



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 992**

51 Int. Cl.:  
**H04L 12/56** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03737577 .1**

96 Fecha de presentación : **31.01.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1470679**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.10.2004**

54 Título: **Procedimiento y aparato para una red multicapa en SONET/SDH.**

30 Prioridad: **01.02.2002 US 353254 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**15.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**15.04.2011**

73 Titular/es: **TELLABS OPERATIONS, Inc.**  
**One Tellabs Center, 1415 West Diehl Road**  
**Naperville, Illinois 60563, US**

72 Inventor/es: **Crane, Benjamin, Mack, T.;**  
**Teller, Susan, W. y**  
**Sadler, Jonathan, B.**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 356 992 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 Y APARATO PARA UNA RED MULTICAPA EN SONET/SDH**CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere en general a un  
5 procesamiento de control de red de telecomunicaciones y, más  
en particular, a un procedimiento y a un sistema para un  
enrutamiento de red multicapa.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

El cálculo de una ruta a través de una red se basa en  
10 atributos de enlace notificados por cada nodo de la red. Se  
conocen varios atributos de enlace que pueden notificarse por  
los nodos 12 de una red de telecomunicaciones 10. Estos  
atributos de enlace incluyen la métrica de ingeniería de  
tráfico, el ancho de banda máximo o total reservable, el  
15 ancho de banda no reservado, la clase/color de recurso, el  
tipo de protección de enlace y el grupo de enlaces de riesgo  
compartido. La métrica de ingeniería de tráfico especifica la  
métrica de enlace para fines de ingeniería de tráfico. El  
ancho de banda máximo o total reservable especifica el máximo  
20 ancho de banda que puede reservarse en este enlace en un  
sentido. El ancho de banda no reservado especifica la  
cantidad de ancho de banda no reservado todavía en el enlace  
en un sentido. La clase/color de recurso especifica la  
pertenencia a un grupo administrativo para este enlace. El  
25 tipo de protección de enlace especifica la capacidad de  
protección que existe para el enlace. El atributo de grupo de  
enlaces de riesgo compartido identifica un conjunto de  
enlaces que comparten un recurso cuyo fallo puede afectar a  
todos los enlaces del conjunto.

30 La notificación del estado de enlace también puede  
incluir un descriptor de capacidad de conmutación de  
interfaz. El descriptor de capacidad de conmutación de  
interfaz describe la capacidad de conmutación para una  
interfaz donde el enlace está definido como estando conectado  
35 a un nodo mediante una interfaz. Por ejemplo, es posible que  
una interfaz que conecta un enlace dado con un nodo no pueda  
conmutar paquetes individuales, sino que pueda conmutar

canales en una carga útil de red óptica síncrona (SONET). La interfaces en cada extremo de un enlace pueden no tener las mismas capacidades de conmutación. Para enlaces bidireccionales, las capacidades de conmutación del enlace se definen para que sean las mismas en ambos sentidos para los datos que entran en y salen del nodo a través de esa interfaz. Para un enlace unidireccional, se supone que el descriptor de capacidad de conmutación de interfaz en el extremo alejado del enlace es el mismo que en el extremo cercano del enlace. Es necesario que un enlace unidireccional tenga las mismas capacidades de conmutación de interfaz en ambos extremos del enlace.

El descriptor de capacidad de conmutación de interfaz puede especificar una capacidad de conmutación, un tipo de codificación, un ancho de banda máximo y mínimo de trayectoria de conmutación etiquetada (LSP) y una unidad de transmisión máxima de interfaz. El descriptor de capacidad de conmutación especifica si la interfaz puede soportar capa 2, paquetes, multiplexión por división de tiempo, lambda o fibra, y también especifica si la interfaz soporta más de uno de estos tipos. El máximo ancho de banda LSP especifica el menor de entre el ancho de banda no reservado y el máximo ancho de banda reservable por prioridad. El mínimo ancho de banda LSP especifica la cantidad mínima de ancho de banda que puede reservarse. El descriptor de unidad de transmisión máxima de interfaz define el tamaño máximo de un paquete que puede transmitirse en esta interfaz sin fragmentarse. Otros descriptores distintos al descriptor de capacidad de conmutación dependen del tipo de capacidad de conmutación definida en el descriptor de capacidad de conmutación.

El atributo de enlace y el descriptor de capacidad de conmutación de interfaz mencionados anteriormente se notifican por un nodo para su propia interfaz de egreso solamente y requieren cálculos de ruta para encontrar la notificación inversa para un enlace bidireccional con el fin de determinar las capacidades del extremo de un vecino del enlace. Esto complica innecesariamente el cálculo de la ruta

y añade la limitación de que los enlaces unidireccionales tienen las mismas capacidades en ambos extremos.

El documento US 2001/033548 desvela una técnica para proporcionar una trayectoria virtual entre los nodos de una red que presenta una topología común. Un protocolo común se utiliza en toda la red para las comunicaciones entre los nodos.

El documento EP 1 146 682 desvela un sistema y un procedimiento para combinar mecanismos de restauración de malla y de protección de anillo lógico para la recuperación con respecto a fallos en nodos enlazados de redes ópticas.

#### RESUMEN DE LA INVENCIÓN

A partir de lo expuesto anteriormente, los expertos en la materia pueden apreciar que existe la necesidad de una técnica para proporcionar notificaciones de estado de enlace en una red de telecomunicaciones con el fin de facilitar un enrutamiento multicapa. Según la presente invención, se proporcionan un procedimiento y un sistema para un enrutamiento de red multicapa que eliminan sustancialmente o reducen en gran medida las desventajas y los problemas asociados con las técnicas de cálculo de rutas convencionales.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para el enrutamiento en una red multicapa según la reivindicación 1.

Según otro aspecto de la invención, se proporciona una red para la comunicación de señales de transporte según la reivindicación 11.

Según un aspecto adicional de la invención, se proporciona un medio legible por ordenador que incluye código para realizar el enrutamiento en una red multicapa según la reivindicación 16.

La presente invención proporciona varias ventajas técnicas sobre las técnicas convencionales de gestión de datos. Algunas de estas ventajas técnicas se muestran y se describen en la descripción de la presente invención. Realizaciones de la presente invención pueden presentar

algunas, todas o ninguna de estas ventajas. Otras ventajas técnicas pueden ser fácilmente aparentes para los expertos en la materia a partir de las figuras siguientes, de la descripción y de las reivindicaciones.

#### 5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para proporcionar un entendimiento más completo de la presente invención y de las características y ventajas de la misma, se hace referencia a la siguiente descripción, tomada junto con las figuras adjuntas, en las que los números de referencia similares representan partes similares, y en las que:

- la FIGURA 1 ilustra un diagrama simplificado de una red de telecomunicaciones;
- la FIGURA 2 ilustra un diagrama simplificado de una configuración de capa de enrutamiento de conexión múltiple de la red de telecomunicaciones;
- la FIGURA 3 ilustra atributos de tipo de conexión determinados y notificados en cada nodo de la red de telecomunicaciones;
- las FIGURAS 4A a 4C ilustran una notificación de estado de enlace de ejemplo generada en cada nodo;
- las FIGURAS 5A y 5B ilustran un flujo de proceso para generar un cálculo de ruta implementando los atributos de tipo de conexión;
- la FIGURA 6 ilustra una etapa adicional implicada en la generación de nodos candidatos llevada a cabo durante el cálculo de la ruta;
- la FIGURA 7 ilustra una etapa adicional implicada en la generación de los nodos candidatos durante el cálculo de la ruta;
- la FIGURA 8 ilustra un enfoque de enrutamiento de conexión aislada por capa para una red multicapa.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La FIGURA 1 es un diagrama simplificado de una red de

telecomunicaciones 10. La red de telecomunicaciones 10 incluye una pluralidad de nodos o puntos de conmutación 12 interconectados mediante enlaces 14. Cada nodo 12 puede hacerse funcionar para transferir señales de telecomunicaciones utilizando uno o más tipos de señal. Ejemplos de tipos de señal incluyen el nivel 1 de servicio digital (DS1), DS3, el nivel 1.5 tributario virtual (VT1.5), el nivel 1 de señal de transporte síncrona (STS-1), STS-3c y el nivel 3 de portadora óptica (OC-3). Los nodos 12 también pueden soportar otros tipos de señal convencionales conocidos fácilmente por los expertos en la materia. Cada tipo de señal representa una capa de enrutamiento de conexión diferente en la red de telecomunicaciones 10. Para cada señal transportada en la red de telecomunicaciones 10 se determina una ruta hacia su destino previsto. La determinación de la ruta a través de la red de telecomunicaciones 10 puede realizarse en un nodo origen 12, un nodo 12 que actúa como un nodo de supervisión o de control, o en un nodo de gestión centralizado 16 según un diseño deseado para la red de telecomunicaciones 10. La determinación de una ruta y la generación de información relacionada asociada con los nodos 12 de la red de telecomunicaciones 10 pueden llevarse a cabo mediante módulos de procesamiento adecuados.

Para proporcionar automáticamente una señal a través de la red de telecomunicaciones 10 se calcula una ruta y se obtiene un establecimiento de conexión a partir de la ruta calculada para los nodos de información 12. La ruta identifica los equipos de conmutación en los nodos 12 y los enlaces 14 apropiados que la señal atraviesa con el fin de llegar a un nodo destino 12 desde un nodo origen 12. Una vez que se haya calculado la ruta, se lleva a cabo la señalización del establecimiento de conexión a los nodos 12 apropiados de la red de telecomunicaciones 10 con el fin de establecer las conexiones de conmutación intermedias necesarias para proporcionar un servicio de extremo a extremo para la señal. Como alternativa, las conexiones pueden configurarse desde una fuente central o mediante otros medios

según implementaciones deseadas. La señalización para el establecimiento de conexión se realiza mediante técnicas estándar conocidas por los expertos en la materia.

La FIGURA 2 muestra una vista por capas a modo de ejemplo de la red de telecomunicaciones 10. El enrutamiento de señales de red de transporte a través de la red de telecomunicaciones 10 puede conseguirse mediante un enrutamiento de conexión aislada por capa o enrutamiento de conexión multicapa. Una capa es una abstracción que contiene los puntos de conmutación y los enlaces que operan en un tipo de señal. Para el ejemplo mostrado en la FIGURA 2, la capa 20 está asociada con el tipo de señal DS1, la capa 22 está asociada con el tipo de señal DS3, y la capa 24 está asociada con el tipo de señal STS-1. Se considera que una capa de cliente es la capa de red solicitada originalmente y que una capa de servidor proporciona una capacidad de línea troncal para la capa de cliente. Otras capas también pueden estar presentes en la red de telecomunicaciones 10, donde una capa está presente para cada tipo de señal soportado por la red de telecomunicaciones 10.

El enrutamiento de conexión aislada por capa proporciona una instancia de enrutamiento distinta que existe para cada capa soportada por la red de telecomunicaciones 10. Estas instancias de enrutamiento funcionan de manera independiente entre sí. Por lo tanto, cada capa no conoce la conectividad potencial disponible en las otras capas. Al no conocer la conectividad disponible en otras capas, la capa de cliente no puede determinar de manera óptima un punto para solicitar una conexión de capa de servidor entre dos puntos en la capa de cliente. De esta manera, la capa de cliente puede elegir puntos no óptimos para solicitar una conexión de capa de servidor con el fin de completar la ruta en la capa de cliente. Además, las trayectorias disponibles en la capa de servidor pueden no satisfacer determinados requisitos de servicio. Si la capa de cliente no puede identificar las características de una conectividad de capa de servidor disponible antes de realizar una solicitud para una conexión

de línea troncal, la capa de cliente debe esperar a que finalice el cálculo de la ruta antes de determinar si pueden satisfacerse los requisitos de servicio. Si no pueden satisfacerse los requisitos de servicio, la capa de cliente  
5 necesitará considerar la ruta que ha tomado e intentar encontrar otra ruta que permita satisfacer los requisitos de servicio. Aunque la capa de servidor puede proporcionar una lista de posibilidades de conexión con sus respectivos atributos a la capa de cliente, la creación de una lista de trayectorias y atributos en la capa de cliente para cada  
10 destino en la capa de servidor requerirá un gran esfuerzo por parte del procesador y de la memoria cuando una red tenga un elevado número de trayectorias entre los puntos de extremo en la capa de servidor y cada trayectoria puede presentar un conjunto diferente de atributos. La presente invención  
15 proporciona una realización para utilizar de manera eficaz un enrutamiento de conexión aislada por capa en un entorno de enrutamiento de conexión multicapa.

El enrutamiento multicapa proporciona una única  
20 instancia de enrutamiento que es responsable del enrutamiento de conexión en múltiples capas de la red de telecomunicaciones 10. Esta instancia de enrutamiento permite visualizar el estado y los atributos de todos los enlaces en múltiples capas y permite determinar mejores rutas con menos  
25 ciclos de procesador y menos memoria. La notificación de enlace convencional no es suficiente para soportar un cálculo de ruta que requiere una adaptación a capas de servidor correlacionadas y multiplexadas y no permite asignar diferentes costes a conexiones de enlace en diferentes capas  
30 de red en el mismo enlace notificado. Normalmente, no hay suficiente información para determinar rutas aceptables en redes multicapa a no ser que todos los nodos frontera puedan conmutar en todas las capas de red, lo que puede no ser posible en un diseño de red. Además, las prácticas de  
35 enrutamiento actuales no soportan un enrutamiento a través de recursos agrupados para funciones de adaptación y/o de interfuncionamiento y no afrontan todos los tipos de



restricciones de enrutamiento que son necesarios para un cálculo de ruta efectivo en redes multicapa. La presente invención proporciona una realización que convierte estas desventajas en ventajas para proporcionar de manera eficaz un enrutamiento multicapa.

Las rutas se calculan a través de la utilización de un algoritmo. Un algoritmo común utilizado en el cálculo de una ruta a través de una red se conoce como el algoritmo de Dijkstra. El algoritmo de Dijkstra es una subrutina estándar para encontrar las trayectorias más cortas desde un nodo origen hasta un nodo destino teniendo en cuenta diferentes ponderaciones o costes implicados en el recorrido de la red. Una variación del algoritmo de Dijkstra, denominado como el algoritmo extendido de Dijkstra o algoritmo de la primera trayectoria más corta restringida (CSPF), tiene en cuenta atributos de un enlace, garantías de disponibilidad y costes económicos que se utilizan para determinar si el enlace puede satisfacer las restricciones de enrutamiento previstas en una solicitud de enrutamiento para un nodo destino especificado. De esta manera, puede proporcionarse diversidad geográfica de una señal, puede minimizarse el coste económico para una conexión o pueden producirse otros comportamientos de enrutamiento deseables. Con el fin de realizar el enrutamiento en una red multicapa, cada nodo determina estados de enlace y notifica estos estados de enlace a lo largo de toda la red de telecomunicaciones. En cada capa soportada por la red de telecomunicaciones, cada nodo notifica varios atributos a nodos vecinos. Estas notificaciones de estado de enlace se utilizan para llevar a cabo cálculos de ruta utilizando el algoritmo de Dijkstra u otras técnicas de determinación de rutas.

La FIGURA 3 muestra atributos de tipo de conexión que pueden soportarse por un nodo y notificarse a un nodo vecino. Estos atributos de tipo de conexión añaden eficacia y flexibilidad a los cálculos de ruta no disponibles con las notificaciones de atributos convencionales. Los atributos de tipo de conexión incluyen tránsito, fuente, colector

32, egreso libre 34, ingreso libre 35, fuente libre 36 y colector libre 37. El tipo de conexión tránsito 30 representa la capacidad del nodo notificante y vecino de recibir señales de red de transporte procedentes de un nodo y de reenviar las  
5 señales de red de transporte al siguiente nodo de la ruta. El tipo de conexión fuente 31 representa la capacidad del nodo notificante de crear señales de red de transporte en la capa actual y la capacidad de un nodo vecino de reenviar las señales de red de transporte al siguiente nodo de la ruta. El  
10 tipo de conexión colector 32 representa la capacidad del nodo notificante de reenviar las señales de red de transporte al nodo vecino para su terminación. El tipo de conexión egreso libre 34 representa la capacidad del nodo notificante de adaptar las señales de red de transporte procedentes de la  
15 capa de enrutamiento de conexión actual a una capa de enrutamiento de conexión de servidor. El tipo de conexión ingreso libre 35 representa la capacidad de un nodo vecino de recibir señales de red de transporte en la capa de enrutamiento de conexión actual desde una capa de enrutamiento de conexión de servidor. El tipo de conexión  
20 fuente libre 36 representa la capacidad de un nodo notificante de crear señales de red de transporte en la capa de enrutamiento de conexión actual y de adaptar las señales de red de transporte origen a una capa de enrutamiento de conexión de servidor. El tipo de conexión colector libre 37  
25 representa la capacidad de un nodo vecino de recibir señales de red de transporte en la capa de enrutamiento de conexión actual desde una capa de enrutamiento de conexión de servidor y de finalizar las señales de red de transporte actuales.

30 En capas de medio físico, las relaciones libres no son posibles ya que se supone que el medio está conectado al nodo vecino y los medios físicos no están sujetos a la adaptación a otras capas de servidor. En capas de señal física, es posible que los equipos insertados en el enlace físico entre  
35 los nodos tengan propiedades que sean más restrictivas que los equipos de conmutación en los extremos del enlace. Por ejemplo, dos conexiones cruzadas transparentes pueden

conectarse mediante un tramo de fibras que incluye un repetidor SONET. Esto limitará el enlace a los clientes SONET, mientras que los equipos de conmutación no tienen esta limitación. En este caso, las propiedades limitativas del tramo pueden proyectarse a los conmutadores de una manera que indique de manera precisa el tipo de conectividad disponible. La limitación es adoptada por los nodos como una característica del enlace notificado aunque los propios equipos de conmutación no sean la fuente de la limitación.

10 Las FIGURAS 4A a 4C muestran un ejemplo de una notificación realizada por un nodo 12 según la presente invención. En la FIGURA 4A se muestran los atributos de ancho de banda no reservado y de máximo ancho de banda LSP. Estos atributos pueden notificarse una vez por enlace. El atributo convencional de ancho de banda máximo o total reservable no es necesario ya que una suscripción excesiva puede manejarse ajustando simplemente el atributo de ancho de banda no reservado en una fracción apropiada de la reserva de ancho de banda para cada protocolo de estado de enlace asignado al enlace.

20 La FIGURA 4B muestra un grupo de atributos de conectividad (CAG) que puede notificarse según sea necesario. El CAG incluye el tipo de señal, los tipos de conexión soportados y disponibles, la disponibilidad de tipo de señal de servidor y el coste de adaptación asociado, la disponibilidad de tipo de señal de cliente y el coste de adaptación asociado, y la afinidad de punto de extremo de servidor. Cada nodo determina los nodos vecinos con los que se comunica durante una fase de identificación de operación. Después se lleva a cabo una fase de intercambio de capacidad de manera que un nodo puede conocer las diversas capacidades de cada uno de sus nodos vecinos. Con esta información, un nodo puede crear CAG para cada enlace con cada nodo vecino. Como alternativa, estas fases pueden proporcionarse en la instalación de los nodos.

35 Un CAG se forma y se notifica para cada tipo de señal soportado por el nodo. El tipo de señal identifica la capa

para el enlace que está anunciándose. El tipo de conexión  
identifica uno o más de los tipos de conexión mostrados en la  
FIGURA 3. La disponibilidad de tipo de señal de servidor  
indica que el nodo tiene la capacidad de adaptar el tipo de  
5 señal actual a una capa de servidor identificada y que la  
conectividad fuente está disponible en esa capa de servidor  
en este enlace. El coste de adaptación identifica el coste  
implicado en la ampliación de la conectividad de egreso libre  
con el fin de avanzar hacia la capa de servidor identificada.  
10 La disponibilidad de tipo de señal de cliente indica que el  
nodo vecino tiene la capacidad de adaptar el tipo de señal  
actual a una capa de cliente identificada y que la  
conectividad libre está disponible en la capa de cliente  
identificada en este enlace. El coste de adaptación  
15 identifica el coste implicado en la ampliación de la  
conectividad de colector con el fin de avanzar hacia la capa  
de cliente identificada. El campo de punto de extremo de  
afinidad de servidor identifica una lista de identificadores  
de enrutador que indican qué nodos deben tener un tratamiento  
20 preferente para la terminación de un camino de servidor que  
se origina en este nodo mientras se enruta este tipo de  
señal.

Los tipos de conexión y la disponibilidad asociada se  
muestran como campos de bit con una posición de bit para cada  
25 tipo de conectividad definido anteriormente. Estos campos  
indican si cada conectividad es soportada y está actualmente  
disponible para este enlace. Aunque se muestra de esta  
manera, la notificación de estado de enlace puede adoptar  
cualquier forma deseada para la comunicación de esta  
30 información. Si un tipo de conexión se notifica como  
actualmente disponible para un enlace, esto indica que al  
menos una conexión de enlace de ese tipo está disponible.  
Para soportar el establecimiento de múltiples conexiones  
enrutadas conjuntamente, la información notificada puede  
35 ampliarse para incluir el número de conexiones disponibles de  
cada tipo. Sin embargo, el beneficio de esta ampliación no  
basta para justificar el aumento resultante en el tamaño de

las bases de datos ya que puede utilizarse un reenrutamiento automático hacia atrás para tratar los casos relativamente raros en los que la información notificada no es suficiente para garantizar que la ruta calculada sea aceptable.

5           La FIGURA 4C muestra atributos adicionales que pueden notificarse para cada enlace. Estos atributos pueden repetirse según sea necesario antes del CAG al que se aplican. Estos atributos incluyen la clase/color de recurso, el tipo de protección de enlace y el grupo de enlaces de  
10 riesgo compartido. Estos atributos se refieren a varias restricciones de enrutamiento. Si no están incluidos, se aplican valores por defecto. Cualquiera de estos atributos puede repetirse individualmente con un nuevo valor con el fin de fijar ese valor para los CAG siguientes.

15           Las FIGURAS 5A y 5B muestran un proceso de ejemplo para determinar un cálculo de ruta utilizando la información CAG notificada. El proceso muestra cómo se modifica el algoritmo de Dijkstra para utilizar la información CAG para obtener una ampliación de ruta a través de caminos de servidor  
20 multiplexados y correlacionados. Aunque se muestran los cambios en el algoritmo de Dijkstra, tales cambios se muestran solamente a modo de ejemplo ya que la información CAG notificada puede implementarse en otras técnicas de determinación de rutas basadas en estado de enlace y no están  
25 limitados a su aplicación en el algoritmo de Dijkstra. En el proceso mostrado, cada nodo tiene un identificador de nodo asociado y una pila de señales para identificar de manera unívoca al nodo. La pila de señales es una pila de tipos de señal que representan las capas actuales para la conexión que  
30 está encaminándose en este nodo. Al igual que todas las pilas, los valores nuevos se añaden o se introducen en la parte superior de la pila y los valores se extraen o se sacan desde la parte superior de la pila.

          El cálculo realizado por el proceso de las FIGURAS 5A y  
35 5B proporciona un conjunto de rutas dentro de un área asociadas con un área, Área A. Un árbol de trayectorias más cortas se determina mediante un nodo que calcula la ruta

utilizando un nodo especificado en la topología de red como una raíz. La formación del árbol de trayectorias más cortas se realiza en dos fases. En la primera fase, solo se consideran los enlaces entre los nodos de una única capa de cliente. En la segunda fase, se consideran los enlaces de una o más capas de servidor. En cada iteración del algoritmo hay una lista de nodos candidatos. Las trayectorias desde la raíz hasta estos nodos candidatos se han determinado, pero las trayectorias más cortas tienen que definirse aún. Se garantiza que las trayectorias hasta el nodo candidato que esté más cerca de la raíz son las más cortas. Se dice que una trayectoria es la más corta si tiene el coste de estado de enlace más pequeño. El coste de estado de enlace de una trayectoria es la suma de los costes de los enlaces que forman la trayectoria cuando están presentes en la red de capas (es decir, CAG). Tras la identificación, un nodo candidato se añade al árbol de trayectorias más cortas y se elimina de la lista de nodos candidatos. Los nodos adyacentes al nodo candidato añadido al árbol de trayectorias más cortas se examinan para una posible adición en la lista de nodos candidatos y en el árbol de trayectorias más cortas. El algoritmo sigue iterando hasta que la lista de nodos candidatos esté vacía.

En las FIGURAS 5A y 5B, el flujo de proceso comienza en el bloque 50, donde las estructuras de datos del algoritmo se inicializan y se borran los nodos candidatos. Un árbol de trayectorias más cortas se inicializa añadiendo en primer lugar un nodo, por ejemplo el nodo V, que representa la raíz con una pila de señales que contiene la señal solicitada que va a enrutarse. Después, el árbol de trayectorias más cortas se actualiza para incluir nuevos nodos que satisfagan las restricciones de enrutamiento deseadas. La capacidad de tránsito del área A se fija a falso. En el bloque 52 se examina la notificación de estado de enlace del nodo V añadido al árbol de trayectorias más cortas. Cada enlace descrito por la notificación de estado de enlace proporciona tipos de señal y costes a los nodos vecinos. Para cada enlace

descrito que comienza en el bloque 54, si los atributos del enlace entre el nodo V y un nodo vecino, por ejemplo un nodo W, no satisfacen las restricciones de enrutamiento solicitadas, el enlace examinado se descarta y se examina el siguiente enlace. Si se satisfacen las restricciones de enrutamiento, el flujo de proceso avanza hasta el bloque 56, donde se examina la notificación de estado de enlace del nodo W. En el bloque 57, si la notificación de estado de enlace para el nodo W no existe, ha alcanzado una duración máxima o no incluye un enlace de regreso al nodo V, entonces se analiza el siguiente enlace en la notificación de estado de enlace del nodo V. En caso contrario, el flujo de proceso avanza hasta el bloque 58 para un análisis de cada CAG del enlace. En el bloque 59, si los atributos del CAG no satisfacen las restricciones de enrutamiento, se analiza el siguiente CAG del enlace. Si en este caso se satisfacen las restricciones de enrutamiento, el flujo de proceso avanza hasta el bloque 60, donde el tipo de señal del CAG se compara con la parte superior de la pila de señales del nodo V. Si no hay ninguna coincidencia, se examina el siguiente CAG del enlace.

Si hay una coincidencia con un tipo de señal, el flujo de proceso avanza hasta el bloque 62, donde los tipos de conexión del CAG se examinan con el fin de generar nuevos nodos candidatos. Si la conectividad de tránsito está disponible, se forma una instancia del nodo W con la pila de señales actual para especificar la unicidad de una instancia del nodo W con respecto a otra. El coste notificado de cada instancia se fija al coste de tránsito para el CAG. Si la conectividad del colector está disponible, la pila de señales para el nodo V tiene más de una entrada y cualquier tipo de señal de cliente del CAG coincide con el segundo tipo de señal de la pila de señales del nodo V, una instancia del nodo W se forma para la conectividad de colector con la pila de señales actual excluyendo el elemento superior de la pila de señales para la unicidad y el coste notificado se fija al coste de adaptación CAG para ese tipo de señal de cliente. Si

la conectividad de egreso libre está disponible, una instancia del nodo W se forma con la pila de señales actual para el egreso libre y para cada tipo de señal de servidor del CAG. El coste notificado se fija al coste de adaptación  
5 CAG para cada tipo de señal de servidor. Para cada instancia de nodo W generada, el flujo de proceso avanza hasta el bloque 64 para determinar si la instancia del nodo W recién generada ya está en el árbol de trayectorias más cortas. Si es así, se pasa a la siguiente instancia generada del nodo W.  
10 Si no es así, el flujo de proceso avanza hasta el bloque 66, donde se calcula el coste de estado de enlace para la trayectoria desde la raíz hasta el nodo W. El coste de estado de enlace es la suma del coste de estado de enlace de la trayectoria más corta hasta el nodo V y el coste notificado.  
15 En el bloque 68, si el coste de estado de enlace es superior o igual al valor que ya aparece para el nodo W en la lista de nodos candidatos, entonces se examina el siguiente CAG. Si el coste de estado de enlace es inferior al valor que aparece para el nodo W en la lista de nodos candidatos o si el nodo W  
20 no aparece todavía en la lista de nodos candidatos, entonces, en el bloque 69, una entrada de la lista de nodos candidatos para el nodo W se fija al coste de estado de enlace calculado y se examina el siguiente nodo W generado.

Una vez que se hayan examinado todos los nodos W generados para cada CAG para cada enlace, el flujo de proceso  
25 avanza hasta el bloque 70, donde el nodo de la lista de nodos candidatos que está más cerca de la raíz se selecciona y se añade al árbol de trayectorias más cortas. En el bloque 72, si el nodo añadido al árbol de trayectorias más cortas  
30 presenta una notificación de estado de enlace que indica que el destino está directamente conectado o disponible y la pila de señales para el nodo añadido contiene una entrada igual a la señal destino solicitada, entonces el cálculo de la ruta finaliza. La ruta se obtiene haciendo un seguimiento hacia  
35 atrás desde este nodo añadido hasta la raíz del árbol de trayectorias más cortas. Si la ruta no está completa, el flujo de proceso vuelve al bloque 52 para examinar la



notificación de estado de enlace para el nodo recién añadido.

Cuando se determina una ruta de una conexión de subred para una señal a través de una red, es deseable pasar de una capa de cliente, donde la señal se origina, a una capa de servidor y volver. Sin embargo, aunque el nodo destino pueda estar accesible a través de la capa de cliente y de la capa de servidor, el nodo destino puede no soportar la función de adaptación necesaria para soportar la señal de cliente en todas sus interfaces en la capa de servidor. Como resultado, el cálculo de la ruta crea una trayectoria que utiliza una función de adaptación para devolver la conexión a la capa origen de la señal antes de completar la ruta. Este comportamiento se soporta a través del tipo de conexión de colector. Puesto que el tipo de conexión de colector tiene un tipo de señal asociado, es posible que se requiera que el tipo de conexión de colector coincida con tipo de la señal que está enrutándose. En caso de que un tipo de señal de cliente particular no se soporte en una interfaz, la función de correspondencia restrictiva invalidará la conexión de colector como un candidato para completar el enrutamiento de la señal. Después, el cálculo de la ruta continuará con la evaluación de otros candidatos. Este comportamiento también es preferible cuando el nodo destino para el que se está calculando una ruta no es el nodo de terminación sino un nodo frontera que conecta este dominio de cálculo de ruta con otro dominio. Un enlace puede identificarse como una frontera examinando el tipo de notificación encontrado en el protocolo de enrutamiento de soporte.

Cuando se determina la ruta de una señal a través de la red de telecomunicaciones 10, las funciones de adaptación notificadas en un enlace se convierten en candidatos para ampliar esa ruta a través de una capa de servidor. Este candidato se evaluará junto con otros candidatos que estén dentro de la misma capa a medida que la señal se enruta. El coste de la función de adaptación, o coste de adaptación, pasa a ser un factor determinante en la medida en que una conexión de capa de servidor será necesaria para completar la

ruta para la señal. Puede haber ocasiones en las que sea deseable controlar los puntos en los que se permitirá la ampliación de la capa de servidor en el cálculo de la ruta. Esto no cambia el hecho de que exista una función de adaptación, la cual no se elimina de la notificación descrita anteriormente. En cambio, un coste de adaptación especial, tal como 0xffff, puede utilizarse para indicar que esa ampliación de ruta a través de una capa de servidor está prohibida para la señal.

5  
10 La FIGURA 6 muestra el cambio en el proceso de las FIGURAS 5A y 5B para implementar este coste de adaptación especial. Puesto que el coste de adaptación se enumera como parte del CAG asociado con el paso de una señal desde una capa de cliente hasta una capa de servidor, el coste de adaptación se considera en el momento en que la adaptación se aplica a la trayectoria de la señal. La disponibilidad de la adaptación se comprueba además durante el paso desde la capa de servidor hasta la capa de cliente. Por consiguiente, el retorno desde la capa de servidor hasta la capa de cliente implica una comprobación inversa de la disponibilidad de la función de adaptación de capa de cliente a capa de servidor. Si la comprobación inversa falla durante el cálculo de la ruta, entonces el retorno a la capa de cliente no puede llevarse a cabo en este punto y se evaluará entonces un nuevo candidato. La comprobación del coste de adaptación especial se produce durante la generación de los nuevos nodos candidatos. Durante la comprobación de la disponibilidad de un colector o de la disponibilidad de egreso libre, si el coste de adaptación tiene el valor de coste de adaptación especial, en este caso 0xffff, entonces no se genera un nodo candidato. Si el coste de adaptación no es el valor de coste de adaptación especial, entonces se añade un nodo candidato a la lista de nodos candidatos.

15  
20  
25  
30  
35 La FIGURA 7 muestra un cambio a modo de ejemplo del proceso de las FIGURAS 5A y 5B que implementa un ajuste de coste de afinidad para ampliaciones de ruta a través de caminos de servidor multiplexados. Cuando se amplía una ruta

a través de un egreso libre seguido de una conexión fuente de capa de servidor, se crea una ruta candidata especial que tiene una restricción de punto de extremo añadida que debe llegar a una conexión de colector de capa de servidor

5 coincidente en un nodo que ya sea un vecino del nodo actual para el enlace que contiene conexiones de tránsito en la capa de cliente que está encaminándose. El coste de esta ruta candidata especial se ajusta reduciendo o eliminando el coste de adaptación para la capa de servidor. La restricción de

10 punto de extremo se aplica a este candidato de ruta, y a cualquier candidato de ruta que se genere a partir del mismo, a medida que prosigue el cálculo de la ruta. La restricción de punto de extremo para la ruta candidata especial se determina identificando todos los vecinos del nodo actual en

15 enlaces que soportan tipos de conexión de tránsito en la capa que está encaminándose independientemente de si estos enlaces presentan actualmente o no conexiones de tránsito disponibles. Para la comprobación de conectividad de colector del bloque 62, la limitación añadida en la generación de un

20 nodo W es que la parte superior de la pila de señales para el nodo V tiene una restricción de punto de extremo NULL o la restricción de punto de extremo incluye un nodo W. Para la comprobación de conectividad de egreso libre se genera un nodo W tanto con una restricción de punto de extremo como con

25 una restricción de punto de extremo NULL. El coste notificado para el primer nodo generado W se fija al coste de tránsito CAG y el coste notificado para el segundo nodo generado W se fija al coste de adaptación CAG. La restricción de punto de extremo es una lista de puntos de extremo de afinidad que

30 puede utilizarse para finalizar el camino de capa de servidor y obtener los costes asociados con la trayectoria hacia el nodo V. Cualquier señal en la pila de señales, excepto la señal inferior, puede asociarse con una restricción de punto de extremo único. Este procedimiento puede ampliarse para

35 crear rutas candidatas especiales con diferentes descuentos de costes dependiendo del número y del tamaño de las líneas troncales existentes hacia cada nodo vecino actual.

La FIGURA 8 muestra la implementación del enrutamiento de conexión aislada por capa en una red multicapa. A través de la notificación y del cálculo de ruta eficaces descritos anteriormente, puede obtenerse un enrutamiento de red multicapa eficaz. Sin embargo, puede haber situaciones en las que puede resultar beneficioso proporcionar un enrutamiento de conexión aislada por capa en una red multicapa. Una limitación principal del enrutamiento de conexión aislada por capa descrito anteriormente es la incapacidad de tener en cuenta la conectividad potencial que puede suministrarse por las conexiones de capa de servidor a través de enlaces a la capa de cliente en la que va a enrutarse la señal. Esta limitación puede eliminarse asignando un identificador de nodo a un nodo ficticio, o seudonodo 80, que sirve para representar la conectividad potencial proporcionada por una capa de servidor entre los equipos de conmutación que funcionan en la capa de cliente.

Normalmente, un identificador de nodo se asigna a un nodo de red. El identificador de nodo sirve para correlacionar todos los enlaces notificados relacionados con ese nodo en el sentido de que presentan un punto de conmutación común a través del cual las señales pueden enrutarse. En redes multicapa, puede haber recursos que pueden utilizarse para crear una conectividad adicional o nuevos enlaces entre nodos creando nuevos caminos en una capa de servidor de la red. Sin embargo, no bastará con notificar todos los nuevos enlaces posibles debido al gran número de posibilidades. En cambio, la conectividad potencial proporcionada por una capa de servidor puede concentrarse de manera eficaz a través del seudonodo. El seudonodo proporciona la posibilidad de que cualquier nodo en el límite de la capa de servidor pueda conectarse a cualquier otro nodo. El seudonodo representa la conectividad potencial de capa de servidor que da soporte a la capa de cliente sin necesidad de mostrar los detalles de la conectividad de capa de servidor.

Para cada nodo de capa de cliente conectado a una capa

de servidor, se incluirán uno o más enlaces en la base de datos de estados de enlace para representar esta conectividad. Estos enlaces se incluirán en la notificación de estado de enlace del nodo en la capa de cliente. Los cálculos de rutas podrán tener en cuenta la posibilidad de crear nuevas trayectorias en la capa de servidor recorriendo enlaces hacia y desde el seudonodo. El coste de estos enlaces puede fijarse según la política deseada en relación con la preferencia que debe proporcionarse para utilizar los enlaces existentes en la capa de cliente frente a los enlaces recién creados hacia el seudonodo utilizando la capa de servidor.

También debe generarse la notificación de enlaces desde el seudonodo. Generalmente, cada nodo de la red notifica sus enlaces salientes. Sin embargo, el seudonodo es ficticio. Para resolver esto, el contenido de una notificación de enlace puede ser independiente de su fuente. En los protocolos de inundación distribuidos, el nodo vecino desde el cual un nodo recibe una notificación de enlace no es normalmente el nodo que crea esa notificación de enlace. Aprovechando esta característica de los protocolos de inundación, un nodo de capa de cliente puede notificar un enlace desde el propio nodo hasta el seudonodo y notificar además el enlace correspondiente desde el seudonodo hasta el propio nodo. Esta notificación se crea como si se hubiera generado por el seudonodo y después se esparce por el resto de la red como cualquier otra notificación de enlace. Esto permite que las implementaciones de redes distribuidas utilicen seudonodos sin la complejidad añadida de crear una entidad de protocolo de enrutamiento de seudonodo aparte.

Aunque los seudonodos se han utilizado en el pasado, la presente invención puede aplicar técnicas de seudonodos a redes de transporte multicapa. La información de seudonodo que está notificándose no requiere una elección de enrutadores designada ni otra coordinación entre notificantes proxy. La utilización de seudonodos en una red multicapa proporciona la capacidad de controlar, mediante aprovisionamiento, las comunidades conectadas a un seudonodo

dado para aplicar políticas de enrutamiento. Además, se proporciona la capacidad de que los nodos notifiquen una conexión hacia un seudonodo para reconocer al seudonodo en rutas y solicitar una conexión a través de la red principal para sustituir saltos de seudonodos en la ruta.

En resumen, puede llevarse a cabo un enrutamiento eficaz en una red multicapa a través de la notificación de información de estado de enlace apropiada y a través de la utilización de la información de estado de enlace durante el cálculo de la ruta. La información de estado de enlace incluye atributos de tipo de conexión que no solamente especifican cómo un nodo puede transportar información en una capa y entre capas de una red, sino que también identifican puntos óptimos para el desplazamiento entre capas y qué nodos proporcionan acceso a una capa deseada de la red. El enrutamiento en una red multicapa también puede representarse en un enfoque de enrutamiento de conexión aislada por capa a través del uso de seudonodos.

Las técnicas realizadas por la presente invención pueden implementarse en software, hardware o en una combinación de ambos. Por ejemplo, cada nodo puede presentar módulos individuales que pueden identificar los diferentes tipos de señal y las capas de enrutamiento de conexión asociadas con el nodo, determinar los tipos de conexión y las disponibilidades correspondientes a cada capa de enrutamiento de conexión en el nodo, y difundir la notificación de estado de enlace, o bien en distintos módulos o bien diferentes funciones pueden combinarse en el mismo módulo. Los módulos también pueden proporcionarse para calcular una ruta a través de la red y para determinar los diversos costes de tránsito y de adaptación asociados con conexiones en la red. Estos módulos pueden proporcionar la estructura de la red para llevar a cabo la funcionalidad de la presente invención.

Aunque la presente invención se ha descrito en detalle con referencia a las realizaciones particulares, debe entenderse que en las mismas pueden realizarse diversos cambios, sustituciones y alteraciones sin apartarse del

espíritu ni del alcance de la presente invención. Por ejemplo, aunque la presente invención se ha descrito con referencia al algoritmo de Dijkstra, en la presente invención pueden utilizarse otros cálculos de enrutamiento con la misma  
5 eficacia. Además, en las aplicaciones u operaciones descritas anteriormente puede utilizarse una pluralidad de componentes potencialmente adecuados que faciliten el procesamiento de información en varios tipos de formatos, así como cualquier  
10 objeto, elemento, hardware o software adecuados. Las disposiciones descritas anteriormente junto con el sistema de telecomunicaciones 10 proporcionan solamente una configuración de ejemplo utilizada para fines didácticos, pudiéndose realizar sustituciones y modificaciones donde sea apropiado y según las necesidades particulares.

15 Los expertos en la materia pueden concebir otros cambios, sustituciones, variaciones, alteraciones y modificaciones, y la presente invención abarca todos dichos cambios, sustituciones, variaciones, alteraciones y modificaciones que caigan dentro del alcance de las  
20 reivindicaciones adjuntas. Además, la presente invención no está limitada de ninguna manera por cualquier afirmación en la memoria descriptiva que no esté reflejada en las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para el enrutamiento en una red multicapa, que comprende:
  - 5 determinar tipos de señal implementados en cada nodo (12) de una red (10), clasificándose cada tipo de señal según una velocidad de señal y una capacidad y asociándose con una capa de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) distinta en la red (10), incluyendo cada capa de enrutamiento de conexión  
10 (20, 22, 24) uno o más nodos (12) que pueden hacerse funcionar para enrutar señales de red de transporte según un tipo de señal respectivo;
    - determinar capacidades de conexión para cada tipo de señal y capa de enrutamiento de conexión (20, 22, 24)  
15 soportados en cada nodo (12) de la red (10) y en cada enlace (14) de cada nodo (12);
    - determinar la disponibilidad de cada capacidad de conexión;
    - difundir tipos de señal, capacidades de conexión y la  
20 disponibilidad de cada nodo (12) a cada nodo vecino (12) de la red (12) dentro y entre capas de enrutamiento de conexión (20, 22, 24);
    - calcular una ruta de una señal de transporte desde un nodo origen (12) hasta un nodo destino (12) a través de  
25 diferentes capas de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) de la red (10) como respuesta a los tipos de señal, capacidades de conexión y disponibilidad difundidos.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende  
30 además:
  - identificar propiedades asociadas con un enlace particular (14) que influyen en las capacidades de conexión para el enlace particular (14).
- 35 3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
  - identificar un nodo (12) en cada capa de enrutamiento



de conexión (20, 22, 24) capaz de proporcionar conectividad entre dos capas de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) cualquiera.

5 4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

establecer un primer coste de adaptación en cada nodo (12) capaz de proporcionar una conexión desde una primera capa de enrutamiento de conexión (20) hasta una segunda capa de enrutamiento de conexión (22).

5. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además:

15 asignar un valor particular al primer coste de adaptación con el fin de impedir la conexión desde la primera capa de enrutamiento de conexión (20) hasta la segunda capa de enrutamiento de conexión (22).

20 6. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además:

establecer un segundo coste de adaptación en cada nodo (12) capaz de proporcionar una conexión desde la segunda capa de enrutamiento de conexión (22) hasta la primera capa de enrutamiento de conexión (20).

25

7. El procedimiento de la reivindicación 6, que comprende además:

30 asignar un valor particular al segundo coste de adaptación con el fin de impedir la conexión desde la segunda capa de enrutamiento de conexión (22) hasta la primera capa de enrutamiento de conexión (20).

8. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

35 identificar nodos particulares (12) que presenten una prioridad sobre otros nodos (12) para la terminación de la señal de transporte en una capa de enrutamiento de conexión

(20, 22, 24).

9. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

5            asignar un coste de tránsito asociado con cada capa de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) soportada por una conexión desde un nodo (12) hasta otro nodo (12).

10. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

10            proporcionar información de un nodo particular (12) relacionada con su capacidad de pasar desde una primera capa de enrutamiento de conexión (20) hasta una segunda capa de enrutamiento de conexión (22) y de una capacidad de un nodo  
15 vecino (12) de pasar desde la segunda capa de enrutamiento de conexión (22) hasta la primera capa de enrutamiento de conexión (20).

11. Una red (10) para la comunicación de señales de transporte, que comprende:

20            una pluralidad de nodos (12), pudiendo hacerse funcionar la pluralidad de nodos (12) para comunicar señales de transporte a través de una pluralidad de capas (20, 22, 24) de la red (10), representando cada capa (20, 22, 24) un  
25 tipo de señal de transporte diferente donde una capa origen (20) es una capa cliente y otras capas (22, 24) son capas servidor, pudiendo hacerse funcionar cada nodo (12) para generar y difundir una notificación de estado de enlace, pudiendo utilizarse la notificación de estado de enlace para  
30 indicar una capacidad de conexión de un nodo particular (12) y una capacidad de conexión de un nodo vecino (12) con respecto al nodo particular (12) para cada capa (20, 22, 24), utilizándose la notificación de estado de enlace para determinar a través de qué capas (20, 22, 24) de la red (10)  
35 puede enrutarse la señal de transporte.

12. La red (10) de la reivindicación 11, en la que las

- capacidades de conexión del nodo particular (12) y del nodo vecino (12) se proporcionan en un campo de tipo de conexión de la notificación de estado de enlace, pudiendo utilizarse el campo de tipo de conexión para indicar cualquiera de entre  
5 un tipo de capacidad de conexión de tránsito, de fuente, de colector, de egreso libre, de ingreso libre, de fuente libre y de colector libre asociados con un enlace (14) del nodo particular (12).
- 10 13. La red (10) de la reivindicación 11, en la que la notificación de estado de enlace incluye una disponibilidad y un coste de adaptación asociados con el paso desde una capa (20) correspondiente hasta otra capa (22) del nodo particular (12).
- 15 14. La red (10) de la reivindicación 11, en la que la notificación de estado de enlace incluye una disponibilidad y un coste de adaptación asociados con el paso desde una capa servidor de la red (10) hasta una capa cliente en el nodo  
20 vecino (12).
15. La red de la reivindicación 11, en la que la notificación de estado de enlace incluye una lista de nodos (12) de la red que tienen prioridad para terminar un camino  
25 en una capa servidor.
16. Un medio legible por ordenador que incluye código para realizar el enrutamiento en una red multicapa, pudiendo hacerse funcionar el código para:  
30 determinar tipos de señal implementados en cada nodo (12) de una red (10), clasificándose cada tipo de señal según una velocidad de señal y una capacidad y asociándose con una capa de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) distinta en la red (10), incluyendo cada capa de enrutamiento de conexión  
35 (20, 22, 24) uno o más nodos (12) que pueden hacerse funcionar para enrutar señales de red de transporte según un tipo de señal respectivo;

determinar capacidades de conexión para cada tipo de señal y capa de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) soportados en cada nodo (12) de la red (10) y en cada enlace (14) de cada nodo (12);

5        determinar la disponibilidad de cada capacidad de conexión;

         difundir tipos de señal, capacidades de conexión y la disponibilidad de cada nodo (12) a cada nodo vecino (12) de la red (10) dentro y entre capas de enrutamiento de conexión  
10        (20, 22, 24);

         calcular una ruta desde un nodo origen (12) hasta un nodo destino (12) a través de diferentes capas de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) de la red (10) como respuesta a los tipos de señal, capacidades de conexión y  
15        disponibilidad difundidos.

17. El medio legible por ordenador de la reivindicación 16, en el que el código puede hacerse funcionar además para:

         identificar un nodo (12) en cada capa de enrutamiento  
20        de conexión (20, 22, 24) capaz de proporcionar conectividad entre dos capas de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) cualquiera.

18. El medio legible por ordenador de la reivindicación 16,  
25        en el que el código puede hacerse funcionar además para:

         determinar valores de coste asociados con el paso desde una capa de enrutamiento de conexión (20) hasta otra capa de enrutamiento de conexión (22).

30        19. El medio legible por ordenador de la reivindicación 16, en el que el código puede hacerse funcionar además para:

         identificar una capacidad de conexión de un nodo vecino (12);  
         proporcionar la capacidad de conexión del nodo vecino  
35        (12) en la difusión desde un nodo particular (12).

20. El medio legible por ordenador de la reivindicación 16,

en el que el código puede hacerse funcionar además para:

proporcionar una indicación para impedir el paso desde una capa de enrutamiento de conexión (20) hasta otra capa de enrutamiento de conexión (22) en un nodo particular (12).

5

21. Un sistema para el enrutamiento en una red multicapa, que comprende:

medios para determinar tipos de señal implementados en cada nodo (12) de una red (10), clasificándose cada tipo de señal según la velocidad de señal y la capacidad y asociándose con una capa de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) distinta en la red (10), incluyendo cada capa de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) uno o más nodos (12) que pueden hacerse funcionar para enrutar señales de red de transporte según un tipo de señal respectivo;

15

medios para determinar capacidades de conexión para cada tipo de señal y capa de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) soportados en cada nodo (12) de la red (10) y en cada enlace (14) de cada nodo (12);

20

medios para determinar la disponibilidad de cada tipo de conexión;

medios para difundir tipos de señal, tipos de conexión y la disponibilidad en una notificación de estado de enlace de cada nodo (12) a cada nodo vecino (12) de la red (10) dentro y entre capas de enrutamiento de conexión (20, 22, 24);

25

medios para calcular una ruta desde un nodo origen (12) hasta un nodo destino (12) a través de diferentes capas de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) de la red (10) como respuesta a la notificación de estado de enlace.

30

22. El sistema de la reivindicación 21, que comprende además:

identificar un nodo (12) en cada capa de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) capaz de proporcionar conectividad entre dos capas de enrutamiento de conexión (20, 22, 24) cualquiera.

35

23. El sistema de la reivindicación 22, que comprende además:

5 medios para proporcionar un coste de tránsito asociado con la comunicación de una señal de transporte desde un nodo (12) hasta otro nodo (12);

10 medios para proporcionar un coste de adaptación asociado con la comunicación de la señal de transporte desde una capa de enrutamiento de conexión (20) hasta otra capa de enrutamiento de conexión (22).

24. El sistema de la reivindicación 23, que comprende además:

15 medios para fijar un coste de adaptación especial en un nodo particular (12), indicando el coste de adaptación especial que la comunicación de la señal de transporte desde una capa de enrutamiento de conexión (20) hasta otra capa de enrutamiento de conexión (22) no se lleva a cabo en el nodo particular (12).

20

25. El sistema de la reivindicación 21, en el que la notificación de estado de enlace difundida por un nodo particular (12) de la red (10) incluye un campo de tipo de conexión, pudiendo utilizarse el campo de tipo de conexión para indicar cualquiera de entre un tipo de capacidad de conexión de tránsito, de fuente, de colector, de egreso libre, de ingreso libre, de fuente libre y de colector libre asociados con un enlace (14) del nodo particular (12).

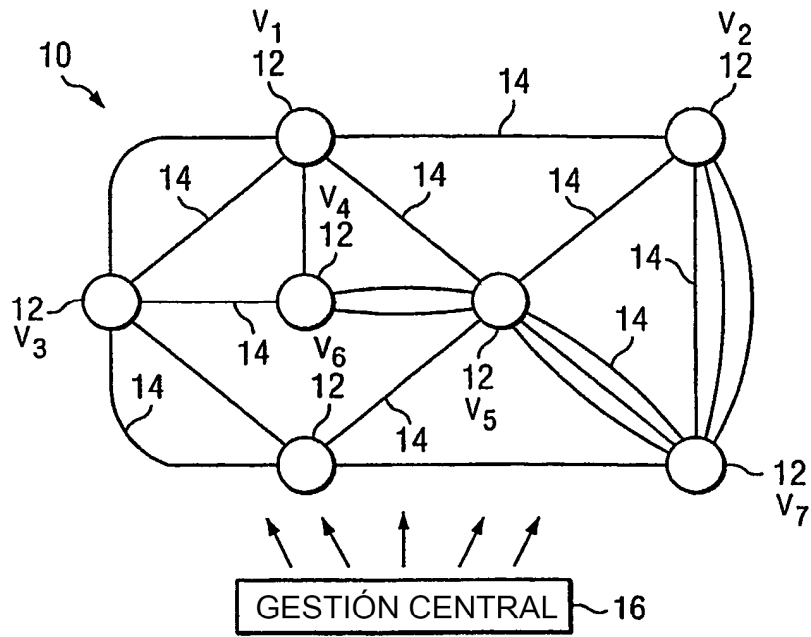


FIG. 1

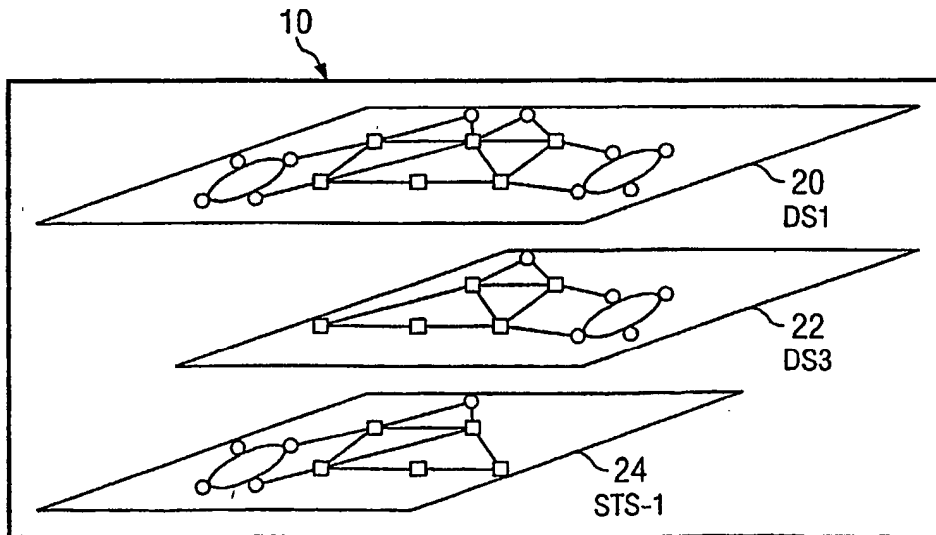


FIG. 2

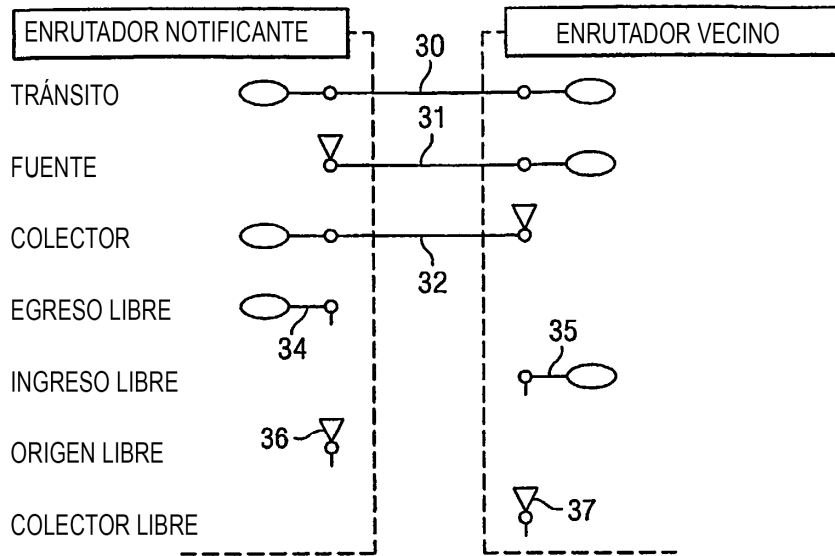


FIG. 3

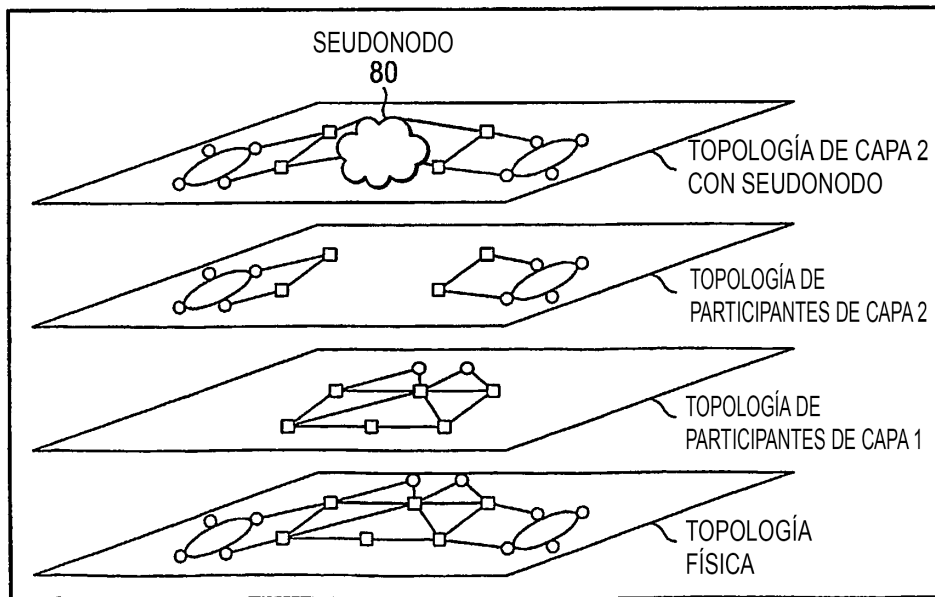


FIG. 8



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
ANCHO DE BANDA NO RESERVADO
ANCHO DE BANDA LSP MÁXIMO

*FIG. 4A*

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31		
TIPO DE SEÑAL	TIPOS DE CONEXIÓN	DISPONIBILIDAD
COSTE DE TRÁNSITO		
NÚMERO DE TIPOS DE SERVIDOR	NÚMERO DE TIPOS DE CLIENTE	
TIPO DE SEÑAL DE SERVIDOR	COSTE DE ADAPTACIÓN	
⋮		
TIPO DE SEÑAL DE CLIENTE	COSTE DE ADAPTACIÓN	
⋮		
AFINIDAD DE PUNTO DE EXTREMO DE SERVIDOR		
⋮		

*FIG. 4B*

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31		
COLOR DE CLASE DE RECURSO		
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31		
TIPO DE PROTECCIÓN DE ENLACE	RESERVADOS	
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31		
GRUPO DE ENLACES DE RIESGO COMPARTIDO		
⋮		
GRUPO DE ENLACES DE RIESGO COMPARTIDO		

*FIG. 4C*

FIG. 5A

