un OXC según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el cual los desmultiplexores (D1 a DM) son desmultiplexores de longitud de onda que sacan unos canales de longitud de onda a una salida definida según la longitud de onda de la portadora (λ_1 a λ_N) del canal de longitud de onda, y las salidas de varios desmultiplexores (D1 a DM) para sacar canales de longitud de onda de una misma longitud de onda de la portadora están conectados a una misma matriz de conmutación (S1-1 a S1-N) del primer grupo.

15 5. Un OXC según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cada matriz de conmutación (S2-1 a S2-AD; S2'-1 a S2'-AD) del segundo grupo tiene un número M de entradas para insertar tráfico y un número, por lo menos, de 2M-1, preferiblemente 2M-1 exactamente, salidas conectadas a entradas de matrices de conmutación del tercer grupo (S3-1 a S3-(2M-1)).

20 6. Un OXC según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que cada matriz de conmutación óptica (S1-1 a S1-N) del primer grupo tiene un número M de salidas para tráfico de paso y un número de, por lo menos, 2M-1, preferiblemente 2M-1 exactamente, entradas conectadas a salidas de las matrices de conmutación del tercer grupo.

25 7. Un elemento de interconexión óptica (OXC) que comprende:

una pluralidad (N x M) de canales de entrada (i1 a iM) para tráfico de paso;
una pluralidad (N x M) de canales de salida (o1 a oM) para tráfico de paso;
un primer grupo de matrices de conmutación ópticas (S1-1 a S1-N) para
30 conectar cada canal de entrada de tráfico de paso (i1 a iM) con cualquiera de los canales de salida de tráfico de paso (o1 a oM), en el que cada canal de entrada de tráfico de paso (i1 a iM) está conectado a una entrada de una matriz de conmutación (S1-1 a S1-N) del primer grupo, y cada canal de salida de tráfico de paso (o1 a oM) está conectado a una salida de una
35 matriz de conmutación (S1-1 a S1-N) del primer grupo;

una pluralidad (P) de canales de salida para extraer tráfico,
caracterizado porque cada canal de salida de tráfico de extracción está
 conectado a una salida de un quinto grupo de matrices de conmutación
 (S5-1 a S5-AD; S2'-1 a S2'-AD), en el que entradas del quinto grupo de
 5 matrices de conmutación (S5-1 a S5-AD; S2'-1 a S2'-AD) están conectadas
 a salidas de un cuarto grupo de matrices de conmutación (S4-1 a S4-2M-1)
 y entradas del cuarto grupo de matrices de conmutación están conectadas
 a salidas del primer grupo de matrices de conmutación de manera que las
 matrices de conmutación de los grupos primero, cuarto y quinto forman una
 10 red de Clos.

8. Un OXC según la reivindicación 7, y que comprende, además, una pluralidad
 (M) de multiplexores (M1 a MM), cada uno de los cuales tiene una salida para
 conectarla a una salida óptica (O1 a OM) que lleva radiación de WDM que comprende
 15 una pluralidad (N) de canales de longitud de onda, y una pluralidad de entradas para
 introducir uno de estos canales de longitud de onda desde uno de los canales de
 salida de tráfico de paso (o1 a oM).

9. Un OXC según la reivindicación 8, en el cual cada multiplexor (M1 a MM)
 20 está conectado a cada matriz de conmutación (S1-1 a S1-N) del primer grupo
 mediante un canal de salida (o1 a oM).

10. Un OXC según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el cual cada
 matriz de conmutación óptica (S5-1 a S5-AD; S2'-1 a S2'-AD) del quinto grupo tiene un
 25 número M de salidas para extraer tráfico, y un número de, por lo menos, 2M-1,
 preferiblemente 2M-1 exactamente, entradas conectadas a salidas de matrices de
 conmutación del cuarto grupo (S4-1 a S4-(2M-1)).

11. Un OXC según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el cual
 30 cada matriz de conmutación óptica (S1-1 a S1-N) del primer grupo tiene un número M
 de entradas para el tráfico de paso y un número de, por lo menos, 2M-1,
 preferiblemente 2M-1 exactamente, salidas (oM+1 a o3M-1) conectadas a entradas de
 matrices de conmutación del cuarto grupo (S4-1 a S4-(2M-1)).

12. Un OXC según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 y una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el cual el segundo grupo de matrices de conmutación ópticas y el quinto grupo de matrices de conmutación ópticas (S2'-1 a S2'-AD) son idénticos.

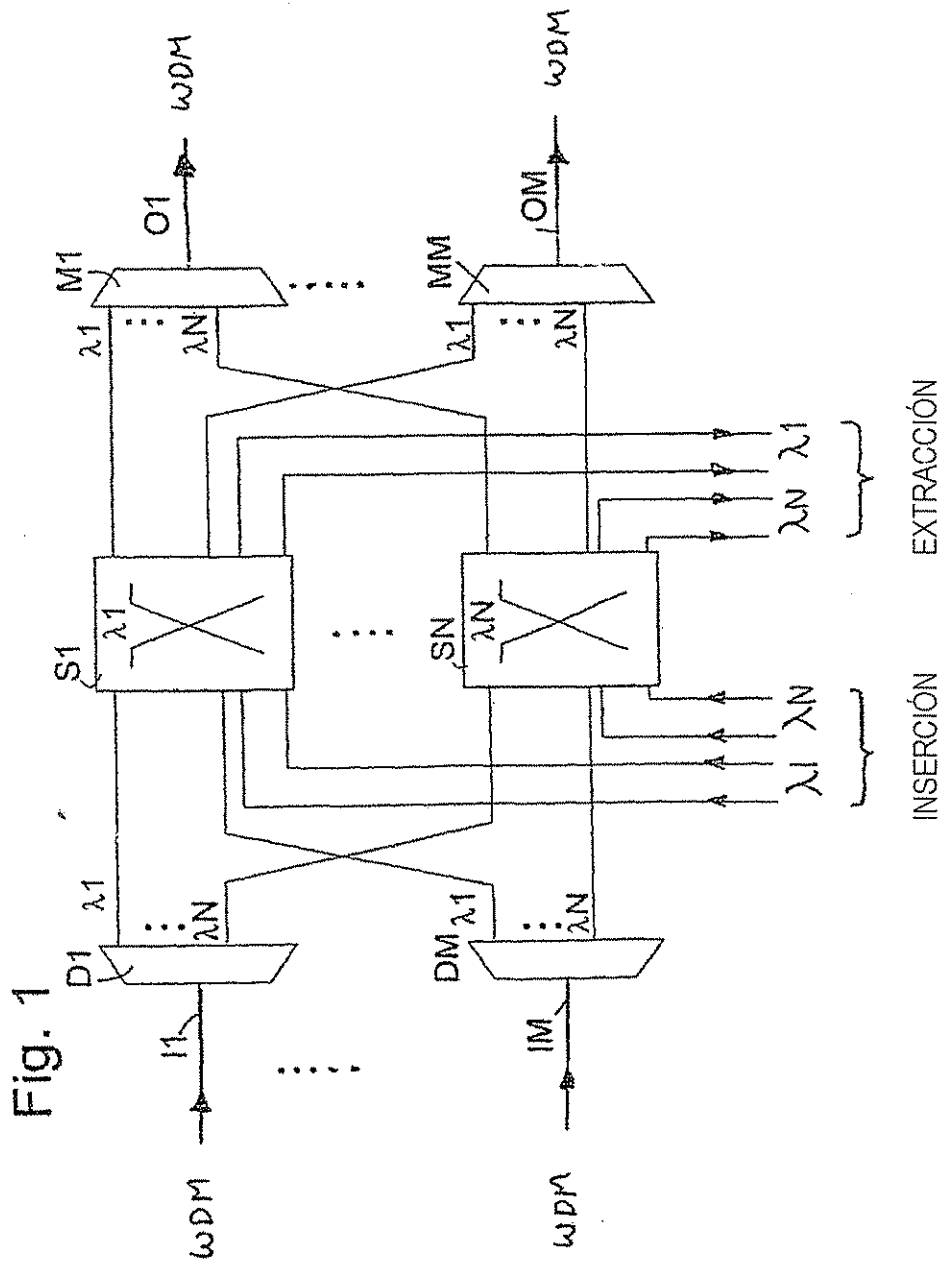


Fig. 2

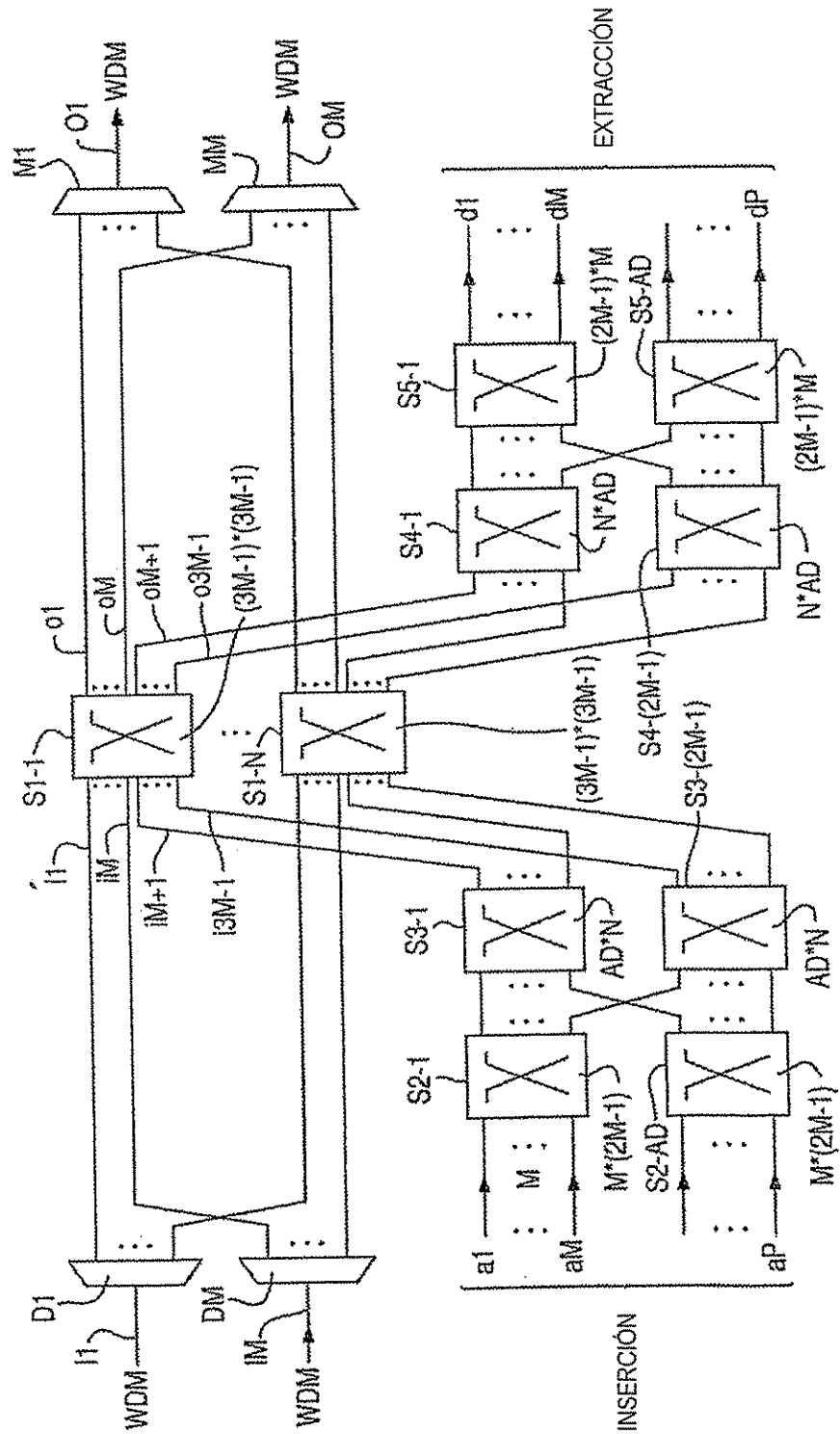


Fig. 3

