(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 455 390**

(21) Número de solicitud: 201331466

(51) Int. CI.:

H04L 12/00 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A2

(22) Fecha de presentación:

04.10.2013

(30) Prioridad:

05.10.2012 US 61/710,312

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

15.04.2014

(71) Solicitantes:

ZTE (USA) INC. (100.0%)
2425 N. Central Expressway, Suite 323
75080 - Richardson TX TEXAS US

(72) Inventor/es:

HUO, David

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

(54) Título: **RED IPOWDM ELÁSTICA SENSIBLE AL SERVICIO Y MÉTODO DE OPERACIÓN.**

(57) Resumen:

Una red y método para operar la red, la red comprende una capa de transporte que incluye primera y segunda divisiones pero topológicamente sustancialmente idénticas a las subredes A y B, cada una tiene una pluralidad de nodos de conmutación ópticos y/o nodos de multiplexor de adición-sustracción ópticos reconfigurables (ROADM), y una capa de enrutamiento en donde cada enrutador se acopla a por lo menos un nodo en A y por lo menos un nodo en B. La red es operable para proporcionar una pluralidad de clases de servicios que proporciona calidad de servicio correspondiente, y la capa de enrutamiento o la interfaz de enrutamiento/transporte puede diferenciar entre el tráfico que tiene diferentes clases de servicio y programar el tráfico con base en su clase de servicio. En el caso de las subredes se vuelve inoperable, todo el tráfico se transfiere a la otra subred, y el QoS de las clases de servicio se mantiene al programar el tráfico para aumentar el retardo experimentado por el tráfico tolerante a retardo.

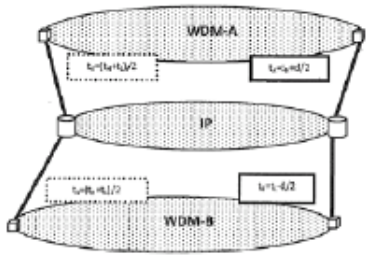


FIG. 2

ES 2 455 390 A2

DESCRIPCIÓN

Red IPOWDM elástica sensible al servicio y método de operación

ANTECEDENTES

En comunicaciones de fibra óptica, la multiplexado de División de Longitud de Onda (WDM) se utiliza para multiplexar una serie de señales de portador óptico en una fibra óptica única al utilizar diferentes longitudes de onda de luz láser. Un sistema WDM utiliza un multiplexor en el transmisor para unir una pluralidad de señales, y un desmultiplexor en el receptor para separarlas.

Un beneficio para implementar WDM en un sistema óptico es que permite que aumente la capacidad de una red de comunicaciones óptica sin poner más fibra. Sin embargo, se puede implementar nueva tecnología en una infraestructura óptica sin tener que reacondicionar la red de estructura principal. La capacidad de un enlace dado se puede expandir simplemente al modificar o actualizar los multiplexores y desmultiplexores en cada extremo.

Diferentes sistemas WDM utilizan diferentes patrones de longitud de onda para implementar una pluralidad de canales de comunicación en una fibra óptica. Los diferentes sistemas se denominan como WDM convencional o grueso (CWDM) y WDM Denso (DWDM). Los sistemas WDM que proporcionan hasta 8 canales por fibra se denominan como CWDM, y los sistemas que proporcionan más canales por fibra se denominan como DWDM. Los sistemas DWDM proporcionan normalmente 40 canales o 80 canales por fibra. El número de canales que se puede acomodar por fibra se determina por espacio de canal. El amplio espacio permite el uso de transceptores menos sofisticados, y por lo tanto menos costosos. Aquí, las tecnologías CWDM y DWDM se denominan colectivamente simplemente como WDM.

Los sistemas de red en general se pueden describir en términos de un modelo de trabajo de red promulgado por el esfuerzo de Interconexión de Sistemas Abiertos en la Organización Internacional para Estandarización, el así llamado "modelo OSI". El modelo OSI caracteriza las funciones de un sistema de comunicaciones en términos de capas lógicas denominadas capas de abstracción. Una capa sirve a la capa por encima de esta y es servida por la capa debajo de esta, y se agrupan diversas funciones de comunicación en las diversas capas. El modelo OSI se resume en la FIGURA 1. Como se muestra en la figura, la capa 1 (L1) se denomina la capa física, y describe el medio físico sobre el cual se propagan las señales de comunicaciones, así como también una descripción de los parámetros de transmisión binarios y de señal. La capa 2 (L2) se denomina la capa de Enlace de Datos, y describe el direccionamiento del datagrama. La capa 3 (L3) se denomina la capa de red, y sus funciones incluyen la determinación de la ruta y el direccionamiento lógico de mensajes en un canal de comunicaciones. De forma colectiva, L1, L2, y L3 se denominan como las capas medias.

En este contexto, un protocolo de comunicaciones es un sistema de formatos de mensaje digitales, y reglas para intercambiar los mensajes en o entre dispositivos en telecomunicaciones. Los protocolos pueden incluir señalización, autenticación, detección de errores, y capacidades de corrección. El Protocolo de Internet (IP) es un protocolo de comunicaciones utilizado para retransmitir los datagramas (paquetes de red) a través de una red, y es responsable de enrutar paquetes a través de los límites de red en inter-red.

Los sistemas y métodos aquí descritos pertenecen a la operación de sistemas de comunicaciones ópticas, y en particular sistemas que utilizan IP sobre CWDM o IP sobre los sistemas DWDM (colectivamente, IPoWDM). La red consiste de una capa de enrutamiento IP/MPLS (Conmutación de Etiqueta Multiprotocolo, un mecanismo que lleva datos) (L3 y una capa de transporte WDM subyacente (L2/L1). La capa WDM consiste de dos subredes divididas idénticas, denominadas aquí como WDM-A (A) y WDM-B (B). Durante la operación normal A y B operan en forma independiente uno del otro, pero en otras ocasiones alguno puede actuar como un respaldo para el otro. Cualquier enrutador dado en L3 se conecta por lo menos a un nodo en A y por lo menos a un nodo en B. A y B se pueden describir como subgráficas desconectadas mutuas isomórficas y mutuas desconectadas dentro de una gráfica IPoWDM. Estas se conectan indirectamente a través de vértices de una subgráfica IP, de tal manera que el vértice IP tiene por lo menos un incidente de borde a A y por lo menos un incidente de borde a B. Físicamente, un enlace que conecta dos nodos dentro de A y el enlace correspondiente que conecta los dos nodos correspondiente en B se agotan en diferente conductos que se separan suficientemente entre sí para minimizar la posibilidad que un incidente provoque un corte en el conducto, tal como un equipo de excavación que corta inadvertidamente o de otra forma daña un conducto y el cable allí, también provocaría un apagón en el otro. Sin embargo cada nodo así incluye tres vértices en proximidad cercana, cada uno pertenece a una subred diferente. Esta arquitectura puede proporcionar elasticidad al desviar el tráfico entre A y B. Por ejemplo, en el caso de daño de cable en A, la interfaz IP-WDM puede desviar el tráfico de A a B, manteniendo así el servicio durante el incidente. Esta capacidad de elasticidad se basa en el manejo del tráfico en la capa IP, o más particularmente, en el manejo de tráfico en la interfaz entre la capa IP y la capa WDM. Diferentes estrategias de manejo de tráfico conduce a diferentes costes y desempeño.

RESUMEN

Una red y método para operar la red, la red comprende una capa de transporte que incluye las primeras y segundas subredes divididas pero topológicamente sustancialmente idénticas, cada una tiene una pluralidad de nodos de conmutación ópticos y/o nodos de multiplexor de adición-sustracción ópticos reconfigurables (ROADM), y una capa de enrutamiento en donde cada enrutador se acopla a por lo menos un nodo en A y por lo menos un nodo en B. La red es operable para proporcionar por lo menos la primera clase y segunda clase de servicios que proporciona una alta y una baja Calidad de Servicio, respectivamente. En operación normal, el tráfico F no excede la mitad del tráfico de red instantáneo total; todo del tráfico F es transportado en A y una cantidad de tráfico S igual a la cantidad del tráfico F es transportado en B; y cualquier tráfico S restante se divide de forma igual entre A y B. En el caso de que las subredes lleguen a ser inoperables, todo el tráfico se transfiere a la otra subred, el QoS del tráfico F se mantiene, y todo el tráfico S se programa para compartir cualquier tráfico restante que tiene la capacidad de la subred operable.

Se entiende que la descripción general anterior y la siguiente descripción detallada son de ejemplo y explicatoria y pretenden proporcionar explicación adicional de la invención como se reivindica.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos que acompañan se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención, y se incorporan en y constituyen una parte de esta especificación. Los dibujos ilustran las realizaciones y/o aspectos descritos y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención, cuyo alcance se determina por las reivindicaciones.

En los dibujos:

La FIGURA 1 es una tabla que resume el modelo OSI;

La FIGURA 2 ilustra dos estrategias de manejo de tráfico diferentes, Esquema 1 (recuadros punteados) y Esquema 2 (recuadros sólidos), durante operación normal;

La FIGURA 3 ilustra las dos estrategias de manejo diferentes después del incidente que hace A inoperable.

La FIGURA 4 es una gráfica que muestra el desempeño relativo del Esquema 1 versus Esquema 2 con respecto a la calidad de Servicio proporcionado por la red cuando A es inoperable.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Se entiende que las figuras y descripciones proporcionadas aquí se pueden haber simplificado para ilustrar los elementos que son relevantes para una comprensión clara de la presente invención, aunque se eliminan, con propósitos de claridad, se pueden encontrar otros elementos en los sistemas y métodos de detección de señal óptica normales. Aquellas personas medianamente versadas en la técnica pueden reconocer que pueden ser deseables otros elementos y/o etapas y/o ser necesarias para implementar los dispositivos, sistemas, y métodos descritos aquí. Sin embargo, debido a que dichos elementos y etapas se conocen bien en la técnica, y debido a que no facilitan una comprensión mejor de la presente invención, no se puede proporcionar aquí una discusión de dichos elementos y etapas. La presente descripción se considera que incluye inherentemente todos dichos elementos, variaciones, y modificaciones a los elementos y métodos descritos que conocerían aquellas personas medianamente versadas en la técnica pertinente de operación de red óptica.

Esquemas de Elasticidad

Algunas de las realizaciones descritas aquí adelante solo proporcionan dos clases de servicio. Sin embargo, como se apreciaría por una persona medianamente versada en la técnica, el método descrito se puede extender a tres o más clases de servicio. Aquí adelante, se utilizarán las abreviaturas H y L para "servicio de clase alta" y "servicio de clase baja", respectivamente. La diferencia entre las dos clases es que el tráfico H se proporciona con una calidad de Servicio predeterminada (por ejemplo QoS), mientras que el tráfico L no lo hace. Posteriormente, el tráfico L puede tolerar más retardo.

El esquema 1 utiliza no más de la mitad del tráfico que tiene la capacidad de la red A y la red B durante operación normal. Sin embargo, uno puede acomodar todo el tráfico del otro en el caso de un corte, tal como un incidente que daña un cable de fibra óptica. La red en la que ocurre corte se denomina como la víctima, y la otra red se denomina como respaldo. En este esquema, todo el tráfico en la red de víctima se vuelve a enrutar a la red de respaldo. Como tal, la elasticidad del sistema es simple y confiable. El inconveniente es la necesidad de redundancia completa del sistema, que resulta en costes altos para el operador de red.

En contraste, en el Esquema 2 el tráfico de la interfaz IP-WDM se puede discriminar por el enrutador de acuerdo con la clase de servicio de tráfico, y se puede redirigir a la red de respaldo con base en la clase de tráfico.

Los escenarios de ejemplo se ilustran en las FIGURAS 2 y 3. En las FIGURAS 2 y 3, una red que tiene una capa WDM que comprende dos subredes divididas, WDM-A y WDM-B, que se acoplan a una capa IP. Se ilustra la capa IP que contiene dos enrutadores de ejemplo, y cada enrutador se acopla en forma comunicativa a un nodo en A y un nodo en B. Se entiende que la capa IP incluiría normalmente un número mucho mayor de elementos de enrutamiento, y cada enrutador se puede acoplar a una pluralidad de nodos en A y una pluralidad correspondiente de nodos en B. Las FIGURAS 2 y 3 muestran dos esquemas de operación, el Esquema 1 (recuadros punteados en la izquierda), y Esquema 2 (recuadros sólidos en la derecha). La FIGURA 2 muestra cada esquema durante operación normal, y la FIGURA 3 muestra cada esquema después que ocurre un corte en A y todo su tráfico se transfiere a B. En las figuras, "t" significa el tráfico de red, y su subíndice indica la clase de tráfico (H o L), o la subred en que la fluye el tráfico (A o B).

Utilizando el Esquema 1, durante operación normal como se muestra en la FIGURA 2, los enrutadores y la interfaz IP-WDM no diferencian entre el tráfico H y L, y la interfaz cumple las redes de transporte A y B de forma igual. Todo el tráfico de red, incluyendo el tráfico H y el tráfico L, se divide de forma igual entre A y B. En el caso de un corte en A como se muestra en la FIGURA 3, todo el tráfico A se desvía a B. Como se muestra, el tráfico de red combinado no excede la capacidad de B y no se deja caer el tráfico. Sin embargo, si el tráfico combinado excede la capacidad de B y la red no es capaz de diferenciar entre el tráfico H y L y programar el tráfico, entonces alguna parte del tráfico caerá, incluyendo el tráfico H y el tráfico L.

En un escenario de ejemplo (no ilustrado), se asume que la interfaz IP-WDM se actualiza para diferenciar entre el tráfico H y L, y el tráfico H se lleva completamente por A durante operación normal. Debido a que el volumen de tráfico H de los clientes es normalmente menor que aquel de los clientes L, y las dos redes A y B tienen la misma capacidad debido a simetría, la red A está normalmente menos cargada que la red B. Sin embargo, algo de tráfico L se puede dirigir a A de tal manera que A y B se cargan de forma igual durante operación normal. Luego, en el caso de un corte en A, B puede caer su tráfico, y todo el tráfico en A se puede desviar a B. Por lo tanto, el QoS de todo el tráfico H se mantiene, y solo cae una parte del tráfico L.

Sin embargo, en el Esquema 2 las interfaces IP-WDM se actualizan adicionalmente para que tenga capacidad de programación de tal manera que los recursos en B se pueden compartir. Como se muestra en las FIGURAS 2 y *3*, durante operación normal todo el tráfico H se lleva a cabo por A, preferiblemente junto con una parte del tráfico L. Alternativamente, A y B pueden llevar una parte del tráfico H y el tráfico L (no mostrado). En cualquier caso, en un corte de A, el tráfico A se puede desviar a B y el QoS del tráfico H se puede mantener, y cualquier capacidad restante en B se puede compartir por todo el tráfico L. Con lo cual, el tráfico H continúa recibiendo el mismo QoS, mientras que todo el tráfico L continúa sirviendo, pero con algún retardo adicional. La cantidad de retardo depende de la cantidad de tráfico H y L en el volumen de tráfico total, la capacidad de la red de respaldo, el tiempo de restauración en la capa WDM, etc. Este esquema toma ventaja del QoS menor y resulta en tolerancia para el retardo del tráfico de clase baja para reducir el coste de capacidad aprovisionada en la capa WDM.

En particular como se muestra en las FIGURAS 2 y 3, en el Esquema 1, la interfaz IP-WDM no se diferencia entre el tráfico H y L, y la interfaz cumple las redes de transporte A y B de forma igual. En el caso de un corte de fibra en A, la interfaz mueve el tráfico en A (t_A) desde A hasta B. Para asegurar que el tráfico B no se afecta por esta acción, y debido a que A y B son topológicamente equivalentes, A y B no se pueden cargar a más de la mitad de su capacidad durante operación normal. Por lo tanto, cuando crece el volumen del tráfico, la capacidad de A y B se puede aumentar cuando están solo a 50% de la capacidad.

En el Esquema 2 sin embargo, la interfaz IP-WDM puede diferenciar entre el tráfico H y L. En operación normal, la red A lleva todo el tráfico H, y B se carga con una cantidad de tráfico L igual a la cantidad de tráfico H en A. Debido en general a que se presenta más tráfico L que el tráfico H en una red, una parte de tráfico L aún no se programa, igual al L total menos el H total. En la realización ilustrativa mostrada en las figuras, el tráfico L se puede dividir en forma igual entre A y B. Luego, en el caso de un corte en A, todo el tráfico A, incluyendo todo el tráfico H y una parte del tráfico L, se desvía a B. B luego se opera de tal manera que el QoS del tráfico H se mantiene, y todo el tráfico L se maneja para compartir cualquier capacidad restante en B. Cuando A se restaura, todo el tráfico H se dirige de nuevo hacia A, y el tráfico L se comparte como anteriormente. En el Esquema 2, cuando crece el volumen de tráfico, la capacidad de A y B no necesita aumentar hasta que el volumen H solo es suficiente para cargar la red a 100% de su capacidad. Esto puede resultar en ahorros dramáticos en expansión de capital o los costes de arrendamiento comparado con el Esquema 1.

Supervivencia

Se puede modelar un corte de cable como un proceso estocástico distribuido en los bordes de A y excede ocasionalmente un umbral para provocar un defecto de cable en un borde. Luego, la supervivencia del servicio se define como la probabilidad de un servicio que sobrevive al evento de corte de cable en alguna parte en la capa WDM. Un evento de corte de cable en A activará la interfaz IP-WDM correspondiente para desviar todo el tráfico desde A hasta B. Sea S_A y S_B el evento en que un cable sobrevive a dicho accidente en A y en B, respectivamente. Luego la probabilidad de corte de fibra en A y B son P_A= l-Pr(S_A) y P_B=1-Pr(S_B), respectivamente.

En el Esquema 1, todo el tráfico comparte el mismo destino, independiente de la clase de tráfico. Luego en el evento de un corte en la red víctima, la supervivencia del servicio tiene la probabilidad

$$P_I \stackrel{def}{=} Pr(S_A \cup S_B)) = 1-p_A p_B$$

Debido a que S_A y S_B son mutuamente independientes.

En el Esquema 2, la interfaz diferencia el tráfico H y L, pone todo el tráfico H en A y comparte el tráfico L entre A y B como se describió previamente. Luego, en un corte de una red víctima, la supervivencia respectiva de los clientes H y los clientes L se puede determinar como sigue.

Para el tráfico H, el evento de supervivencia tiene la probabilidad

$$P_{II}(H) \stackrel{def}{=} Pr[S_A \cup ((\bar{S_A} \cap S_B))] = 1-p_A p_B$$

Para el tráfico L, el recurso compartido como se describió previamente resulta en retardo agregado debido a programación, pero todo el tráfico aún sirve mientras que la cantidad de tráfico H es menor de 100% de la capacidad de red de respaldo. Como resultado, la probabilidad de supervivencia de los clientes L bajo esta condición es

$$P_{II}(L, a<1/2) \stackrel{def}{=} Pr[(S_A \cap S_B) \cup (\bar{S_A} \cap S_B)] = 1-p_B$$

De otra parte, si la cantidad de tráfico H es igual a 100% de la capacidad de la red de respaldo, la probabilidad de supervivencia de los clientes L es

$$P_{II}(L, a=1/2) \stackrel{def}{=} Pr[(S_A \cap S_B)] = (1-p_A)(1-p_B)$$

Desempeño

Para evaluar el desempeño del Esquema II versus el Esquema I, se pueden utilizar las siguientes mediciones:

$$C(H) := (P_{II}(H))/P_I = [1-p_A p_B)/(1-p_A p_B) = 1$$

$$C(L, a<1/2) := (P_{II}(L, a<1/2))/P_I = (1-p_B)/(1-p_A p_B)$$

$$C(L, a=1/2) := (P_{II}(L, a=1/2)]/P_I = ((1-p_A)(1-p_B))/(1-p_A p_B)$$

Un valor de medición menor de uno indica degradación de desempeño del Esquema 2 comparado con el Esquema 1. Para P_A, P_B e[0,1) obtenemos la relación general

$$1 = C(H) \leq C(L, a<1/2) \leq C(L, a=1/2)$$

Aquí, en un valor de uno significa que no hay cambio en términos de la supervivencia de clientes H en el Esquema 2. Se espera la degradación de calidad del servicio para clientes L en el Esquema 2, debido a que la continuidad del servicio para los clientes L se proporciona en el coste de retardo adicional. , Sin embargo, no se incluye el retardo en la medición anterior. La medición anterior es un indicador del desempeño relativo en términos de relación de supervivencia. Como tal, la magnitud de la degradación de calidad del servicio se dicta por el corte de cable en A y B. Como se muestra en la Figura 4, dentro de un rango de valores reales para P_A y P_B, la magnitud de la medición es del segundo orden.

Este análisis muestra que, mientras se mantiene la misma calidad de servicio para clientes H, el Esquema 2 tiene una ventaja dramática en costes sobre el Esquema 1. Esto se debe a que en el Esquema 1, A y B se pueden cargar a solo 50% de su capacidad durante operación normal pero, ambos se pueden cargar a su capacidad completa en el Esquema 2. Sin embargo, el coste inicial de construcción o arrendamiento de una red óptica de acuerdo con el Esquema 2 es solo aproximadamente la mitad de aquel del Esquema 1. Más aún, el coste de expandir una red existente se incurre en el Esquema 1 cuando la carga de red alcanza solo 50% de capacidad. En contraste, el coste de expansión se puede retrasar en el Esquema 2 hasta que la carga de red alcanza 100% de la capacidad, un retardo quizás de muchos años. El valor de tiempo de moneda puede provocar un gasto de retardo largo que tiene un valor presente que es una fracción pequeña del coste futuro. De acuerdo con lo anterior, un coste relativamente pequeño incurrido para actualizar los enrutadores y/o la interfaz IP-WDM para discriminar entre diferentes clases de tráfico puede resultar en ahorros iguales a la gran mayoría del coste de aumentar la capacidad de la red.

Se observa que la mejora en el QoS proporcionado para el tráfico L se puede lograr al aumentar la velocidad de cambio de protección óptica y restauración dentro de la capa WDM.

Aunque la invención se ha descrito e ilustrado en formas de ejemplo con un cierto grado de particularidad, se observa que la descripción e ilustraciones se han hecho solo por vía de ejemplo. Se pueden hacer numerosos cambios en los detalles de construcción y combinación y la disposición de partes y etapas. De acuerdo con lo anterior, se pretende que dichos cambios se incluyan en la invención, cuyo alcance se define por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una red que comprende:

una capa de transporte que incluye:

una primera subred (A) que tiene una pluralidad de nodos de conmutación óptica y/o nodos de multiplexor de adición-sustracción ópticos reconfigurables (ROADM), y

una segunda subred (B) inconexa de y sustancialmente topológicamente idéntica a A; y

una capa de enrutamiento (L3) que comprende una pluralidad de enrutadores, cada enrutador se acopla en forma comunicativa a por lo menos un nodo en A y por lo menos un nodo en B;

en donde la red es operable para proporcionar el primer tráfico de red de prioridad (F) con una primera clase de servicio que tiene una primera Calidad de Servicio (QoS) y segundo tráfico de red de prioridad (S) con una segunda clase de servicio que tiene un segundo QoS menor que el primer QoS; y

en donde, en operación normal, el tráfico F no excede la mitad del tráfico de red instantáneo total; y en donde la capa de enrutamiento y/o la interfaz entre la capa de enrutamiento y la capa de transporte es operable para diferenciar entre una pluralidad de clases de servicio cada una tiene un QoS correspondiente, y es adicionalmente operable para programar el tráfico con base en su clase de servicio.

2. La red de la reivindicación 1, en donde:

todo el tráfico F se trasporta en A y una cantidad de tráfico S igual a la cantidad del tráfico F se trasporta en B; y cualquier tráfico S restante se divide de forma igual entre A y B; y

en el caso que uno de A y B llegue a ser inoperable, todo el tráfico F se transfiere a la subred operable y se mantiene el QoS del tráfico F, y todo el tráfico S está limitado para compartir cualquier tráfico restante que tiene la capacidad de la subred operable.

3. La red de la reivindicación 1, en donde la red es una red óptica que implementa el Protocolo de Internet (IP) sobre Multiplexado de División de Longitud de Onda (WDM) o IP sobre WDM Denso (DWDM).

4. La red de la reivindicación 1, en donde la red implementa Conmutado de Etiqueta Multiprotocolo IP (IP/MPLS).

5. La red de la reivindicación 1, en donde la red garantiza por lo menos un QoS F predeterminado para el tráfico F y un QoS S para el tráfico S que es más tolerante del retardo de suministro que el QoS F.

6. La red de la reivindicación 5, en donde en el caso de un defecto de cable el tráfico S se limita por un retardo tolerable predeterminado en el suministro de por lo menos una parte del tráfico S.

7. La red de la reivindicación 5, en donde el retardo del tráfico S se implementa utilizando un esquema de programación de paquete y el retardo es uniforme para todos los clientes dentro del tráfico S.

8. La red de la reivindicación 1, en donde cada uno de los enrutadores es operable para tráfico directo de A o B con base en la clase de servicio de tráfico.

9. Un método para operar un red óptica que tiene una capa de transporte que incluye una primera subred (A) que tiene una pluralidad de nodos de conmutación ópticos y/o nodos de multiplexor de adición-sustracción ópticos reconfigurables (ROADM), una segunda subred (8) inconexa de y sustancialmente topológicamente idéntica a A, y una capa de enrutamiento (L3) que tiene una pluralidad de enrutadores, cada enrutador se acopla en forma comunicativa a través de una interfaz a por lo menos un nodo en A y por lo menos un nodo en B, en donde cada enrutador o la interfaz entre el enrutador y la capa de transporte es operable para diferenciar entre una pluralidad de clases de servicio con el QoS correspondiente y programar el tráfico con base en su clase de servicio, el método para operar la red comprende:

proporcionar el primer tráfico de red de prioridad (F) con un primera clase de servicio que tiene una primera Calidad de Servicio (QoS) y segundo tráfico de red de prioridad (S) con una segunda clase de servicio que tiene un QoS menor que el primer QoS, en donde en operación normal el tráfico F no excede la mitad del tráfico de red instantáneo total;

configurar los enrutadores o las interfaces entre los enrutadores y los nodos correspondientes respectivos para:

en el caso de que uno de A y B llegue a ser inoperable:

transferir todo el tráfico a la subred operable;

mantener el QoS del tráfico F; y

limitar todo el tráfico S para compartir cualquier tráfico restante que tiene la capacidad de la subred operable.

10. El método de la reivindicación 9, en donde durante operación normal, la red se configura para dirigir todo el tráfico F a A y una cantidad de tráfico S a B que es igual a la cantidad del tráfico F y dividir cualquier tráfico S restante entre A y B.

11. El método de la reivindicación 10, en donde la red implementa el Protocolo de Internet (IP) sobre Multiplexado de División de Longitud de Onda (WDM) o el Protocolo de Internet (IP) sobre Multiplexado de División de Longitud de Onda Denso (DWDM) en una capa WDM.

12. El método de la reivindicación 10, en donde la red implementa Conmutado de Etiqueta Multiprotocolo IP (IP/MPLS).

13. El método de la reivindicación 10, en donde la red garantiza el primer QoS para el tráfico F y un QoS diferente para el tráfico S.

14. El método de la reivindicación 10, en el que, en el caso A es inoperable, el suministro de por lo menos una parte del tráfico S se programa para suministro retrasado en B.

15. El método de la reivindicación 14, en donde el retardo del tráfico S se implementa utilizando una programación round robin.

16. El método de la reivindicación 10, en donde los enrutadores y/o las interfaces entre los enrutadores y los nodos correspondientes respectivos, se configuran para dirigir el tráfico hasta y/o desde una capa de transporte de la red con base en la clase de servicio de tráfico.

17. El método de la reivindicación 16, en donde la red proporciona por lo menos un tercer tráfico de red de prioridad (T) con una tercera clase de servicio que tiene un tercer QoS menor que el primer QoS, y en el caso que A llegue a ser inoperable, transferir el tráfico T a B y programar por lo menos una parte del tráfico T para compartir cualquier tráfico restante que tiene la capacidad de B.

18. El método de la reivindicación 16, en donde los enrutadores y/o las interfaces entre los enrutadores y los nodos correspondientes respectivos son operables para:

ser conscientes del porcentaje de capacidad de red utilizada por el tráfico F del cliente,

reconocer la clase de servicio del tráfico de cliente en un flujo de paquetes procesado por el enrutador correspondiente,

dividir el flujo de tráfico entre el enrutador correspondiente y la capa WDM, por medio de TDM o WDM, de tal manera que un porcentaje predeterminado del tráfico F y S vaya hacia A y un porcentaje predeterminado diferente del tráfico F y S vaya hacia B;

recibir una alarma en el caso de un corte de equipo en la capa WDM, y estar consciente del estado de la capa WDM en vista del corte de equipo y respuesta a la alarma:

desviar paquetes desde A hasta B sin interrupción de servicio de suministro de paquete;

programar el tráfico F que se va a suministrar de acuerdo con el F QoS, y programar el tráfico S para compartir cualquier capacidad restante en B; y

responder a una confirmación que A ha sido restaurado, retornar el patrón de tráfico al estado de pre-alarma.

Modelo OSI			
	Unidad de datos	Capa	Función
Capas Host	Datos	7. Aplicación	Procesos de red para aplicación
		6. Presentación	Representación de datos, encriptación y desencriptación, datos dependientes de la máquina de conversión para los datos independientes de máquina
		5. Sesión	Comunicación InterHost, sesiones de manejo entre aplicaciones
	Segmentos	4. Transporte	Conexiones extremo a extremo, confiabilidad y control de flujo
Capas de medios	Paquete/Datagrama	3. Red	Determinación de la ruta y direccionamiento lógico
	Tramas	2. Enlace de datos	Direccionamiento fisico
	Bit	1. Físico	Transmisión binaria, de señal y media

FIG. 1

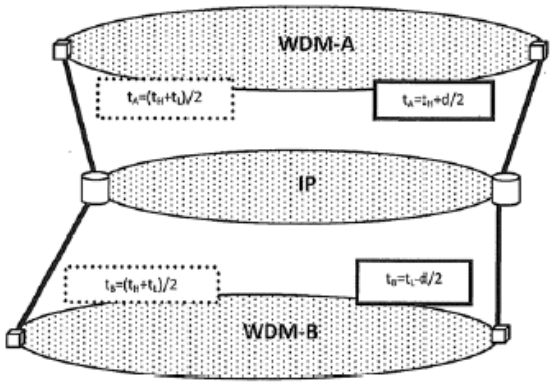

WDM-A
$t_A=(t_H+t_L)/2$
$t_A=t_H+d/2$
IP
$t_B=(t_H+t_L)/2$
$t_B=t_L-d/2$
WDM-B

FIG. 2

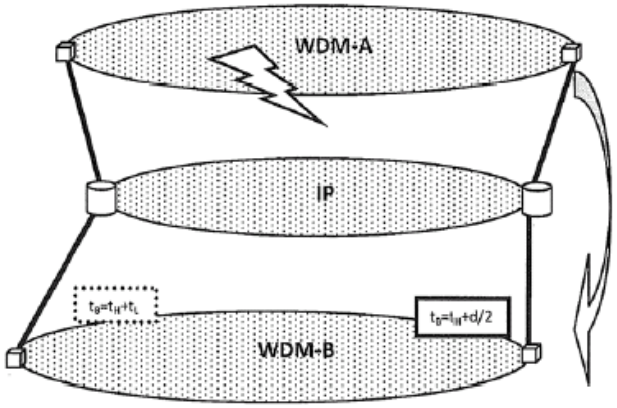

WDM-A
IP
$t_B=t_H+t_L$
$t_B=t_H+d/2$
WDM-B

FIG. 3

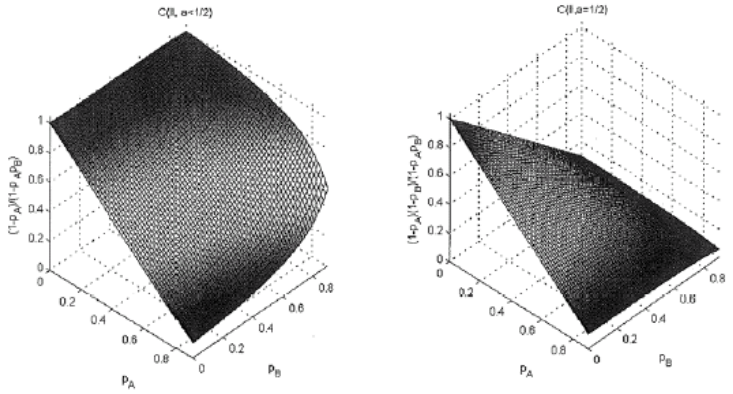


FIG. 4