

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 574**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/717** (2013.01)

**H04L 12/703** (2013.01)

**H04L 12/761** (2013.01)

**H04L 12/723** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2011 E 11746859 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.09.2014 EP 2540041**

54 Título: **Sistema y método de cálculo de entrada de reserva de ruta de conmutación de etiquetas punto a multipunto**

30 Prioridad:

**23.02.2011 US 201113033125**

**26.02.2010 US 308835 P**

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

**27.11.2014**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)**  
**Huawei Administration Building, Bantian**  
**Longgang District, Shenzhen, Guangdong**  
**518129, CN**

72 Inventor/es:

**CHEN, HUAIMO**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 523 574 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

Sistema y método de cálculo de entrada de reserva de ruta de conmutación de etiquetas punto a multipunto

## 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a la conmutación de etiquetas multiprotocolo y más en particular, a un método y aparato para el cálculo de un nodo de entrada de reserva de una ruta de conmutación de etiquetas punto a multipunto.

10

## Antecedentes de la invención

En algunas redes, tales como las redes de Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS) y redes de MPLS Generalizadas (GMPLS), se puede establecer una ruta de conmutación de etiquetas (LSP) de ingeniería de tráfico (TE) utilizando un protocolo de reserva de recursos-TE (RSVP-TE) para una ruta dada. Se puede proporcionar una ruta para un cliente de cálculo de ruta (PCC) y/o un elemento de cálculo de ruta (PCE). A modo de ejemplo, el cliente PCC puede demandar una ruta o encaminamiento desde el PCE, que calcula la ruta y reenvía la información de ruta calculada al PCC. La ruta puede ser una ruta de tipo punto a punto (P2P) que comprende una pluralidad de nodos y/o enrutadores de conmutación de etiquetas (LSRs) y se extiende desde un nodo origen o LSR a un nodo de destino o LSR. Como alternativa, la ruta puede ser una ruta del tipo punto a multipunto (P2MP) que se extiende desde el nodo origen a una pluralidad de nodos de destino. El RSVP-TE puede utilizarse también para establecer rutas P2P y P2MP LSP para reencaminar paquetes durante el enlace de red o fallos de nodos internos y garantizar, de este modo, el suministro de paquetes.

15

20

25

El documento WEI CAO MACH CHEN HUAWEI CO ET AL: "Extensiones de protección de nodos de cabecera a RSVP-TE para túneles de LSP", draft-cao-mpls-te-p2mp-head-protection-01.txt, n° 1, 17 noviembre 2007, da a conocer extensiones de protección de nodos de cabecera a RSVP-TE para túneles de LSP. Una ruta LSP de reserva para proteger BHN se establecerá desde BHN a todas las rutas NHOP LSRs de BHN.

30

El documento US2007/133406 A1 da a conocer una técnica para habilitar la ingeniería de tráfico en rutas entre dispositivos de borde de cliente a través de una red de proveedor. Una LSR de extremo de cabecera puede funcionar, además, como un cliente de cálculo de ruta (PCC) configurado para enviar una demanda de cálculo de ruta al PCE y para recibir una respuesta con la ruta calculada.

35

El documento US2007/280102 A1 da a conocer una técnica para la activación rápida de un nodo de extremo de cabecera secundario TE-LSP al producirse un fallo de un nodo de extremo de cabecera primario TE-LSP en una red informática.

40

## Sumario de la invención

En una forma de realización, la idea inventiva incluye un aparato. El aparato incluye un elemento de cálculo de ruta (PCE) configurado para la comunicación con un cliente de cálculo de ruta (PCC) y para calcular un nodo de entrada de reserva para una ruta de conmutación de etiquetas (LSP) del tipo punto a multipunto (P2MP) en una red asociada con el PCC. El nodo de entrada de reserva está acoplado a un nodo de entrada de P2MP LSP y a una pluralidad de nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada del P2MP LSP por intermedio de un árbol de reserva. El nodo de entrada de reserva y el nodo de entrada están ambos acoplados a un nodo externo y el nodo de reserva está configurado para garantizar el suministro de datos en el P2MP LSP cuando falla el nodo de entrada. El PCE está configurado, además, para la comunicación con un segundo PCE asociado con la red del nodo externo para obtener una lista de nodos de entrada de reserva candidatos y cada uno de los nodos de entrada de reserva candidatos satisface una o más restricciones desde el nodo externo al nodo de reserva candidato. El PCE está configurado para recibir la lista de los nodos de entrada de reserva candidatos desde el segundo PCE y para seleccionar un nodo de entrada de reserva desde la lista que satisfaga un conjunto de restricciones. Las restricciones incluyen restricciones exclusivas, un límite de salto operativo y restricciones de ancho de banda y métricas sobre el sub-árbol desde el nodo de entrada de reserva a los nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada del P2MP LSP.

55

En otra forma de realización, la idea inventiva incluye un componente de red. El componente de red incluye un receptor, una lógica de circuito y un transmisor. El receptor está configurado para recibir un mensaje de demanda para calcular un nodo de entrada de reserva de una ruta de conmutación de etiquetas (LSP) del tipo punto a multipunto (P2MP) en una red. La lógica de circuito está configurada para intentar el cálculo de un nodo de entrada de reserva para el P2MP LSP sobre la base de la topología de la red y un conjunto de restricciones en el mensaje de demanda. El transmisor está configurado para enviar un mensaje de respuesta que incluye el nodo de entrada de reserva calculado si se calcula satisfactoriamente el nodo de entrada de reserva. El nodo de entrada de reserva está acoplado a un nodo de entrada del P2MP LSP y a una pluralidad de nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada del P2MP LSP por intermedio de un árbol de reserva. El nodo de entrada de reserva y el nodo de entrada están ambos acoplados a un nodo externo y el nodo de reserva está configurado para garantizar el suministro de

60

65

datos en el P2MP LSP cuando falla el nodo de entrada. Los componentes de red están configurados, además, para la comunicación con un segundo componente de red asociado con la red del nodo externo para obtener una lista de nodos de entrada de reserva candidatos y cada uno de los nodos de entrada de reserva candidatos satisface una o más restricciones desde el nodo externo al nodo de reserva candidato; el componente de red está configurado para recibir la lista de los nodos de entrada de reserva candidatos desde el segundo componente de red y para seleccionar un nodo de entrada de reserva a partir de la lista que satisfaga un conjunto de restricciones y las restricciones incluyen restricciones exclusivas, un límite de salto operativo y restricciones de ancho de banda y métricas sobre el sub-árbol desde el nodo de entrada de reserva a los nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada del P2MP LSP.

En un tercer aspecto de la idea inventiva se incluye un método. El método incluye información de capacidad de intercambio entre un elemento de cálculo de ruta (PCE) y un cliente de cálculo de ruta (PCC) durante un establecimiento de sesión entre el PCE y el PCC. La información de capacidad está relacionada con el cálculo del nodo de entrada de reserva para una ruta de conmutación de etiquetas (LSP) del tipo punto a multipunto (P2MP) en una red. El nodo de entrada de reserva está acoplado a un nodo de entrada del P2MP LSP y a una pluralidad de nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada de P2MP LSP por intermedio de un árbol de reserva. El nodo de entrada de reserva y el nodo de entrada están ambos acoplados a un nodo externo y el nodo de reserva está configurado para garantizar el suministro de datos en el P2MP LSP cuando falla el nodo de entrada. El método comprende, además que: el PCE se comunica con un segundo PCE asociado con la red de nodo externo para obtener una lista de nodos de entrada de reserva candidatos y cada uno de los nodos de entrada de reserva candidatos satisface una o más restricciones desde el nodo externo al nodo de reserva candidato; el PCE recibe la lista de los nodos de entrada de reserva candidatos desde el segundo PCE y selecciona un nodo de entrada de reserva a partir de la lista que satisfaga un conjunto de restricciones y las restricciones incluyen restricciones exclusivas, un límite de salto operativo y restricciones de ancho de banda y métricas sobre el sub-árbol desde el nodo de entrada de reserva a los nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada del P2MP LSP.

Estas y otras características se entenderán con mayor claridad a partir de la descripción detallada siguiente, tomada haciendo referencia a los dibujos adjuntos y sus reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

Para un entendimiento más completo de esta idea inventiva, se hace ahora referencia a la siguiente breve descripción, tomada en relación con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en donde las referencias numéricas similares representan elementos similares.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de conmutación de etiquetas.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de otra forma de realización del sistema de conmutación de etiquetas.

La Figura 3 es un diagrama de un formato de una capacidad de PCE de valor de longitud de tipo (TLV).

La Figura 4 es un diagrama de un formato de una capacidad de PCE, TLV.

La Figura 5 es una ilustración de una forma de realización de un objeto de demanda/respuesta.

La Figura 6 es una ilustración de una forma de realización de un objeto de error de PCEP.

La Figura 7 es una ilustración de una forma de realización de un objeto no de ruta NO-PATH.

La Figura 8 es una ilustración de una forma de realización de un TLV de saltos operativos siguientes IPv4 no alcanzable.

La Figura 9 es una ilustración de una forma de realización de un TLV de saltos operativos siguientes IPv6 no alcanzable.

La Figura 10 es una ilustración de una forma de realización de un método de cálculo de entrada de reserva.

La Figura 11 es un diagrama esquemático de una forma de realización de una unidad de transmisor/receptor.

La Figura 12 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema informático de uso general.

Descripción detallada de formas de realización ilustrativas

Debe entenderse, desde el principio, que aunque se describe a continuación una puesta en práctica ilustrativa de una o más formas de realización, los sistemas y/o métodos dados a conocer pueden ponerse en práctica utilizando cualquier número de técnicas, actualmente conocidas o en existencia. La idea inventiva no debe estar, en forma

alguna, limitada a las realizaciones ilustrativas, dibujos y técnicas ilustradas a continuación, incluyendo los diseños y puestas en práctica, a modo de ejemplo, que se ilustran y describen en la presente, pero pueden modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas junto con su alcance completo de las reivindicaciones equivalentes.

5 La presente invención incluye un mecanismo para permitir a un PCC enviar una demanda a un PCE para calcular un nodo de entrada de reserva para un P2MP LSP y para permitir a un PCE calcular el nodo de entrada de reserva y responder al PCC con un resultado de cálculo para el nodo de entrada de reserva. La idea inventiva se refiere a un sistema y método para calcular un nodo de entrada de reserva para un P2MP LSP, que puede transportar tráfico a través de múltiples áreas o dominios de AS. El sistema y método pueden permitir también al PCE y al PCC intercambiar información relacionada con el nodo de entrada de reserva calculado del P2MP LSP.

10 La Figura 1 ilustra una forma de realización de un sistema de conmutación de etiquetas 100, en donde una pluralidad de P2MP LSP puede establecerse entre al menos algunos de los componentes. Los P2MP LSP pueden utilizarse para transportar tráfico de datos. El sistema de conmutación de etiquetas 100 puede comprender una red de conmutación de etiquetas 101, que puede ser una red de conmutación de paquetes que transporta tráfico de datos utilizando paquetes o tramas a lo largo de caminos o rutas de la red. Los paquetes pueden enrutarse o conmutarse a lo largo de las rutas de red, que se pueden establecer por un protocolo de conmutación de etiquetas, tal como MPLS o GMPLS.

15 La red de conmutación de etiquetas 101 puede comprender una pluralidad de nodos de borde, incluyendo un primer nodo de entrada 111, un segundo nodo de entrada 112, una pluralidad de primeros nodos de salida 161, 163, 165, 167, 171, 173 y 175 y una pluralidad de segundos nodos de salida 162, 164, 166, 168, 172, 174 y 176. Además, la red de conmutación de etiquetas 101 puede comprender una pluralidad de nodos internos 131, 133, 135, 137, 141, 143, 145, 147, 149 y 151 que pueden comunicarse entre sí y con los nodos de borde. El primer nodo de entrada 111 y el segundo nodo de entrada 112 pueden comunicarse también con una primera red externa 180, tal como una red de protocolo Internet (IP), que pueden acoplarse a la red de conmutación de etiquetas 101. Como tales, el primer nodo de entrada 111 y el segundo nodo de entrada 112 pueden transportar datos, p.e., paquetes de datos entre la red de conmutación de etiquetas 101 y la red externa 180. Además, de los primeros nodos de salida y segundos nodos de salida pueden agruparse en pares, tales como el primer nodo de salida 161 y el segundo nodo de salida 162, en donde cada par puede acoplarse a una segunda red externa o un cliente (no ilustrado).

20 En una forma de realización, los nodos de borde y los nodos internos pueden ser cualesquiera dispositivos o componentes que soportan el transporte de los paquetes a través de la red de conmutación de etiquetas 101. A modo de ejemplo, los nodos de borde y los nodos internos pueden incluir conmutadores, enrutadores o varias combinaciones de dichos dispositivos. Los nodos de borde y los nodos internos pueden recibir paquetes desde otros nodos de red, comprender circuitos lógicos que determinan a qué nodos de red han de enviarse los paquetes y para transmitir los paquetes a los otros nodos de red. En algunas formas de realización, al menos algunos de los nodos internos pueden ser LSRs que pueden configurarse para modificar o actualizar las etiquetas de los paquetes transportados en la red de conmutación de etiquetas 101. Además, al menos algunos de los nodos de red pueden enrutadores de borde de etiquetas (LERs) que pueden configurarse para insertar o eliminar las etiquetas de los paquetes transportados entre la red de conmutación de etiquetas 101 y la red externa 180.

25 La red de conmutación de etiquetas 101 puede comprender, además, una primera P2MP LSP que puede establecerse para el tráfico de datos de multidifusión desde la primera red externa 180 a las segundas redes externas o clientes. La primera P2MP LSP puede comprender el primer nodo de entrada 111, que puede referirse como un nodo raíz y los primeros nodos de salida 161, 163, 165 y 167 que pueden referirse como los denominados nodos hoja. La primera P2MP LSP puede comprender también los nodos internos 131, 133, 135 y 137. La primera P2MP LSP se ilustra utilizando líneas de flechas de trazo continuo en la Figura 1. Para proteger la primera P2MP LSP contra fallos de enlaces o de nodos, la red de conmutación de etiquetas 101 puede comprender también una segunda P2MP LSP. La segunda P2MP LSP puede comprender el segundo nodo de entrada o raíz 112, la segunda salida de nodos hoja 162, 164, 166 y 168 y los nodos internos 141, 143, 145, 147, 149 y 151. Cada uno de los segundos nodos de salida en La segunda P2MP LSP puede establecerse en pares con un primer nodo de salida en la primera P2MP LSP. La segunda P2MP LSP puede comprender también los mismos y/o diferentes nodos internos. La segunda P2MP LSP puede proporcionar una ruta de reserva para la primera P2MP LSP y puede utilizarse para reenviar tráfico desde la primera red externa 180 a las segundas redes externas o clientes cuando el nodo de entrada o cualquier nodo de salida en la primera P2MP LSP tienen un fallo operativo. La segunda P2MP LSP se ilustra utilizando líneas de flechas de trazos en la Figura 1.

30 Reservar una segunda P2MP LSP como una ruta de reserva para la primera P2MP LSP puede ser una operación de consumo de recursos puesto que la segundo P2MP LSP puede requerir un ancho de banda de red adicional, que puede ser comparable con el ancho de banda reservado de la primera P2MP LSP. Además, cuando el nodo de entrada de la primera P2MP LSP tiene un fallo operativo, el nuevo encaminamiento del tráfico por intermedio de una segunda P2MP LSP correspondiente puede causar un retraso con respecto al tráfico. Aún cuando la segunda P2MP LSP soporte el mismo tráfico que la primera P2MP LSP cuando falla el nodo de entrada de la primera P2MP LSP, puede producirse un importante retraso en una segunda red externa o un cliente para determinar el fallo operativo y conmutar a un segundo nodo de salida para la recepción del tráfico. Dicho retraso puede no ser admisible en

algunos sistemas, p.e., para servicios en tiempo real tales como televisión IP (IPTV).

La Figura 2 ilustra una forma de realización de otro sistema de conmutación de etiquetas 200, en donde se puede establecer una pluralidad de TE LSPs entre al menos algunos de los componentes. El sistema de conmutación de etiquetas 200 puede comprender una red de conmutación de etiquetas 201, que puede ser una red de conmutación de paquetes. La red de conmutación de etiquetas 201 puede comprender una pluralidad de nodos de borde, que pueden incluir un primer nodo de entrada 211, un segundo nodo de entrada 212, una pluralidad de primeros nodos de salida 261, 263, 265 y una pluralidad de segundos nodos de salida 262, 264, 266. Además, la red de conmutación de etiquetas 201 puede comprender una pluralidad de nodos internos 230, 231, 233, 235, 237, 239, 241 y 243 que pueden comunicarse entre sí y con los nodos de borde. La red de conmutación de etiquetas 201 puede comunicarse con una primera red externa 290 por intermedio del primer nodo de entrada 211 y del segundo nodo de entrada 212 y con una pluralidad de segundas redes externas 291, 293 y 295 por intermedio de los primeros nodos de salida 261, 263, 265 y los segundos nodos de salida 262, 264 y 266. Además, el sistema de conmutación de etiquetas 200 puede comprender un PCC 271 en la red de conmutación de etiquetas 201 y un primer PCE 275 acoplado al PCC 271 o a la red de conmutación de etiquetas 201 y puede comprender también un segundo PCE 277 acoplado al primer PCE 275 y a la primera red externa 290.

La red de conmutación de etiquetas 201 puede comunicarse con cada una de las segundas redes externas 291, 293 y 295 por intermedio de un par correspondiente de nodos de salida, tales como el primer nodo de salida 261 y el segundo nodo de salida 262. De forma adicional o alternativa, los pares de nodos de salida pueden comunicarse con los clientes correspondientes. La red de conmutación de etiquetas 201 puede comprender una P2MP LSP, que puede establecerse para la multidifusión de tráfico de datos desde la primera red externa 290 a las segundas redes externas 291, 293 y 295 o como alternativa, a clientes acoplados a la red de conmutación de etiquetas 201.

La P2MP LSP puede comprender el primer nodo de entrada 211 y al menos algunos de los primeros nodos de salida. La P2MP LSP puede comprender, además, una pluralidad de nodos internos. El segundo nodo de entrada 212 puede diseñarse como un nodo de reserva para el primer nodo de entrada 211, p.e., para proteger la P2MP LSP contra el fallo del nodo de entrada. En consecuencia, el segundo nodo de entrada 212 puede configurarse para comunicarse con el primer nodo de entrada 211 y para establecer un sub-árbol de P2MP de reserva para proteger el primer nodo de entrada 211. Como tal, cuando el primer nodo de entrada 211 falla, el segundo nodo de entrada 212 puede enrutar cualesquiera paquetes que han de enviarse al primer nodo de entrada 211 y transportarse por la P2MP LSP por intermedio del sub-árbol de P2MP de reserva que puede luego, fusionar los paquetes en la P2MP LSP. Este sistema de reserva de P2MP LSP puede no requerir el establecimiento de una segunda P2MP LSP de reserva completa y por ello, puede necesitar menos recursos/ancho de banda e introducir menos retrasos cuando falla el primer nodo de entrada en comparación con el sistema de reserva de P2MP LSP del sistema de conmutación de etiquetas 100.

Más concretamente, el segundo nodo de entrada 212 puede seleccionarse o calcularse utilizando el mismo PCE 275, p.e., sobre la base de la información de topología de red. El PCC 271 puede enviar una demanda para calcular una entrada de reserva desde la red de conmutación de etiquetas 201 al primer PCE 275, que puede calcular el segundo nodo de entrada 212 como la entrada de reserva y enviar una respuesta al PCC 271. El PCC 271 puede ser cualquier entidad o componente situado en la red de conmutación de etiquetas 201 que reenvía demandas de cálculo de ruta al primer PCE 275. El PCC 271 puede estar situado en, o en correspondencia con, el nodo de entrada 211 o puede ser cualquier otro nodo en la red de conmutación de etiquetas 201 que esté acoplado con el nodo de entrada 211. El primer PCE 275 puede comunicarse también con el segundo PCE 277 para calcular el nodo de entrada de reserva. Después de recibir la demanda y calcular el nodo de entrada de reserva, el primer PCE 275 puede informar al primer nodo de entrada 211 del segundo nodo de entrada seleccionado 212. El primer nodo de entrada 211 puede comunicarse luego con el segundo nodo de entrada 212, p.e., estableciendo un canal de comunicación con el segundo nodo de entrada 212.

El primer nodo de entrada 211 puede enviar información sobre la P2MP LSP por intermedio del canal de comunicación al segundo nodo de entrada 212. La información enviada al segundo nodo de entrada 212 puede comprender restricciones sobre la P2MP LSP, un objeto de ruta explícito (ERO), una lista de descriptores de sub-LSP de S2L, un objeto de ruta de registro (RRO), una lista de descriptores de flujo de sub-LSP de S2L o sus combinaciones. La información puede enviarse en un anuncio de estado de enlace (LSA) de tipo 9 de 'la ruta más corta primero' (OSPF) incluyendo una TLV que comprende la información. De forma alternativa, la información puede enviarse en un mensaje de RSVP-TE PATH que incluye un indicador que indica que la información en el mensaje es para proteger el primer nodo de entrada 211.

El segundo nodo de entrada 212 puede recibir esta información desde el primer nodo de entrada 211 y utilizar la información para establecer un sub-árbol de P2MP de reserva. El segundo nodo de entrada 212 puede iniciar un sub-árbol de P2MP de reserva que comprende el segundo nodo de entrada 212 y una pluralidad de nodos de saltos operativos siguientes del primer nodo de entrada 211 de la P2MP LSP. A modo de ejemplo, el sub-árbol de reserva puede comprender el segundo nodo de entrada 212 y los nodos internos 230, 231 y 233 (según se indica por la línea de flechas de trazos). El segundo nodo de entrada 212 puede tener conocimiento de los nodos de saltos operativos siguientes desde RRO y la lista de descriptores de flujos de sub-LSP de S2L que puede enviarse desde el primer

nodo de entrada 211. El sub-árbol P2MP de reserva puede crearse calculando una ruta desde el segundo nodo de entrada 212 a los nodos de saltos operativos siguientes, enviando un mensaje de ruta PATH a lo largo de la ruta calculada, recibiendo en retorno un mensaje de reserva (RESV) y creando un estado de reenvío (p.e., tabla) para el sub-árbol P2MP de reserva. Los mensajes de PATH y RESV pueden ser similares intervalos mensajes de PATH y RESV definidos por IETF.

Después de configurar el segundo nodo de entrada 212 como un nodo de reserva para el primer nodo de entrada 211, el segundo nodo de entrada 212 puede iniciar la detección de cualquier fallo operativo en el primer nodo de entrada 211 utilizando un mecanismo de detección de fallos operativos. A modo de ejemplo, el mecanismo de detección de fallos operativos puede ser una Detección de Reenvío Bidireccional (BFD) por intermedio de una interfaz 281 o una P2P LSP que puede establecerse entre el primer nodo de entrada 211 y el segundo nodo de entrada 212. Cuando el segundo nodo de entrada 212 detecta un fallo en el primer nodo de entrada 211, el segundo nodo de entrada 212 puede recibir el tráfico asociado con el primer nodo de entrada 211, p.e., desde la primera red externa 290 y luego, reenviar el tráfico a través del sub-árbol P2MP de reserva, que es objeto de fusión en la P2MP LSP en los nodos de saltos operativos siguientes del primer nodo de entrada 211a los nodos de saltos operativos siguientes. En una forma de realización, si el tráfico se recibe inicialmente por el primer nodo de entrada 211 y el segundo nodo de entrada 212, a la vez, entonces, el segundo nodo de entrada 212 puede reenviar también el tráfico por intermedio del sub-árbol P2MP de reserva a los nodos de saltos operativos siguientes del primer nodo de entrada 211 al detectar un fallo en el primer nodo de entrada 211.

De modo adicional, al menos algunos de los segundos nodos de salida que pueden formar pares con los primeros nodos de salida correspondientes pueden designarse como nodos de reserva para los primeros nodos de salida para su protección contra el fallo de nodos de salida, tal como el segundo nodo de salida 262 y el primer nodo de entrada 261. En consecuencia, un nodo de salto operativo anterior que puede preceder a un primer nodo de salida a lo largo de la ruta P2MP LSP puede recibir información sobre un segundo nodo de salida que está emparejado con el primer nodo de entrada, para establecer una ruta LSP de reserva para el primer nodo de salida y enrutar los paquetes a enviarse al primer nodo de salida por intermedio de la ruta LSP de reserva al segundo nodo de salida cuando se detecta un fallo en el primer nodo de salida.

El segundo nodo de salida puede seleccionarse o calcularse como de reserva para un primer nodo de salida utilizando el primer PCE 275 u otro PCE acoplado a la red de conmutación de etiquetas 201 (no ilustrada), a modo de ejemplo, sobre la base de la información de topología de red. El segundo nodo de salida puede calcularse enviando una demanda al PCE por intermedio de un PCC asociado con el primer nodo de salida (no ilustrado). El PCE puede informar luego al primer nodo de salida del segundo nodo de salida seleccionado. De forma adicional o alternativa, el PCE puede informar al primer nodo de entrada 211 del segundo nodo de salida seleccionado. La información sobre el segundo nodo de salida puede enviarse luego al primer nodo de salida y/o el nodo de salto operativo anterior del primer nodo de salida. La información sobre el segundo nodo de salida puede enviarse al nodo de salto operativo anterior en un mensaje. A modo de ejemplo, cuando el primer nodo de salida 261 recibe la información sobre el segundo nodo de salida seleccionado 262, el primer nodo de salida 261 puede enviar la información al nodo interno 235, p.e., en un mensaje de RESV.

El primer nodo de salida puede enviar la información sobre el reenvío de los datos recibidos desde la P2MP LSP a una segunda red externa o cliente para el segundo nodo de salida en una OSPF tipo 9 LSA incluyendo una TLV que comprende la información. El segundo nodo de salida puede crear una entrada de reenvío en función de la información recibida para reenviar los datos al cliente. Como alternativa, el primer nodo de salida puede enviar al segundo nodo de salida la información sobre el reenvío de los datos recibidos desde la ruta P2MP LSP a la segunda red externa o cliente mediante el nodo de salto operativo anterior del nodo de salida en un mensaje de RSVP-TE RESV. El nodo de salto operativo anterior puede enviar luego la información, en un mensaje de RSVP-TE PATH, al segundo nodo de salida. Si el primer nodo de entrada obtiene la información sobre el segundo nodo de salida seleccionado, en tal caso, el primer nodo de entrada puede enviar esa información al nodo de salto operativo anterior p.e., en un mensaje PATH.

Después de recibir el mensaje o la información, el nodo de salto operativo anterior puede establecer una LSP de reserva desde el nodo de salto operativo anterior al segundo nodo de salida (indicado por una línea de flecha de trazos). La ruta LSP de reserva puede crearse calculando una ruta desde el nodo de salto operativo anterior al segundo nodo de salida, enviando el mensaje PATH a través de la ruta calculada, recibiendo un mensaje RESV como retorno y creando un estado de reenvío (p.e., tabla) para la ruta LSP de reserva. La ruta LSP de reserva puede ser un canal de derivación P2P o un túnel de desvío P2P. Cuando el nodo de salto operativo anterior detecta un fallo en el primer nodo de salida, el nodo de salto operativo anterior puede reenviar el tráfico, por intermedio de la ruta LSP de reserva, al segundo nodo de salida en lugar del primer nodo de salida. El segundo nodo de salida puede proporcionar luego el tráfico a su destino, p.e., a la segunda red externa o un cliente.

Seleccionando un nodo de entrada de reserva para el primer nodo de entrada 211 y nodos de salida de reserva para los primeros nodos de salida puede proporcionar una protección extremo a extremo en una ruta P2MP LSP. Utilizando los nodos de entrada y de salida de reserva, la protección de P2MP LSP extremo a extremo, puede localizarse para los nodos de entrada y salida inicialmente configurados (o primarios) de la ruta P2MP LSP. Esta

protección localizada puede proporcionar una protección más eficiente a los nodos de red en comparación con la utilización de una segunda ruta P2MP LSP de reserva desde un segundo nodo de entrada a todos los nodos de salida cuando falla un nodo de entrada o de salida. A modo de ejemplo, la creación de un sub-árbol P2MP de reserva desde la entrada de reserva a los nodos de saltos operativos siguientes del primer nodo de entrada de la ruta P2MP LSP y las rutas LSPs de reserva desde los nodos de salto operativo anterior de los primeros nodos de salida a los segundos nodos de salida de reserva puede requerir menos recursos de red, p.e., en términos de ancho de banda reservado, que creando una segunda ruta P2MP LSP de reserva desde el segundo nodo de entrada a todos los segundos nodos de salida. Además, el enrutamiento del tráfico localmente a través de los nodos de reserva y el sub-árbol de P2MP de reserva o rutas LSPs, en el caso de fallo operativo de nodos, puede ser más rápido y sencillo de poner en práctica que el enrutamiento del tráfico a lo largo de una segunda ruta P2MP LSP de reserva.

En una forma de realización, el PCC 271, el primer PCE 275 y/o el segundo PCE 277 puede declarar capacidades relacionadas con el cálculo de un nodo de entrada de reserva para una P2MP LSP durante una sesión de establecimiento, p.e., entre el PCC 271 y el primer PCE 275. A modo de ejemplo, el PCC 271 puede enviar al primer PCE 275 un primer mensaje de establecimiento de sesión, que puede comprender al menos un indicador que puede establecerse para indicar las funciones de soporte relacionadas con el cálculo de un nodo de entrada de reserva para una ruta P2MP LSP. El primer PCE 275 puede enviar luego al PCC 271 un segundo mensaje de establecimiento de sesión, que puede comprender al menos un indicador que puede establecerse para indicar las funciones relacionadas con el soporte, tal como el cálculo de una entrada de reserva para una ruta P2MP LSP. El segundo mensaje de establecimiento de sesión puede comprender una TLV, que puede incluir un valor que indica las capacidades del primer PCE 275. Como alternativa, el segundo mensaje de establecimiento de sesión puede comprender un objeto abierto según se describe en el protocolo PCE Discovery, que puede comprender a TLV. En consecuencia, el PCC 271 puede comunicarse con una pluralidad de PCEs, tal como el primer PCE 271 y el segundo PCE 275, a la vez, para obtener información sobre sus diferentes capacidades. El primer PCE 271 puede comunicarse también con el segundo PCE 275 para intercambiar su información de capacidad. El PCC 271 puede demandar luego una función específica desde los PCEs que puedan soportar esa función, tal como demandar un nodo de entrada de reserva de una ruta P2MP LSP.

En una forma de realización, el PCC 271 puede enviar un mensaje de demanda al primer PCE 275 para calcular un nodo de entrada de reserva para una P2MP LSP, p.e., después de intercambiar información de capacidad con el primer PCE 275. El mensaje de demanda puede incluir un primer indicador, que puede establecerse para demandar el cálculo de un nodo de entrada de reserva la P2MP LSP. El mensaje de demanda puede incluir también un segundo indicador, que puede utilizarse para indicar si la ruta para la P2MP LSP está representada en un formato comprimido. En algunas formas de realización, el mensaje de demanda puede comprender un objeto de demanda/respuesta (RP) que puede comprender el primer indicador y el segundo indicador, según se describe en detalle a continuación.

El mensaje de demanda puede comprender también información que puede utilizarse para calcular el nodo de entrada de reserva de la P2MP LSP. A modo de ejemplo, el mensaje de demanda puede comprender una ruta que atraviesa la P2MP LSP. Además, el mensaje de demanda puede comprender restricciones de ruta, tales como limitación del ancho de banda e información sobre un nodo externo (p.e., en la primera red externa 290) desde donde el tráfico de datos se entrega al nodo de entrada de la P2MP LSP y por lo tanto, se transporta a los nodos de salida a través de la ruta P2MP LSP. En algunas formas de realización, el PCC puede enviar una pluralidad de mensajes de demanda a una pluralidad de PCEs para obtener al menos un nodo de entrada de reserva para una P2MP LSP designada.

En una forma de realización, el mensaje de demanda enviado desde el PCC 271 al primer PCE 275 para calcular un nodo de entrada de reserva de una P2MP LSP puede comprender un indicador de una ruta para la P2MP LSP, que puede memorizarse también en el primer PCE 275. En consecuencia, el primer PCE 275 puede obtener información sobre la ruta para la P2MP LSP, p.e., desde una tabla local o base de datos utilizando el identificador de la ruta para calcular un nodo de entrada de reserva para la P2MP LSP. En algunas formas de realización, el mensaje de demanda puede comprender también una restricción que indique el nodo de entrada de reserva a calcularse puede no ser un nodo en la ruta P2MP LSP. De forma adicional, el mensaje de demanda puede comprender una lista de nodos, que pueden cada uno ser un candidato para el nodo de entrada de red. De forma adicional o alternativa, el mensaje de demanda puede comprender una restricción que indique que debe existir una ruta desde el nodo de entrada de reserva calculado a los nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada de la P2MP LSP y cualquier nodo interno en la ruta desde la entrada de reserva a los nodos de saltos operativos siguientes puede no ser parte de la ruta P2MP LSP. En una forma de realización, el mensaje de demanda puede comprender una restricción que indique que debe existir una ruta desde el nodo de entrada de reserva calculado al nodo de entrada de la P2MP LSP y que la longitud de la ruta puede estar dentro de un límite superior dado, tal como un salto operativo.

En algunas formas de realización, la información de ruta proporcionada al primer PCE 275 puede no poder incluirse en un mensaje de demanda único. En consecuencia, una pluralidad de mensajes de demanda pueden enviarse al primer PCE 275. La información en todos los mensajes de demanda reenviados puede combinarse en el primer PCE

275 para calcular el nodo de entrada de reserva para la P2MP LSP. Para asociar los múltiples mensajes de demanda con una demanda de nodo de entrada de reserva única, los mensajes de demanda pueden comprender el mismo identificador de demanda.

5 El primer PCE 275 puede enviar un mensaje de respuesta al PCC 271 en retorno al mensaje de demanda para calcular un nodo de entrada de red. El mensaje de respuesta puede comprender información sobre el nodo de entrada de reserva calculado. Además, el mensaje de respuesta puede comprender una ruta desde el nodo de entrada de reserva calculado a una pluralidad de nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada de la ruta P2MP LSP. En algunas formas de realización, el primer PCE 275 puede no completar el cálculo de entrada de reserva cuando se requiera, a modo de ejemplo, basándose en un conjunto de restricciones. En consecuencia, el primer PCE 275 puede enviar un mensaje de respuesta al PCC 271 que indique un intento de cálculo de entrada de reserva no operativamente satisfactorio. El mensaje de respuesta puede comprender un objeto de error de PCEP, que puede comprender un tipo de error, un valor de error y algunos detalles de errores, según se describe a continuación.

15 La Figura 3 ilustra una forma de realización de un sub-TLV 300 de capacidad de PCE, que puede ser un sub-TLV en un TLV de PCE Discovery (PCED). El sub-TLV de capacidad 300 puede utilizarse en el descubrimiento de PCE de protocolo de pasarela interior (IGP) para describir la capacidad de un PCE. El sub-TLV de capacidad de PCE 300 puede enviarse por un PCE (p.e., el primer PCE 275) para anunciar su capacidad a un PCC o una red. El sub-TLV de capacidad de PCE 300 puede comprender un campo de tipo 320, un campo de longitud 340 y un campo de valor 360.

25 El valor del campo de tipo 320 puede establecerse para aproximadamente cinco o puede asignarse por la Autoridad de Números Asignados de Internet (IANA) para indicar el tipo de la sub-TLV de capacidad de PCE 300. El campo de longitud 340 puede indicar la magnitud del campo de valor 360, p.e., en bytes, tal como aproximadamente ocho bytes. El campo de valor 360 puede comprender una secuencia de indicadores de capacidad, incluyendo un primer indicador 361 y un segundo indicador 363. El primer indicador 361 en el campo de valor 360 puede establecerse, p.e., a aproximadamente uno, para indicar que el PCE es capaz de calcular una entrada de reserva para una P2MP LSP. El primer indicador 361 puede ser el bit 10 en la secuencia de bits del campo de valor 360 o cualquier otro bit asignado por IANA. El segundo indicador 363 puede establecerse, p.e., a aproximadamente uno, para indicar que el PCE es capaz de calcular una entrada de reserva para una P2P LSP. El segundo indicador 363 puede ser el bit 11 en la secuencia de bits del campo de valor 360 o cualquier otro bit asignado por IANA.

35 La Figura 4 ilustra una forma de realización de una TLV de capacidad de PCE 400 para el cálculo de entrada de reserva. La TLV de capacidad de PCE 400 puede ser un TLV opcional en un mensaje de objeto abierto que puede intercambiarse durante un establecimiento de sesión de PCE, p.e., entre el primer PCE 275 y el PCC 271. La TLV de capacidad de PCE 400 puede comprender un campo de tipo 410, un campo de longitud 420 y un campo de valor 430. El valor del campo de tipo 410 puede establecerse en aproximadamente uno o puede asignarse por IANA para indicar el tipo de TLV de capacidad de PCE 400. El campo de longitud 420 puede indicar la magnitud del campo de valor 430, p.e., en bytes. El campo de valor 430 puede comprender una secuencia de indicadores de capacidad para el PCE. Los indicadores en el campo de valor 430 pueden configurarse y establecerse de forma similar a los indicadores en el campo de valor 360 del sub-TLV de capacidad de PCE 300.

45 En una forma de realización, si un PCE no anuncia su capacidad de cálculo de una entrada de reserva para una ruta P2MP LSP durante el descubrimiento, un PCC puede descubrir qué PCE son capaces de soportar el cálculo de entrada de reserva para una P2MP LSP utilizando un objeto abierto OPEN extendido, que puede comprender el TLV de capacidad de PCE 400 en un campo opcional o TLV. El TLV de capacidad de PCE 400 puede asignar el PCE para anunciar su capacidad de cálculo de la entrada de reserva para una P2MP LSP.

50 La Figura 5 ilustra una forma de realización de un objeto de RP 500, que puede ser parte de un mensaje de demanda transmitido desde un PCC a un PCE o una parte de un mensaje de respuesta transmitido desde un PCE a un PCC. A modo de ejemplo, el objeto de RP puede indicar una entrada de reserva de un mensaje de demanda relacionado con P2MP LSP. El objeto de RP 500 puede comprender un campo reservado 510, un campo de indicadores 520 y un número de identificación de demanda (ID) 550. El campo de indicadores comprende el indicador 521, 523, 525, 527, 529, 531, 533 y 535. Además, el objeto de RP 500 puede comprender, de forma opcional, uno o más TLVs opcionales 560. El campo reservado 510 puede reservarse o puede no utilizarse. El campo reservado 510 puede tener una longitud de aproximadamente ocho bits. El campo de indicadores 520 puede comprender un bit de entrada de reserva (I) 521, un indicador de bit de fragmentación (F) 523, un indicador de bit de P2MP (N) 525, un indicador de bit de compresión ERO (E) 527, un indicador de bit estricto/libre (O) 529, un indicador de bit bidireccional (B) 531, un indicador de re-optimización (R) 533 y una pluralidad de indicadores de bit de prioridad (P) 535. Los indicadores 520 pueden comprender también bits adicionales, que pueden ser reservados o no asignados. A modo de ejemplo, los bits restantes en el campo de indicadores 520 pueden establecerse a aproximadamente cero e ignorarse. El indicador I 521 puede establecerse, p.e., a aproximadamente uno, para indicar un cálculo de entrada de reserva para una P2MP LSP. El indicador I 521 puede establecerse para indicar si un mensaje de demanda o un mensaje de respuesta están en relación con un cálculo de entrada de reserva para una P2MP LSP.

El indicador O 529 puede establecerse, p.e., a aproximadamente uno, en un mensaje de demanda para indicar que una ruta libre es aceptable o puede eliminarse para indicar que se requiere una ruta que comprenda exclusivamente saltos operativos estrictos. La ruta puede extenderse desde un nodo de entrada de reserva de una P2MP LSP a una pluralidad de nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada. El indicador O 529 puede establecerse p.e., a aproximadamente uno, en un mensaje de respuesta para indicar que la ruta calculada está suelta o puede eliminarse para indicar que la ruta calculada comprende saltos operativos estrictos. Los indicadores P 535 pueden utilizarse para especificar una prioridad de demanda recomendada. A modo de ejemplo, los indicadores P 535 pueden tener un valor desde aproximadamente uno a aproximadamente siete, que pueden establecerse a nivel local en el PCC. De forma alternativa, los indicadores P 535 pueden establecerse a aproximadamente ceros cuando no se especifica la prioridad de la demanda. El número de ID de demanda 550 puede combinarse con una dirección IP origen del PCC o una dirección de red PCE para identificar el contexto de la demanda de cálculo de entrada de reserva. El número ID de demanda 550 puede cambiarse o incrementarse cada vez que se envía una nueva demanda al PCE. El número ID de demanda 550 puede tener una longitud de aproximadamente 32 bits. Los TLVs opcionales 560 pueden indicar las capacidades de cálculo de ruta, las restricciones de ruta y/o otra información de ruta. Los indicadores restantes o campos en el objeto de R/P 500 pueden configurarse sobre la base de PCEP.

La Figura 6 ilustra una forma de realización de un objeto de error PCEP 600 que puede utilizarse para indicar un error relacionado con un cálculo de entrada de reserva. El objeto de error de PCEP 600 puede comprender un campo reservado 610, un campo de indicadores 620, un campo de tipo de error 630, un campo de valor de error 640 y uno o más TLVs opcionales 660. El campo reservado 610 puede reservarse o puede no utilizarse. El campo de indicadores 620 puede comprender una pluralidad de indicadores de bits que pueden ser similares a los indicadores de bits anteriormente descritos. El campo de tipo de error 630 puede establecerse a aproximadamente 17 o puede asignarse por IANA para indicar el tipo del error del PCEP. El campo de valor de error 640 puede comprender uno de múltiples valores que indican errores asociados con una demanda de cálculo de entrada de reserva.

Si un PCE recibe una demanda de cálculo de entrada de reserva y el PCE no es capaz de satisfacer la demanda, p.e., debido a una memoria insuficiente, el PCE puede reenviar un mensaje de error de PCE (PCErr) que comprende el objeto de error de PCEP 600 que incluye un valor de tipo de error de aproximadamente 17 y un valor de error de aproximadamente uno. A continuación, puede cancelarse la demanda de cálculo de entrada de reserva correspondiente. Como alternativa, si el PCE no es capaz de calcular una entrada de reserva, el PCE puede reenviar un mensaje PCErr que comprende el objeto de error de PCEP 600 que incluye un valor de tipo de error de aproximadamente 17 y un valor de error de aproximadamente dos. Puede cancelarse la demanda de cálculo de entrada de reserva correspondiente.

Como alternativa, una pluralidad de valores de errores puede definirse bajo un valor de tipo de error existente, p.e., de aproximadamente dos, que indica que no se soporta una capacidad. El valor de error definido puede indicar errores asociados con una demanda de cálculo de entrada de reserva. En una forma de realización, un valor de error de aproximadamente tres puede utilizarse por un valor de tipo de error existente de aproximadamente dos en el objeto de error PCEP 600. El valor de error de aproximadamente tres puede indicar que el PCE recibió una demanda de cálculo de entrada de reserva y no es capaz de calcular la entrada de reserva. Como alternativa, un valor de error de aproximadamente cuatro puede utilizarse con el valor de tipo de error existente de aproximadamente dos para indicar que PCE recibió una demanda de cálculo de entrada de reserva y no es capaz de satisfacer la demanda debido a algún motivo, tal como memoria insuficiente. En algunas formas de realización, un valor de error puede definirse bajo un valor de tipo de error existente, p.e., de aproximadamente cinco, que indica una violación de política. El valor de error definido puede indicar un error asociado con una violación de la política de cálculo de entrada de reserva. A modo de ejemplo, un valor de error de aproximadamente seis puede utilizarse con un valor de tipo de error existente de aproximadamente cinco en el objeto de error de PCEP 600 para indicar que el PCE recibió una demanda de cálculo de entrada de reserva que no cumple los privilegios administrativos (p.e., "la política de PCE no soporta el cálculo de entrada de reserva").

La Figura 7 ilustra una forma de realización de un objeto NO-PATH 700 para un cálculo de entrada de reserva. El objeto NO-PATH 700 puede utilizarse en un mensaje de respuesta de cálculo de ruta (PCRep) por un PCE para comunicar a un PCC los motivos para no ser capaz de encontrar una entrada de reserva en respuesta a una demanda de cálculo de entrada de reserva recibida desde PCC. El objeto NO-PATH 700 puede comprender una naturaleza de campo de emisión 710, un campo de indicadores 720, un campo reservado 730, un primer TLV opcional 740 y uno o más segundos TLVs opcionales 760. El campo de naturaleza de emisión 710 puede comprender un valor que indica un motivo de fallo para el cálculo de un nodo de entrada de reserva. El campo de indicadores 720 puede comprender una secuencia de bits de indicadores que incluye un indicador de capacidad (C) 721 que indica un objeto de capacidad o TLV. El campo reservado 730 puede reservarse o puede no utilizarse.

El primer TLV opcional 740 puede comprender un campo de tipo 741, un campo de longitud 743 y un segundo campo de indicadores 745. El campo de tipo 741 y el campo de longitud 743 pueden configurarse de forma similar al campo de tipo 320 y al campo de longitud 340, respectivamente. El segundo campo de indicadores 745 puede comprender una secuencia de indicadores de bits que incluye un indicador de posibilidad de alcance (R) 747. El PCE puede establecer el indicador R 747 para indicar que existe una cuestión de alcanzabilidad con la totalidad o un subconjunto de los saltos operativos siguientes del nodo de entrada de una ruta P2MP LSP desde un nodo de

5 entrada de reserva candidato. En este caso, una pluralidad de versión IP cuatro (IPv4) inalcanzable o una versión de IP seis (IPv6) para TLVs de saltos operativos siguientes puede incluirse en el objeto NO-PATH 700 que puede cada uno proporcionar una lista de una o más direcciones IP de los saltos operativos siguientes del nodo de entrada de la P2MP LSP que puede ser no alcanzable desde nodo de entrada de reserva candidato. Los segundos TLVs opcionales 760 pueden configurarse de forma similar a los TLVs opcionales 560.

10 La Figura 8 ilustra una forma de realización de una versión IPv4 no alcanzable de un TLV de saltos operativos siguientes 800 que puede ser parte del objeto NO-PATH 700. El TLV de saltos operativos siguientes de versión IPv4 no alcanzable 800 puede comprender un campo de tipo 810, un campo de longitud 820 y un campo de valor 830. El valor del campo de tipo 810 puede indicar el tipo del TLV de saltos operativos siguientes de versión IPv4 no alcanzable 800. A modo de ejemplo, el valor del campo de tipo 810 puede ser igual a aproximadamente dos o puede asignarse por IANA. El campo de longitud 820 puede indicar la magnitud del campo de valor 830 p.e., en bytes. El campo de valor 830 puede comprender un campo de direcciones IPv4 de entrada de reserva candidato 831 y una lista de campos de direcciones de saltos operativos siguientes de versión IPv4 no alcanzable 833, 835 y 837. El campo de direcciones de IPv4 de entrada de reserva candidato 831 puede identificar un modo de entrada de reserva que no alcanza a ninguno de los nodos de saltos operativos siguientes identificados por los campos de direcciones de saltos operativos siguientes de versión IPv4 no alcanzables 833, 835 y 837. El alcance de un nodo de saltos operativos siguientes desde el nodo de entrada de reserva puede no ser posible si el PCE no puede encontrar una ruta que satisfaga el conjunto de restricciones desde el nodo de entrada de reserva a un nodo de salto operativo siguiente. Más concretamente, la dirección IPv4 de entrada de reserva candidato 831 y los campos de direcciones de saltos operativos siguientes IPv4 no alcanzables 833, 835 y 837 pueden comprender direcciones de redes IPv4.

25 La Figura 9 ilustra una forma de realización de un TLV de saltos operativos siguientes de versión IPv6 no alcanzable 900 que puede ser parte del objeto NO-PATH 700. El TLV de saltos operativos siguientes de versión IPv6 no alcanzable 900 puede comprender un campo de tipo 910, un campo de longitud 920 y un campo de valor 930. El campo de valor 930 puede comprender un campo de direcciones IPv6 de entrada de reserva candidatos 931 y una lista de campos de direcciones de saltos operativos siguientes IPv6 no alcanzables 933, 935 y 937. El campo de tipo 910, el campo de longitud 920, el campo de direcciones IPv6 de entrada de reserva candidatas 931 y los campos de direcciones de saltos operativos siguientes de IPv6 no alcanzables 933, 935 y 937 pueden configurarse de forma similar al campo de tipo 810, al campo de longitud 820, al campo de direcciones IPv4 de entrada de reserva candidatos 941 y los campos de direcciones de saltos operativos siguientes IPv4 no alcanzables 833, 835 y 837, respectivamente. Sin embargo, el campo de direcciones IPv6 de entrada de reserva candidatos 931 y los campos de direcciones de saltos operativos siguientes IPv6 no alcanzables 933, 935 y 937 pueden comprender direcciones de red IPv6.

35 La Figura 10 ilustra una forma de realización de un método de cálculo de entrada de reserva 1000 que puede ponerse en práctica en el PCE para calcular un nodo de entrada de reserva para una P2MP LSP. El nodo de entrada de reserva seleccionado puede satisfacer un conjunto de restricciones recibidas en un mensaje de demanda desde un PCC. El método 1000 puede iniciarse en el bloque 1010, en donde uno o más mensajes de demanda para calcular una entrada de reserva de una P2MP LSP pueden recibirse. El mensaje de demanda puede enviarse desde un PCC y comprender información sobre la P2MP LSP y un conjunto de restricciones sobre la entrada de reserva. A modo de ejemplo, los uno o más mensajes de demanda pueden comprender el TLV de capacidad de PCE 400 o el objeto R/P 500.

45 En el bloque 1020, un nodo de entrada de reserva que satisface el conjunto de restricciones en los mensajes de demanda puede calcularse a este respecto. En el bloque 1030, el método 1000 puede determinar si un nodo de entrada de reserva está satisfactoriamente calculado. Si un nodo de entrada de reserva que satisface las restricciones del mensaje de demanda se calcula o selecciona, entonces, el método 1000 puede proseguir con el bloque 1050. De no ser así, el método 1000 puede proseguir con el bloque 1060. En el bloque 1050, un mensaje de respuesta que comprende el nodo de entrada de reserva calculado para la P2MP LSP puede enviarse. A modo de ejemplo, el nodo de entrada seleccionado puede enviarse en un mensaje de respuesta al PCC. A continuación, puede enviarse el método 1000. En el bloque 1060, puede enviarse un mensaje de respuesta que comprende los motivos del fallo para seleccionar un nodo de entrada de reserva. A modo de ejemplo, los motivos del fallo operativo para seleccionar un nodo de entrada de reserva pueden enviarse en el objeto de error de PCEP 600 o el objeto de NO-PATH 700 al PCC. A continuación, puede finalizar el método 1000.

60 La Figura 11 ilustra una forma de realización de una unidad de transmisor/receptor 1100 que puede ser cualquier dispositivo que transporte paquetes a través de una red. A modo de ejemplo, la unidad de transmisor/receptor 1100 puede situarse en cualquiera de los componentes de red anteriormente descritos. La unidad de transmisor/receptor 1100 puede comprender uno o más puertos o unidades de entrada 1110 para recibir paquetes, objetos o TLVs desde otros componentes de red, los circuitos lógicos 1120 para determinar a qué componente de red enviar los paquetes y uno o más puertos o unidades de salida 1130 para transmitir tramas a los otros componentes de la red. Los circuitos lógicos 1120 pueden determinar también la tasa de transmisión de datos adecuada para transmitir los paquetes a través de vínculos de salida o de flujo descendente.

65 Los componentes de red anteriormente descritos pueden ponerse en práctica en cualquier componente de red uso

general, tal como un componente de ordenador o de red con poder de procesamiento suficiente, recursos de memoria y capacidad de rendimiento que se requieren para gestionar la carga útil necesaria que soportan. La Figura 12 ilustra un componente de red de uso general típico 1200 adecuado para poner en práctica una o más formas de realización de los componentes aquí dados a conocer. El componente de red 1200 incluye un condensador 1202 (que puede referirse como una unidad central de condensador o CPU) que está en comunicación con dispositivos de memoria que incluyen una segunda memoria 1204, una memoria de solamente lectura (ROM) 1206, una memoria de acceso aleatorio (RAM) 1208, dispositivos de entrada/salida (I/O) 1210 y dispositivos de conectividad de red 1212. El condensador 1202 puede realizarse como uno o más circuitos integrados de CPU o puede ser parte de uno o más circuitos integrados específicos de la aplicación (ASICs).

La segunda memoria 1204 suele estar constituida por una o más unidades de disco o unidades de cinta y se utiliza para la memorización no volátil de datos y como un dispositivo de memorización de datos de sobreflujo si la memoria RAM 1208 no tiene suficiente capacidad para mantener todos los datos de trabajo. La segunda memoria 1204 puede utilizarse para memorizar programas que se cargan en la memoria RAM 1208 cuando dichos programas se seleccionan para su ejecución. La memoria ROM 1206 se utiliza para memorizar instrucciones y quizás datos que son objeto de lectura durante la ejecución del programa. La memoria ROM 1206 es un dispositivo de memoria no volátil que suele tener una pequeña capacidad de memoria relativa a la mayor capacidad de memoria de la segunda memoria 1204. La memoria RAM 1208 se utiliza para memorizar datos volátiles y quizás para memorizar instrucciones. El acceso a la memoria ROM 1206 y a la memoria RAM 1208 suele ser más rápido que a la segunda memoria 1204.

Al menos una forma de realización se da a conocer y variaciones, combinaciones y/o modificaciones de las formas de realización y/o características de las formas de realización realizadas por un experto en esta técnica están dentro del alcance de la idea inventiva. Formas de realización alternativas que resultan de la combinación, integración y/o omisión de características de las formas de realización están también dentro del alcance de protección de la idea inventiva. En donde se declaran expresamente limitaciones o márgenes numéricos, dichas limitaciones o márgenes numéricos expresos deben entenderse que incluyen márgenes iterativos o limitaciones de magnitud similar que caen dentro de las limitaciones o alcances expresamente declarados (p.e., desde aproximadamente 1 a aproximadamente 10 incluye 2, 3, 4, etc.; mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). A modo de ejemplo siempre que un margen numérico con un límite inferior  $R_l$  y un límite superior  $R_u$ , se da a conocer, cualquier número que caída dentro de ese margen se descubre de forma concreta. En particular, los siguientes números dentro del margen se dan a conocer concretamente:  $R = R_l + k * (R_u - R_l)$  en donde  $k$  es una variable que toma valores desde 1 por ciento a 100 por ciento con un incremento del 1 por ciento, es decir,  $k$  es 1 por ciento, 2 por ciento, 3 por ciento, 4 por ciento, 7 por ciento, ..., 70 por ciento, 71 por ciento, 72 por ciento, ..., 97 por ciento, 96 por ciento, 97 por ciento, 98 por ciento, 99 por ciento o 100 por ciento. Además, cualquier margen numérico definido por dos números  $R$ , según se definió con anterioridad, se da a conocer también de forma concreta. El uso del término "de forma opcional" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación significa que se requiere el elemento o como alternativa, no se requiere el elemento, estando ambas alternativas dentro del alcance de la reivindicación. El uso de términos más amplios tales como comprende, incluye y que tiene debe entenderse que proporcionan soporta para términos menos amplios tales como estar constituido, estar constituido esencialmente de y estar constituido sustancialmente de. En consecuencia, el alcance de protección no está limitado por la descripción anteriormente establecida sino que se define por las reivindicaciones siguientes, que el alcance incluyendo todos los equivalentes del contenido de las reivindicaciones. Todas y cada una de las reivindicaciones está incorporada como idea inventiva adicional en la especificación y las reivindicaciones son formas de realización de la presente invención. La discusión de una referencia en la invención no es una admisión de que se trata de una técnica anterior, en particular, cualquier referencia que tenga una fecha de publicación después de la fecha de prioridad de esta solicitud. Aunque varias formas de realización se hayan proporcionado en la presente invención, debe entenderse que los sistemas y métodos dados a conocer podrían materializarse en muchas otras formas específicas sin desviarse por ello del alcance de la presente invención. Las formas de realización, a modo de ejemplo, presentes han de considerarse como limitativas y no restrictivas y la intención inventiva no ha de limitarse a los detalles dados en ellas. A modo de ejemplo, los diversos elementos o componentes pueden combinarse o integrarse en otro sistema o algunas características pueden omitirse o no ponerse en práctica.

Además, técnicas, sistemas, subsistemas y métodos descritos e ilustrados en las diversas formas de realización como discretas o separadas pueden combinarse o integrarse con otros sistemas, módulos, técnicas o métodos sin desviarse por ello del alcance de la presente invención. Otros elementos ilustrados o descritos como acoplados o directamente acoplados o en comunicación entre sí pueden estar indirectamente acoplados o comunicarse a través de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio bien sea de forma eléctrica, de forma mecánica o de cualquier otro modo. Otras realizaciones, a modo de ejemplo, de cambios, sustituciones y alteraciones son determinables por un experto en esta técnica y pueden realizarse sin desviarse por ello del alcance de protección de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato que comprende:

5 un elemento de cálculo de ruta, PCE, (275) configurado para comunicarse con un cliente de cálculo de ruta, PCC (271) y para calcular un nodo de entrada de reserva (212) para una ruta de conmutación de etiquetas, LSP, del tipo punto a multipunto, P2MP en una red asociada con el PCC (271), en donde

10 el nodo de entrada de reserva está acoplado a un nodo de entrada (211) de la LSP P2MP y a una pluralidad de nodos de saltos operativos siguientes (231, 233) del nodo de entrada (211) de la LSP P2MP a través de un árbol de reserva;

15 el nodo de entrada de reserva (212) y el nodo de entrada (211) están ambos acoplados a un nodo externo y en donde el nodo de entrada de reserva (212) está configurado para asegurar el suministro de datos en la LSP P2MP cuando el nodo de entrada (211) tiene un fallo operativo, caracterizado por cuanto que

20 el PCE (275) está configurado, además, para comunicarse con un segundo PCE (277) asociado con la red del nodo externo para obtener una lista de nodos de entrada de reserva candidatos; en donde cada uno de los nodos de entrada de reserva candidatos satisface una o más restricciones del nodo externo para el nodo de reserva candidato;

25 el PCE (275) está configurado para recibir la lista de nodos de entrada de reserva candidatos desde el segundo PCE (277) y para seleccionar un nodo de entrada de reserva desde la lista que satisface un conjunto de restricciones y

30 las restricciones comprenden restricciones exclusivas, un límite de salto operativo y restricciones de ancho de banda y métricas, en el sub-árbol, desde el nodo de entrada de reserva (212) a los nodos de saltos operativos siguientes (231, 233) del nodo de entrada (211) de la LSP P2MP.

35 2. El aparato según la reivindicación 1, en donde un nodo de entrada de reserva candidato es un nodo en la misma red que el nodo de entrada de LSP P2MP.

3. El aparato según la reivindicación 1, en donde las restricciones comprenden un límite de salto operativo, restricciones de ancho de banda y métricas sobre la ruta desde el nodo externo a un nodo de entrada de reserva candidato.

4. El aparato según la reivindicación 1, en donde las restricciones comprenden una restricción del límite de salto operativo sobre la ruta entre el nodo de entrada de reserva (212) y el nodo de entrada (211) de la LSP P2MP.

40 5. El aparato según la reivindicación 1, en donde el PCE (275) está configurado para enviar el PCC (271) al nodo de entrada de reserva y la ruta de sub-árbol que va desde el nodo de entrada de reserva a los nodos de saltos operativos siguientes del nodo de entrada de LSP P2MP.

45 6. El aparato según la reivindicación 5, en donde el nodo de entrada (211) está configurado para recibir el nodo de entrada de reserva (212) y la ruta de sub-árbol desde el PCC (271) y comunicarse con el nodo de entrada de reserva (212) y en donde el nodo de entrada de reserva (212) establece un sub-árbol P2MP de reserva que es objeto de fusión en la LSP P2MP en los nodos de saltos operativos siguientes (231, 232) del nodo de entrada (211), en donde el sub-árbol P2MP de reserva es desde el nodo de entrada de reserva (212) a los nodos de saltos operativos siguientes (231, 232).

50 7. Un sistema que comprende:

un cliente de cálculo de ruta, PCC (277) y un componente de red (275, 1200), cuyo componente de red (275, 1200) comprende:

55 un receptor configurado para recibir un mensaje de demanda desde el PCC para calcular un nodo de entrada de reserva de una ruta de conmutación de etiquetas, LSP, de punto a multipunto, P2MP, en una red;

60 una lógica de circuito (1120), configurada para calcular un nodo de entrada de reserva (212) para la LSP P2MP sobre la base de la topología de la red y un conjunto de restricciones en el mensaje de demanda y

65 un transmisor configurado para enviar un mensaje de respuesta que incluye el nodo de entrada de reserva calculado (212) si el nodo de entrada de reserva (212) se calcula de forma satisfactoria, en donde el nodo de entrada de reserva está acoplado a un nodo de entrada (211) de la LSP P2MP y a una pluralidad de nodos de saltos operativos siguientes (231, 233) del nodo de entrada (211) de la LSP P2MP por intermedio de un árbol de reserva;

en donde el nodo de entrada de reserva (212) y el nodo de entrada (211) estas ambos acoplados a un nodo externo

y en donde el nodo de reserva (212) está configurado para asegurar la entrega de datos en la LSP P2MP cuando falla el nodo de entrada (211); caracterizado por cuanto que

5 el componente de red (275, 1200) está configurado, además, para comunicarse con un segundo componente de red (277, 1200) asociado con la red del nodo externo para obtener una lista de nodos de entrada de reserva candidatos; en donde cada uno de los nodos de entrada de reserva candidatos satisface una o más restricciones desde el nodo externo al nodo de reserva candidato;

10 el componente de red (275, 1200) está configurado para recibir la lista de los nodos de entrada de reserva candidatos desde el segundo componente de red (277, 1200) y para seleccionar un nodo de entrada de reserva desde la lista que satisface un conjunto de restricciones y

15 las restricciones comprenden restricciones exclusivas, un límite de salto operativo y restricciones de ancho de banda y métricas sobre el sub-árbol desde el nodo de entrada de reserva (212) a los nodos de saltos operativos siguientes 231, 233 del nodo de entrada (211) de la LSP P2MP.

8. El sistema según la reivindicación 7, en donde el mensaje de demanda, el mensaje de respuesta o ambos comprenden un objeto de parámetro de demanda, RP, que incluye un campo reservado, una pluralidad de indicadores, un número de identificación de demanda, ID, y uno o más valores del tipo de longitud opcionales, TLVs opcionales y en donde los indicadores comprenden un bit de entrada de reserva, un indicador I, un bit de fragmentación, un indicador F, un bit de P2MP, un indicador N, un bit de compresión de objeto de enrutamiento específico ERO, un indicador E, un bit estricto/libre, un indicador O, un bit bidireccional, un indicador B, un indicador de re-optimización, un indicador R y una pluralidad de bits de prioridad, como indicadores P.

25 9. Un método que comprende:

el intercambio de información de capacidad entre un elemento de cálculo de ruta, PCE (275) y un cliente de cálculo de ruta, PCC (271) durante un establecimiento de sesión entre el PCE (275) y el PCC (271),

30 en donde la información de capacidad está vinculada con el cálculo de un nodo de entrada de reserva para una ruta de conmutación de etiquetas, LSP, punto a multipunto, P2MP en una red, en donde

35 el nodo de entrada de reserva está acoplado a un nodo de entrada (211) de la LSP P2MP y a una pluralidad de nodos de saltos operativos siguientes (231, 233) del nodo de entrada (211) de la LSP P2MP por intermedio de un árbol de reserva;

40 el nodo de entrada de reserva (212) y el nodo de entrada (211) están ambos acoplados a un nodo externo y en donde el nodo de reserva (212) está configurado para garantizar el suministro de datos en la LSP P2MP cuando el nodo de entrada (211) está en condición de fallo operativo;

45 caracterizado por cuanto que el PCE (275) se comunica con un segundo PCE (277) asociado con la red de nodo externo con el fin de obtener una lista de nodos de entrada de reserva candidatos; en donde cada uno de los nodos de entrada de reserva candidatos satisface una o varias restricciones del nodo externo hacia el nodo de reserva candidato;

50 el PCE (275) recibe la lista de los nodos de entrada de reserva candidatos procedentes del segundo PCE (277) y selecciona, dentro de la lista, un nodo de entrada de reserva que satisface un conjunto de restricciones, caracterizado por cuanto que las restricciones comprenden restricciones exclusivas, un límite de salto operativo y restricciones de ancho de banda y de métrica impuestas al sub-árbol desde el nodo de entrada de reserva (212) hacia los nodos de saltos operativos siguientes (231, 233) del nodo de entrada (211) de la LSP P2MP.

10. El método según la reivindicación 9, en donde la información de capacidad se envía por el PCE en un sub-valor de longitud de tipo, TLV, de capacidad de PCE en una TLV de descubrimiento de PCE, PCED, PCE Discovery, en donde la sub-TLV de capacidad de PCE comprende un campo de tipo, un campo de longitud y un campo de valor que comprende un primer indicador y un segundo indicador y en donde el primer indicador se establece para indicar que el PCE es capaz de calcular un nodo de entrada de reserva para una LSP P2MP y el segundo indicador se establece para indicar que el PCE es capaz de calcular un nodo de entrada de reserva para una 2P2, LSP punto a punto.

60 11. El método según la reivindicación 9, en donde la información de capacidad se envía por el PCC en el TLV de capacidad de PCE en un mensaje de objeto abierto para descubrir la información de capacidad y en donde el TLV de capacidad de PCE comprende un campo de tipo, un campo de longitud y un campo de valor que indica una capacidad del cálculo de un nodo de entrada de reserva para la LSP P2MP.

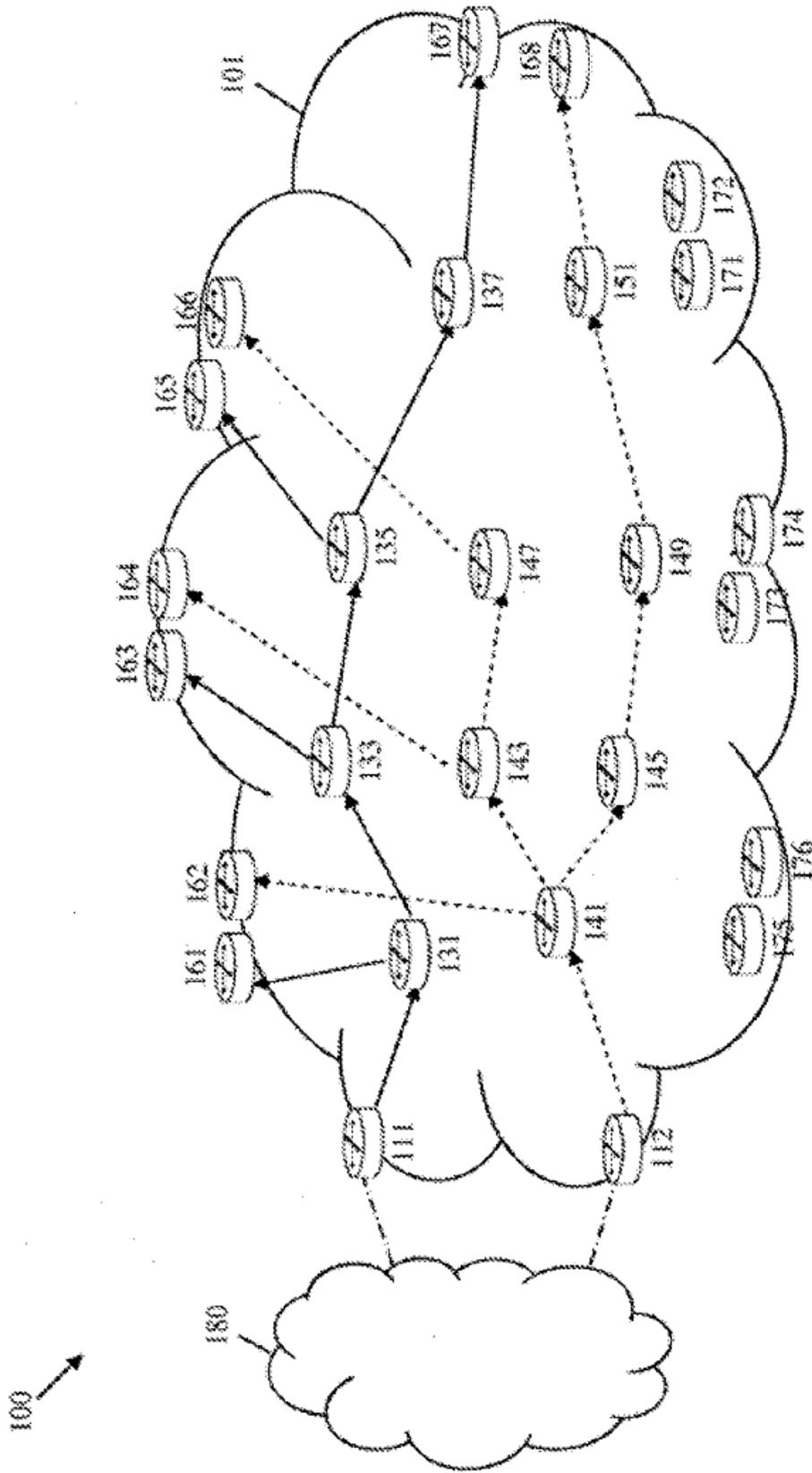


FIG. 1

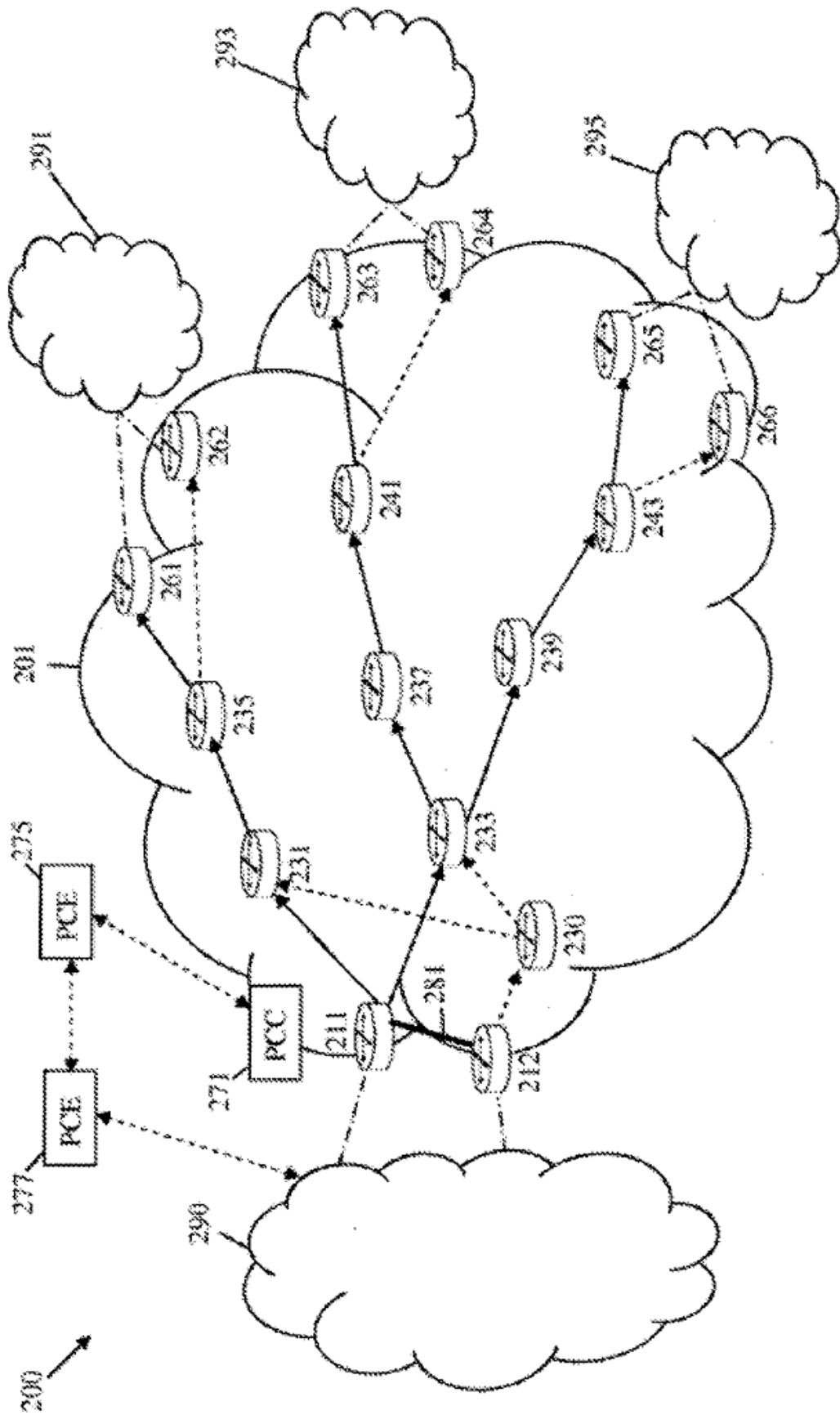


FIG. 2

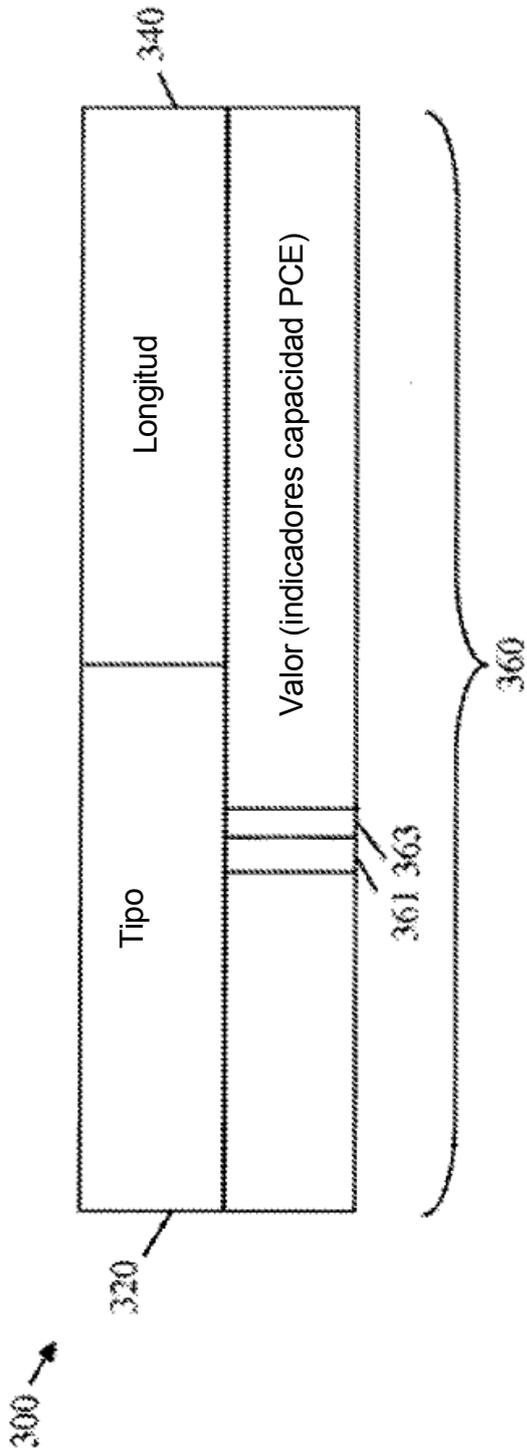


FIG. 3

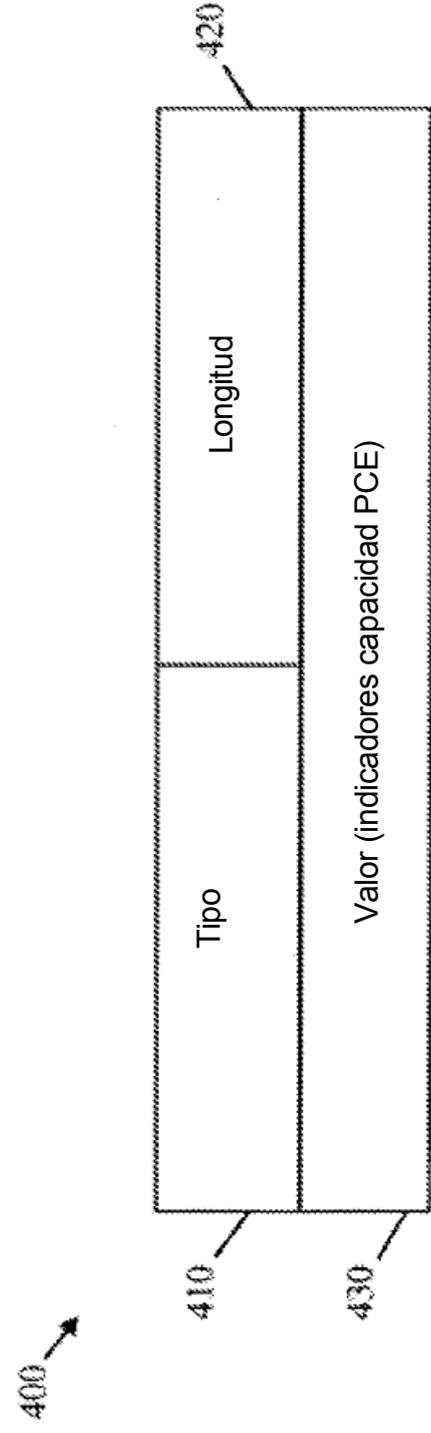


FIG. 4

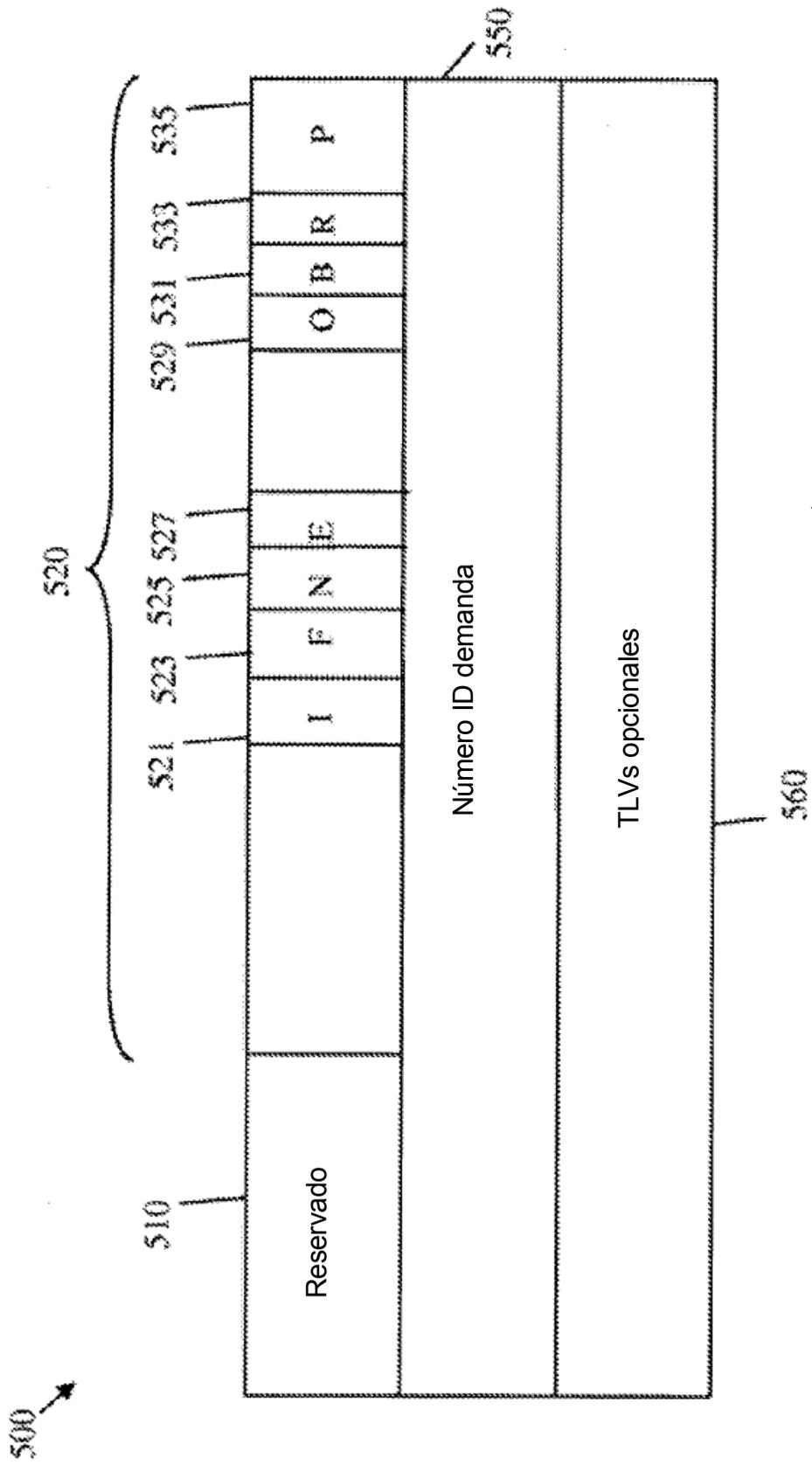


FIG. 5

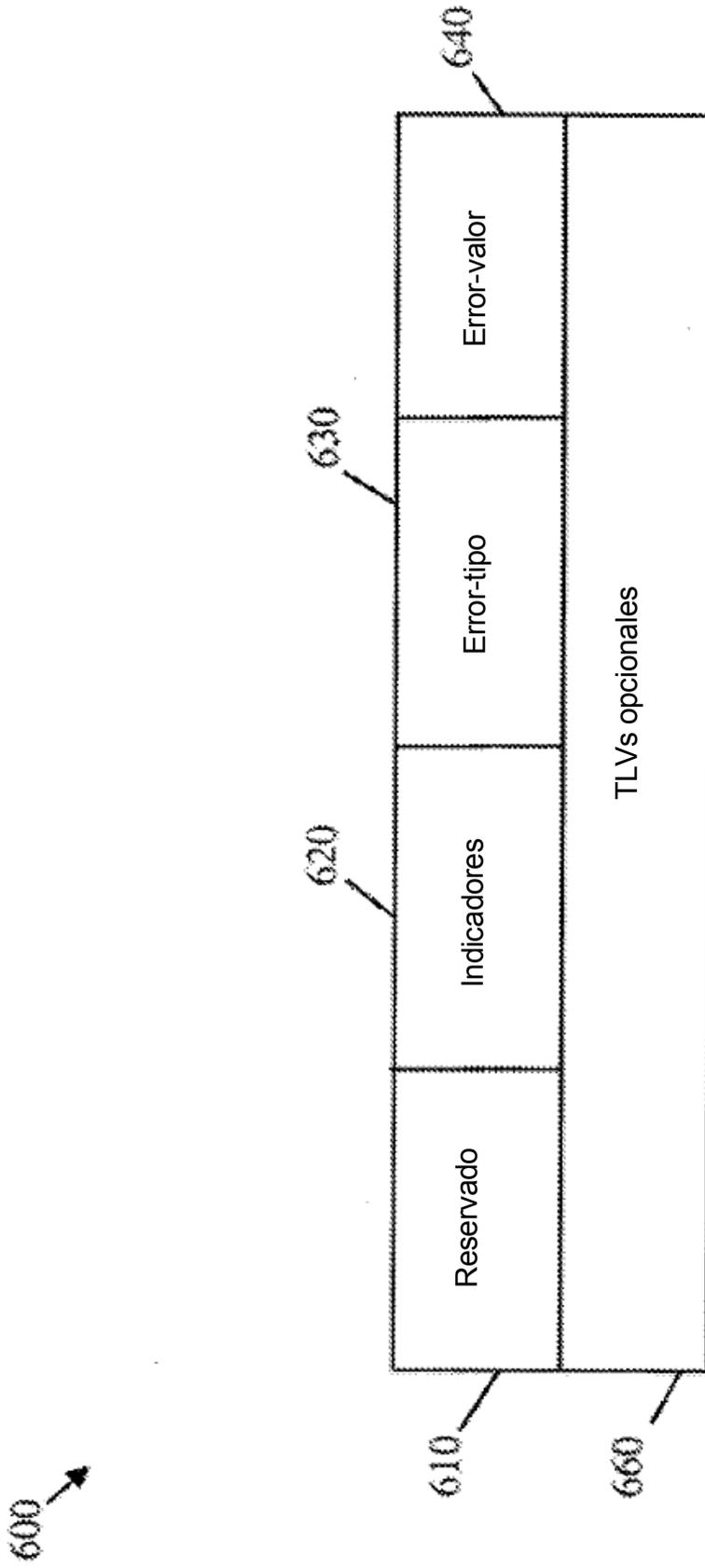


FIG. 6

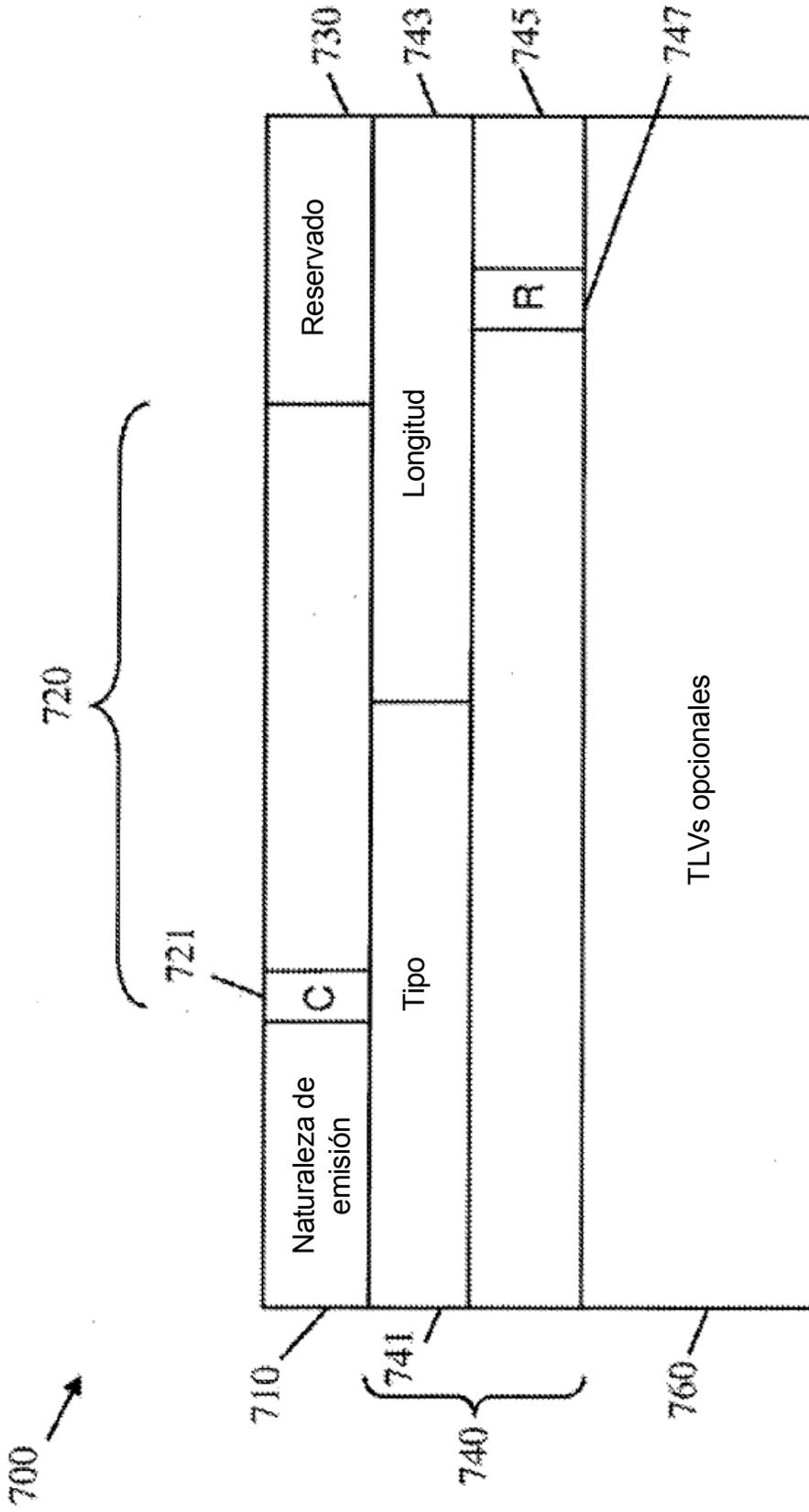


FIG. 7

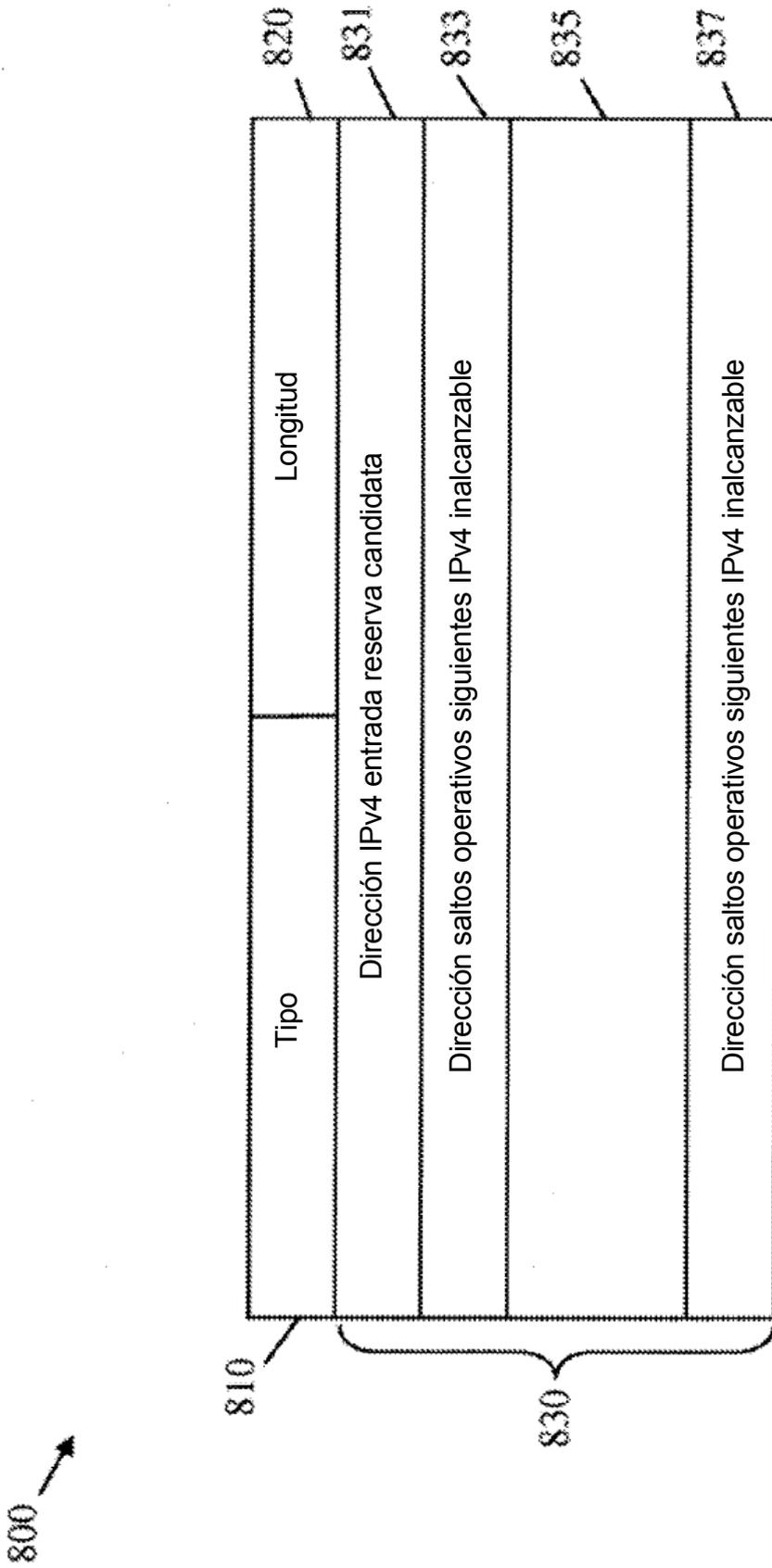


FIG. 8

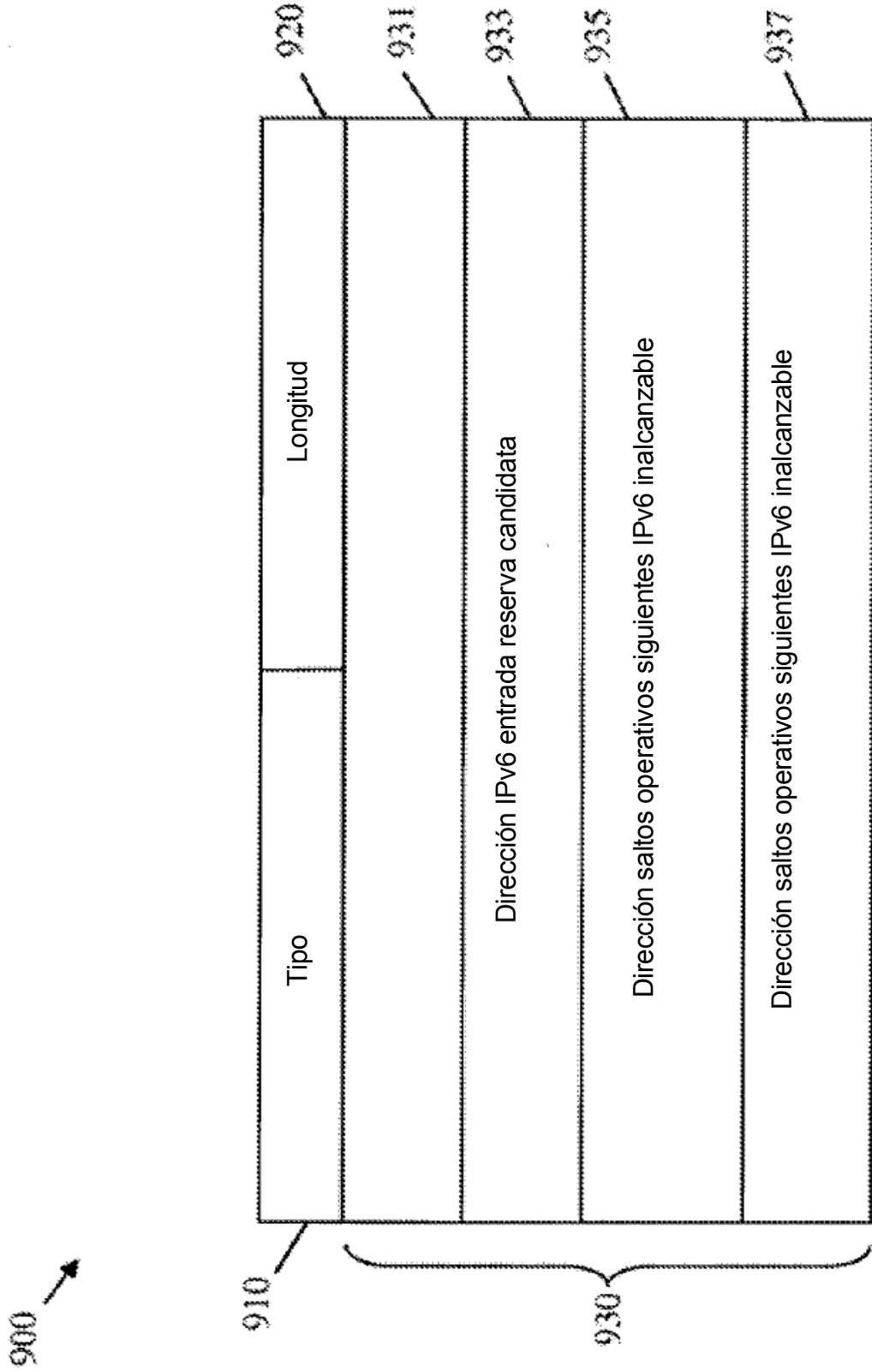


FIG. 9

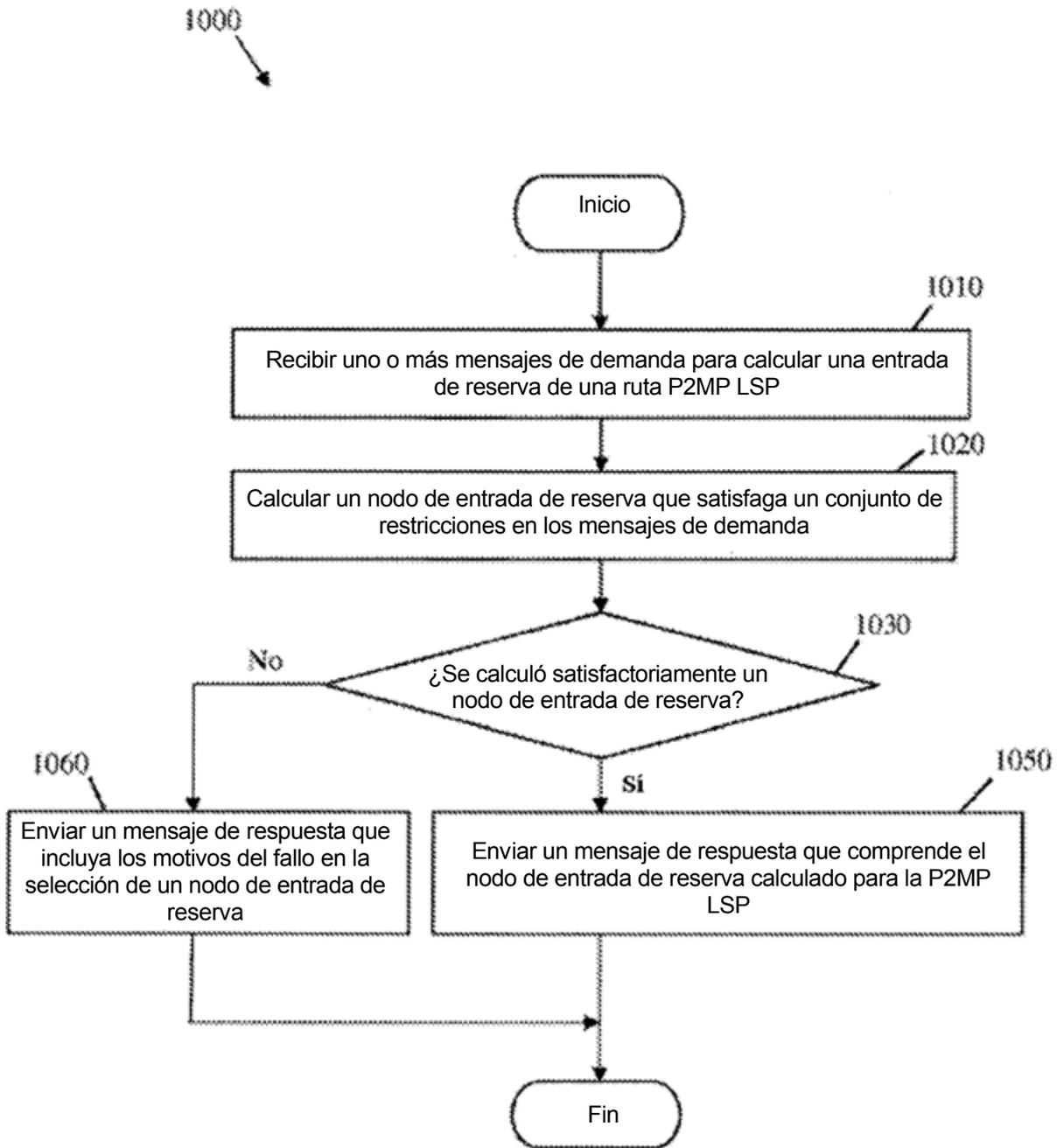


FIG. 10

1100  
↙

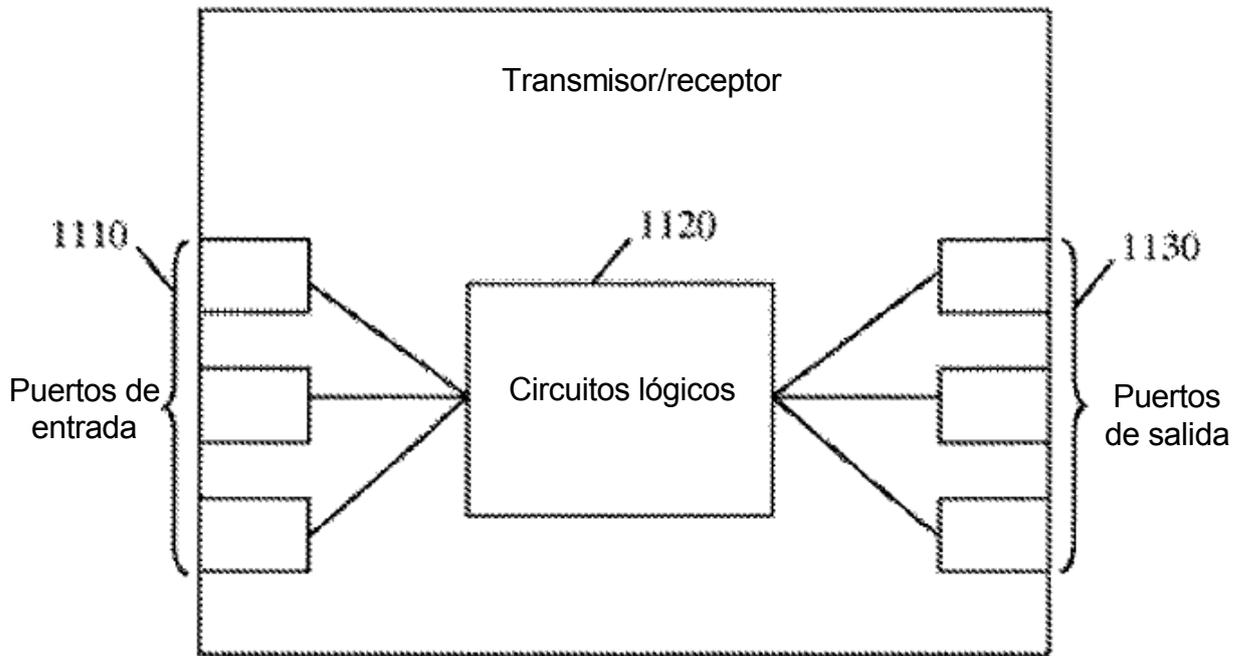


FIG. 11

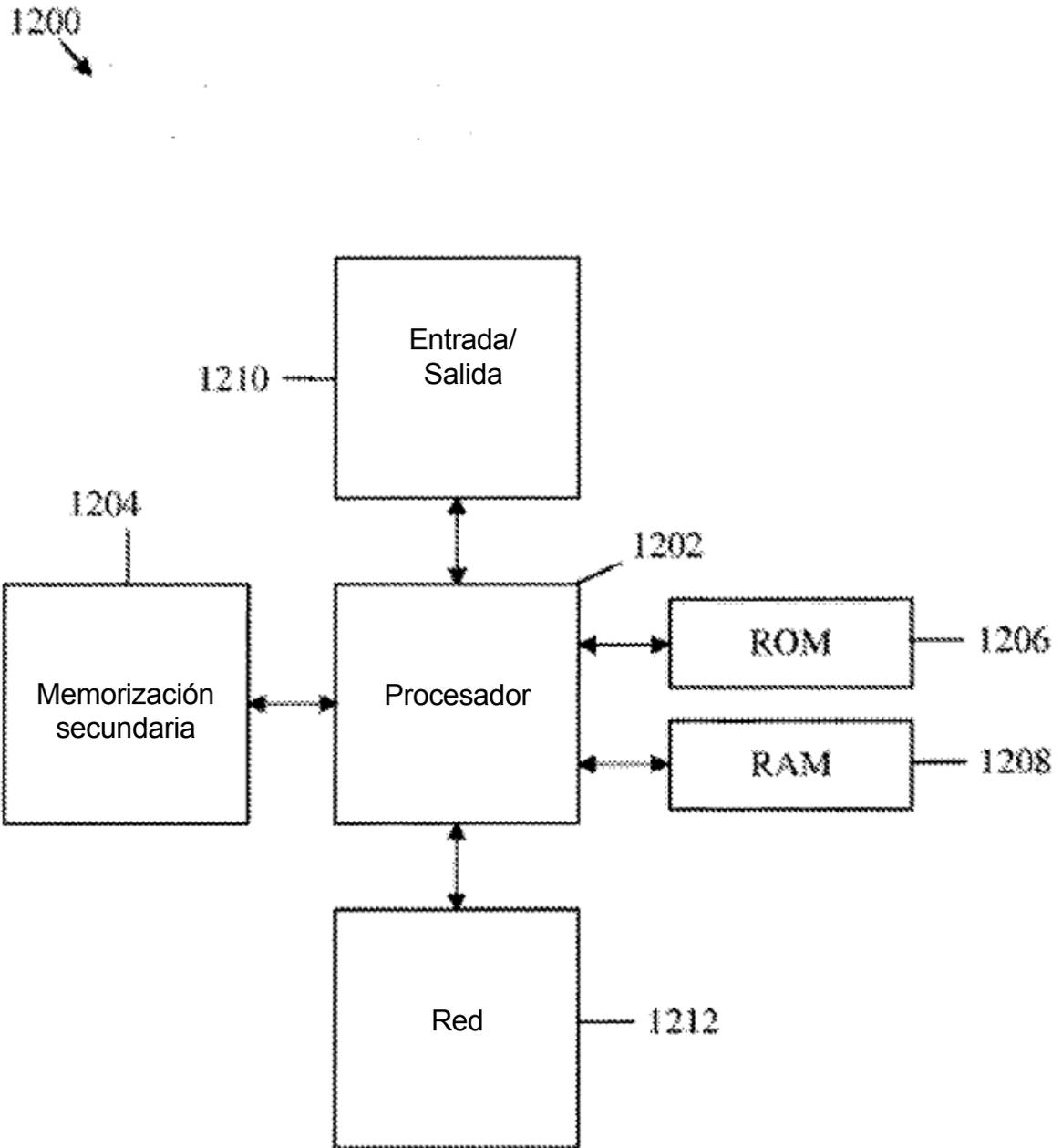


FIG. 12