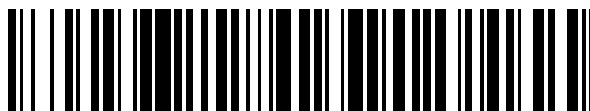


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 781 571**

51 Int. Cl.:

H04L 12/24 (2006.01)

H04L 12/733 (2013.01)

H04L 12/717 (2013.01)

H04L 12/723 (2013.01)

H04L 12/911 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2015** **PCT/EP2015/052197**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2016** **WO16124228**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2015** **E 15704252 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020** **EP 3254409**

54 Título: **Cálculo de ruta consciente del tiempo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.09.2020

73 Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

BRUNO, GIANMARCO;
CECCARELLI, DANIELE;
LAZZERI, FRANCESCO y
NIJHOF, JEROEN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 781 571 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

Cálculo de ruta consciente del tiempo

5 Campo técnico

La presente invención se relaciona con métodos de cálculo de ruta, con aparatos para el cálculo de ruta y con programas para llevar a cabo tales métodos.

Antecedentes

10 Se sabe proporcionar redes de comunicaciones que tienen elementos de cálculo de ruta (PCE) para calcular qué recursos de ruta (por ejemplo enlaces, nodos, ranuras de tiempo o frecuencia) seleccionar para una nueva ruta a través de la red. Un PCE ha sido definido como una entidad (componente, aplicación, o nodo de red) que es capaz de calcular una ruta de red o ruta basada en un grafo de red y aplicar restricciones de cálculo. Un Cliente de Cálculo de Ruta (PCC) es una entidad que solicita un cálculo de ruta a ser realizado por el PCE. El PCC y el PCE en un ejemplo típico se comunican a través del Protocolo de comunicación del PCE (PCEP). Las operaciones del PCEP han sido definidas para habilitar cálculos de ruta basado en PCE efectivas y, a su vez, el uso efectivo de los recursos de red. Una arquitectura basada en PCE es descrita en el documento RFC 4655 del Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF) y el Protocolo de comunicación del PCE es descrito en RFC 4657.

20 El documento WO2013188779 muestra un elemento de cálculo de ruta (PCE) con estado en una red informática que recibe una o más solicitudes de cálculo de ruta (PCSols), y almacena un tiempo para cada PCSol y el ancho de banda solicitado correspondiente. En base a esta información, el PCE puede determinar un perfil de tráfico de la red informática, y puede aumentar una base de datos de ingeniería de tráfico (TED) con el ancho de banda solicitado según el tiempo basado en el perfil de tráfico. Como tal, antes de un tiempo particular, el PCE puede determinar el emplazamiento de túneles dentro del perfil de tráfico para el tiempo particular.

25 El documento de Estados Unidos US 8.824.274 describe proporcionar la asignación de recursos de red dinámicos y soporta dirección de flujo de paquetes a lo largo de rutas. Un PCE acepta solicitudes de aplicaciones de cliente para rutas dedicadas.

30 El documento de Estados Unidos US 2011/292949 describe un controlador de gestión de rutas que se refiere a la información de recursos que incluye estados de reservas y rutas operativas y avanza rutas reservadas que son establecidas en cada enlace, para calcular una ruta para establecer una nueva ruta.

35 Compendio

La invención es definida en las siguientes reivindicaciones independientes. Características ventajosas son presentadas en las reivindicaciones dependientes.

40 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de cálculo de ruta para usar en una red de comunicaciones que tiene recursos de ruta ópticos usables para implementar rutas, según la Reivindicación 1.

Otro aspecto de la invención proporciona un método de cálculo de ruta para usar en una red de comunicaciones que tiene recursos de ruta ópticos usables para implementar rutas, según la reivindicación 9.

45 Otro aspecto proporciona un aparato para el cálculo de ruta en una red de comunicaciones que tiene recursos ópticos usables para implementar rutas, según la reivindicación 10.

Otro aspecto proporciona un aparato para cálculo de ruta en una red de comunicaciones que tiene recursos de ruta ópticos para implementar rutas, según la reivindicación 14.

50 Otro aspecto proporciona medios legibles por máquina no transitorios que tiene instrucciones almacenadas en él que cuando son ejecutadas por un procesador causan que el procesador lleve a cabo un método de cálculo de ruta como se presenta en cualquiera de los métodos mencionados anteriormente, según la reivindicación 15.

55 Breve descripción de los dibujos

Cómo la presente invención puede ser puesta en efecto será ahora descrito a modo de ejemplo con referencia a los dibujos anexos, en los cuales:

60 La Figura 1 muestra una vista esquemática de una red que tiene un PCE,
 La Figura 2 muestra pasos de un método de cálculo de ruta según una realización,
 La Figura 3 muestra cálculo de ruta según la realización con resolución de tiempo reducida,
 La Figura 4 muestra cálculo de ruta con acumulación de reservas para cada recurso,
 La Figura 5 muestra una tabla de tiempo de acciones de un PCC y un PCE según una realización,
 La Figura 6 muestra una tabla de tiempo con PCC usado para seleccionar las rutas usadas para generar el estado,

La Figura 7 muestra una realización que implica generar estados de redes futuros para un intervalo de tiempo diferente,
 La Figura 8 muestra una realización que tiene un PCC y un PCE,
 La Figura 9 muestra una realización que tiene un PCC que selecciona rutas usadas para generar el estado,
 La Figura 10 muestra una realización que muestra acciones del PCC, y
 La Figura 11 muestra una realización que tiene un controlador de SDN.

Descripción detallada

La presente invención será descrita con respecto a realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos pero el alcance de la invención no está limitado a ellos. Los dibujos descritos son solo esquemáticos y no limitantes. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede ser exagerado y no dibujado a escala para propósitos ilustrativos.

Definiciones:

Donde el término “que comprende” es usado en la presente descripción y reivindicaciones, no excluye otros elementos o pasos y no debería interpretarse como restringido a los significados listados después de eso. Donde un artículo indefinido o definido es usado cuando se refiere a un nombre singular por ejemplo “un” o “uno”, “el”, esto incluye un plural de ese nombre a menos que se declare específicamente otra cosa.

Las referencias a software pueden abarcar cualquier tipo de programa en cualquier lenguaje ejecutable directa o indirectamente en hardware de procesamiento.

Las referencias a procesadores, hardware, hardware de procesamiento o circuitos pueden abarcar cualquier tipo de circuitos lógicos o analógicos, integrados en cualquier grado, y no limitado a procesadores de propósito general, procesadores de señal digital, ASIC, FPGA, componentes discretos o lógicos y etcétera. Las referencias a procesadores pretenden abarcar implementaciones que usan múltiples procesadores que pueden ser integrados juntos, o co-ubicados en el mismo nodo o distribuidos en diferentes ubicaciones por ejemplo.

Las referencias a “intervalo de tiempo” pueden abarcar por ejemplo un instante de tiempo con un intervalo implícito por el nivel de la resolución de tiempo, un intervalo de tiempo con puntos finales definidos, o un conjunto de intervalos de tiempo, periódicos o de otro modo, y puede haber un patrón de tráfico cambiante tal como ancho de banda cambiante o prioridad sobre el intervalo de tiempo.

Las referencias a calcular una ruta pueden abarcar calcular una ruta en términos de algunos o todos los enlaces o nodos intermedios entre puntos finales de la ruta, o calcular qué ranuras de tiempo o ranuras de frecuencia usar a lo largo de una ruta predeterminada, o calcular múltiples rutas de igual coste para una ruta dada, por ejemplo, y puede abarcar calcular sin reservar los recursos de la ruta, o calcular con reserva de los recursos de la ruta seleccionada.

Las referencias a la representación de disponibilidad pueden abarcar un valor estático o un intervalo, o una variable que varía con el tiempo sobre un intervalo de tiempo.

Las referencias a la reserva de recursos de la ruta pueden abarcar hacer una entrada en una base de datos u otro registro de reservas, o informar a los recursos de la ruta, o controlar los recursos de la ruta para aplicar la reserva por ejemplo. Las referencias a recursos de la ruta pueden abarcar cualquier recurso que contribuye a una ruta, y puede abarcar enlaces, nodos, ranuras de tiempo, ranuras de frecuencia, amplificación óptica o regeneración, recursos de protección o recuperación y etcétera. Las referencias a versiones abstractas de recursos de la ruta pretenden abarcar versiones simplificadas mediante la eliminación de detalles específicos del proveedor o no estandarizadas o no esenciales por ejemplo.

Abreviaturas:

API	Interfaz de Programación de Aplicación
ASIC	Circuito Integrado Específico de Aplicación
DWDM	Multiplexación por División por Longitud de Onda Densa
FPGA	Matriz de Puertas Programables
LSP	Ruta Conmutada de Etiquetas
MPLS	Conmutación de Etiquetas de Multi Protocolo
NSM	Gestor de Servicio de Red
OTN	Red de Transporte Óptica
PCC	Cliente de Cálculo de Ruta
PCE	Elemento de Cálculo de Ruta
TP	Patrón Temporal
SDN	Redes Definidas por Software o Red Definida por Software
WSN	Red Óptica Conmutada por Longitud de Onda

Introducción:

A modo de introducción a las realizaciones, algunos asuntos con diseños convencionales serán explicados, con referencia a redes definidas por software convencional. Las Redes Definidas por Software (SDN) es una arquitectura emergente que desacopla el control de red y las funciones de envío habilitando que el control de red se vuelva directamente programable y que la infraestructura subyacente sea abstracta para aplicaciones y servicios de red. Una consecuencia directa de esta agilidad y programabilidad es la posibilidad de tener aplicaciones que se ejecutan encima de un controlador de SDN de transporte que solicita nuevas rutas automáticamente sin intervención manual, y lleva a cabo cálculo de ruta. Un problema con las soluciones existentes es que los controladores de SDN y las aplicaciones que se ejecutan encima de ellas no son conscientes de la dimensión temporal sino solo de las rutas, (por ejemplo LSP o circuitos) realmente en lugar y de los recursos realmente disponibles en el momento particular en el tiempo. Este enfoque refleja la naturaleza estática de las redes de transporte. Las realizaciones descritas dirigen esto de un modo particular, y son aplicables no solo a redes SDN o redes de transporte, sino que se pueden aplicar cuando cualquier tipo de PCC solicita un servicio de cálculo de ruta del PCE.

Figura 1 vista de red que muestra PCE

La Figura 1 muestra una red de comunicaciones ejemplar (no necesariamente SDN) en la forma de una red 2 de transmisión óptica con recursos de ruta tales como los nodos 8, 10, y enlaces 5 de transmisión ópticos que conectan los nodos. El tráfico es llevado en los enlaces 5 mediante los canales 6 de frecuencia o longitud de onda, también llamados lambdas. Las rutas son establecidas en la red mediante la reserva de canales de longitud de onda o ranuras temporales dentro de un canal de longitud de onda de una ruta de luz establecida entre un par (o más) de los nodos. Una ruta de luz puede pasar a través de nodos intermedios. Cada nodo tiene interfaces de red para transmitir de manera óptica el tráfico en lambdas y para recibir de manera óptica el tráfico en lambdas. Cada uno de los nodos se conecta a múltiples enlaces 5 y puede comprender un conmutador selectivo de longitud de onda (WSS) flexible, por ejemplo un conector cruzado óptico de longitud de onda variable (BV-OXC). En un primer nodo 10 para una ruta dada, hay un Cliente de Cálculo de Ruta (PCC21). El tráfico es recibido en una interfaz de red en una lambda de un enlace 5 de entrada, el tráfico es enviado a una interfaz de red de salida requerida, y es transmitido en una lambda de un enlace 5 de salida. Un nodo 10 puede enviar tráfico a otros nodos 8 de la red 2, o puede añadir tráfico recibido desde otros nodos que no forman parte de la red 2, o tirar tráfico a otros nodos que no forman parte de la red 2.

El PCC 21 está acoplado a un PCE 22. El PCC puede emitir una solicitud al PCE para calcular una ruta. El PCE proporciona dos servicios principales a su PCC (que puede estar ubicado en un nodo de entrada, o ser parte de un sistema de gestión de red o parte del Gestor del Servicio de Red, (NSM) por ejemplo). El primero de esos servicios es el cálculo de ruta, donde el PCC pide una nueva ruta (posiblemente en el futuro) y el PCE devuelve, si es posible, una ruta explícita que incluye todos los recursos de ruta seleccionados para esa ruta. Esto es solo una operación de "solo lectura" ya que no afecta el estado de la red mantenida usada por el PCE. El segundo servicio es la habilidad de reservar una ruta, donde el PCC pide al PCE reservar (o liberar) un cierto conjunto de recursos de ruta (porque realmente son poseídos por una ruta enrutada). Para ese caso en que las rutas son LSP, este es el así llamado servicio de "crear LSP" (o "borrar LSP").

El PCE 22 puede ser dispuesto para solicitudes de servicio desde muchos PCC. El PCE está dispuesto para calcular un enrutamiento entre nodos finales y responde al PCC con la ruta seleccionada. El PCE lleva a cabo el cálculo dependiendo de qué recursos de ruta están disponibles. El estado de disponibilidad está normalmente almacenado en una base de datos tal como una Base de Datos de Ingeniería de Tráfico (TED) 23. La TED 23 puede almacenar información sobre la disponibilidad del espectro de recursos (por ejemplo ranuras de frecuencia reservables) para ayudar al PCE a seleccionar recursos que están disponibles. La información para verificar la factibilidad óptica en una ruta de luz en un PCE consciente de discapacidad puede también almacenarse en la TED 23, o en otra base de datos accesible por el PCE 22.

El PCE 22 puede implementarse de forma centralizada en un nodo de la red, o la funcionalidad puede distribuirse entre una pluralidad de nodos de la red o ser virtualizada para usar una así llamada nube de cálculo. De manera similar, la TED puede ser centralizada o distribuida. El PCE 22 puede formar parte del Sistema de Gestión de la Red (NMS). El PCC 21 puede estar ubicado en un nodo 10, como se muestra en la Figura 1, o puede estar ubicado en cualquier parte de la red 2.

Figura 2, cálculo de ruta según una realización

La Figura 2 muestra un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un método de cálculo de ruta para usar en una red de comunicaciones tal como la mostrada en la Figura 1 u otros tipos. La red de comunicaciones tiene recursos 8, 10 de ruta usables para implementar rutas. Hay un paso de recibir 200 una solicitud para calcular una nueva ruta en la red, la solicitud que indica un futuro intervalo de tiempo cuando se desea la ruta. La referencia a una nueva ruta no pretende implicar que la ruta de la ruta es nueva de alguna manera, solo ayudar a clarificar que esta ruta no es una de las ya solicitadas. Después hay un paso 210 de generar un futuro estado de red, que tiene al menos una representación de disponibilidad de los respectivos de los recursos de ruta en el intervalo de tiempo futuro, el paso de generación que está basado en una selección entre un registro de rutas ya reservadas. Las rutas son representadas en el registro en términos de reservas de recursos de ruta para cada ruta reservada respectiva, al menos alguna de las reservas de recursos de ruta que tienen un intervalo de tiempo asociado. La selección incluye

aquellas rutas reservadas que tienen reservas de recursos de ruta cuyo intervalo de tiempo asociado se corresponde con un intervalo de tiempo futuro.

Entonces hay un paso de calcular 220 cuál de los recursos de ruta seleccionar para la nueva ruta según el estado de red futuro. Un ejemplo de cálculo de ruta consciente del tiempo es mostrado en un artículo "A Bandwidth Monitoring Mechanism Enhancing SNMP to Record Timed Resource Reservations" por Manousakis K, et al. Journal of Network and Systems Management, 20061206 Kluwer Academic Publishers-Plenum Publishers, Vol:14,Nr:4,Page(s):583 - 597. Esto muestra una red MPLS en la cual los recursos son solo reservados durante una duración de tiempo y la disponibilidad del ancho de banda del enlace no es un parámetro escalar, sino una función del tiempo que registra el uso futuro del enlace. El sistema de gestión de red busca la primera instancia de tiempo donde la cantidad de capacidad disponible en todos los enlaces abajo del camino se vuelve positiva.

Mediante la generación de este estado de red futuro que representa la disponibilidad desde el registro de rutas y cuando el intervalo de tiempo futuro es conocido, se puede generar al respecto de un intervalo de tiempo limitado más que para cubrir todos los tiempos reservables futuros posibles. Así los beneficios del cálculo de ruta consciente del tiempo se pueden alcanzar sin la necesidad de mantener una inmensa base de datos de disponibilidad de todos los tiempos futuros, o todos los recursos de rutas. Este estado de red futura puede cubrir solo una parte relevante del tiempo y así tiene una necesidad de almacenamiento menor, y el cálculo de ruta puede ser más simple o cercano a los algoritmos existentes no conscientes del tiempo. Así puede ser más escalable a redes más grandes y puede proporcionar una ruta de mejora más fácil desde cálculo de ruta no conscientes del tiempo. Las representaciones de disponibilidades pueden ser retenidas temporalmente hasta que el cálculo de ruta se complete o retenidas más tiempo. Una o más versiones diferentes del estado de red futuro pueden ser generadas para diferentes intervalos de tiempo futuros y pueden ser retenidas para referencia o como puntos de partida para generar un estado de red futuro posterior en respuesta a una solicitud de cálculo de ruta posterior para un tiempo futuro diferente. Las representaciones de disponibilidad pueden ser almacenadas de cualquier modo, o incorporadas con otra información, por ejemplo dentro de una base de datos de ingeniería de tráfico que tenga información de la topología y otra información de estado de recursos, o como una base de datos separada por ejemplo. Un ejemplo conocido de "Applicability of Stateful Path Computation Element (PCE)"; draft-zhang-pce-stateful-pce-app-00.txt, 20120305 Grupo de Trabajo de Ingeniería de, IETF, muestra el mantenimiento de una base de datos de toda la información reservada con una referencia de tiempo, tanto como base de datos separada o incorporada con una lista de rutas.

Las rutas son Rutas Conmutadas de Etiquetas (LSP), y hay información asociada con las LSP para registrar un intervalo de tiempo tal como un patrón temporal TP para el cual son solicitadas. Varios modos diferentes de mantener un seguimiento de los patrones temporales son posibles en base por ejemplo a patrones asociados con cada recurso (por ejemplo enlace/tarjeta) o asociados con cada ruta (por ejemplo LSP). Varios modos diferentes de procesar esta información son descritos, por ejemplo por el PCC o por el PCE o por ambos. Hay varios modos de que los patrones temporales podrían ser codificados, para cualquiera de las realizaciones, como sería evidente para los expertos en la técnica, así que esto no necesita ser descrito en detalle. Los patrones temporales pueden ser recurrentes o de una vez, el último caso siendo un subcaso simple del primer caso.

El intervalo de tiempo futuro puede ser codificado de cualquier modo, por ejemplo en una forma abierta en un mensaje desde una aplicación que desea enviar datos sobre la red, a una función de control de ruta tal como un PCC implementado por un Gestor de Servicio de Red (NSM). La aplicación no necesita conocer ningún detalle sobre las propiedades temporales de la red física subyacente. Puede solicitar, y puede ser respondida con, un cálculo de ruta en términos de recursos de ruta, y la ruta puede ser caracterizada en términos de un patrón temporal TP o puede ser denegada.

Lo que ocurre a la ruta calculada resultante después del paso 220 no se muestra aquí ya que hay muchas posibilidades. Por ejemplo, podría ser devuelto al PCC, que podría decidir si la ruta calculada ha de ser instanciada, o no, o el PCE podría pasar la ruta calculada directamente a los nodos evitando el PCC, si el PCE está adecuadamente conectado a los nodos.

Figura 3 cálculo de ruta según la realización con resolución de tiempo reducida

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un método de cálculo de ruta similar al de la Figura 2. Como en la Figura 2 hay un paso de recibir 200 una solicitud para calcular una nueva ruta en la red, la solicitud que indica un intervalo de tiempo futuro cuando la ruta es deseada. Posteriormente hay un paso 212 de generar un estado de red futuro, que tiene al menos una representación de disponibilidad de los respectivos de los recursos de ruta en el intervalo de tiempo futuro, el paso de generación que está basado en los de las rutas ya reservadas que tienen reservas de ruta cuyo intervalo de tiempo asociado se corresponde con el intervalo de tiempo futuro indicado. El paso de generar el estado de red futuro también implica derivar valores de disponibilidad para los respectivos de los recursos de ruta con resolución de tiempo reducido que una resolución proporcionada en el tiempo asociado de reserva de recursos en el registro. Como en la Figura 2 hay un paso de calcular 220 cual de los recursos de ruta seleccionar para la nueva ruta según el estado de red futuro.

Esta resolución de tiempo reducida puede ayudar a permitir que el estado de red futuro tenga menos información de tiempo, lo que además ayuda a simplificar el cálculo de ruta, y puede ayudar a reducir el almacenamiento necesario del estado de red futuro. La resolución reducida puede ser a un nivel correspondiente a la resolución necesaria para el cálculo de ruta, basado en la indicación del intervalo de tiempo futuro, por ejemplo. Esta simplificación es factible parcialmente porque el estado de recursos es generado a demanda.

La resolución de tiempo reducida puede implementarse de varios modos, por ejemplo mediante la toma del ancho de banda disponible mínimo durante un intervalo de tiempo más grueso tal como horas en vez de minutos o segundos. Esto puede significar que el uso de memoria es reducido y también el cálculo de ruta es simplificado. Una desventaja es que la solución encontrada no siempre es óptima.

Figura 4. cálculo de ruta con acumulación de reservas para cada recurso

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un método de cálculo de ruta similar al de la Figura 2. Como en la Figura 2 hay un paso de recibir 200 una solicitud para calcular una nueva ruta en la red, la solicitud que indica un intervalo de tiempo futuro cuando la ruta es deseada. Posteriormente hay un paso 214 de generar un estado de red futuro, que tiene al menos una representación de disponibilidad de los respectivos de los recursos de ruta en el intervalo de tiempo futuro, el paso de generación que está basado en los de las rutas ya reservadas que tienen reservas de ruta cuyo intervalo de tiempo asociado se corresponde con el intervalo de tiempo futuro indicado. El paso de generar el estado de red futuro también implica acumular para cada recurso de ruta las reservas para ese recurso de ruta y determinar la disponibilidad para las reservas acumuladas. Este modo de generar el estado de red futuro tiene el beneficio de proporcionar una representación determinista más precisa que predicciones algorítmicas por ejemplo.

Figura 5. realización que usa PCE

La Figura 5 muestra una tabla de tiempo que muestra acciones de un PCC y un PCE según una realización. El tiempo fluye hacia abajo en la Figura. Las acciones del PCC son mostradas en el lado izquierdo. Las acciones del PCE son mostradas en el lado derecho. Esta realización es ilustrada para mostrar un paso de selección desde el registro de las rutas reservadas que tienen reservas de recursos de ruta en un intervalo de tiempo futuro por un PCE 22, y para mostrar los pasos de generación del estado de red futuro y de cálculo de la nueva ruta que también son llevados a cabo por el PCE 22. Esto puede ayudar a reducir una sobrecarga de comunicaciones que podría incurrir si la selección de rutas es llevada a cabo en otro sitio.

Esta Figura además ilustra un paso de actualización del registro de rutas ya reservadas, que es llevado a cabo por el PCE. Esto permite al PCE ser más autónomo y así ayuda a mantener la sobrecarga de comunicación más baja que si el registro es mantenido en otro sitio.

Los otros pasos son similares a los ilustrados en Figuras anteriores. El PCC recibe una solicitud para calcular una nueva ruta. Esta puede venir desde un cliente o desde un programa de la capa de aplicación para gestionar de manera automática nuevas demandas de tráfico por ejemplo. La solicitud indica un intervalo de tiempo futuro cuando la ruta es deseada. Esto es enviado al PCE que a su recepción, selecciona del registro de rutas ya reservadas, cualquier ruta reservada en el intervalo de tiempo futuro indicado. En base a la selección, el PCE genera un estado de red futuro que representa la disponibilidad de recursos de ruta en el intervalo de tiempo futuro. El PCE es entonces capaz de calcular qué recursos seleccionar para la nueva ruta a partir de este estado de red futuro. Como se describió anteriormente, este estado de red futuro representa solo un subconjunto limitado de todos los tiempos reservables, evitando la necesidad de determinar la disponibilidad de todos los tiempos futuros. La ruta calculada puede si se desea en algunos casos ser enviada directamente a los recursos de ruta para instanciar la ruta. O la ruta calculada puede ser devuelta al cliente para llevar a cabo procesamiento adicional o negociar o decir si proceder con la ruta calculada.

Figura 6. realización que usa un PCC para seleccionar las rutas usadas para generar el estado

La Figura 6 muestra una tabla de tiempo similar a la de la Figura 5. En este caso difiere de la Figura 5 en que un cliente de cálculo de ruta (PCC) es usado para seleccionar las rutas en el registro que tiene reservas de recursos de ruta en el intervalo de tiempo futuro, y para enviar solicitudes de reservas de rutas para las rutas seleccionadas al PCE 22. Esto permite que el PCE 22 lleve a cabo el paso de generar el estado de red futuro en el intervalo de tiempo futuro, y el PCE es configurado para llevar a cabo el paso de calcular la nueva ruta. Al tener las solicitudes de reservad de rutas seleccionadas y enviadas llevadas a cabo de manera externa al PCED, esto puede permitir al PCE ser controlador para llevar a cabo cálculo de ruta consciente del tiempo sin necesidad de que él mismo sea consciente del tiempo. Así el PCE puede ser más simple o similar a equipamiento heredado, y aun así permitir el cálculo de ruta consciente del tiempo, aunque al coste de una sobrecarga de comunicación mayor.

Los otros pasos son similares a los ilustrados en Figuras anteriores. El PCC recibe una solicitud para calcular una nueva ruta. La solicitud indica un intervalo de tiempo futuro cuando la ruta es deseada. Antes de que esto sea enviado al PCE, el PCC selecciona del registro de rutas ya reservadas, cualquier ruta reservada en el intervalo de tiempo futuro indicado. En base a la selección, el PCC envía solicitudes de reserva de ruta al PCE para permitir que el PCE genere un estado de red futuro que represente la disponibilidad de recursos de ruta en el intervalo de tiempo

futuro. El PCE es entonces capaz de calcular qué recursos seleccionar para la nueva ruta a partir de este estado de red futuro.

Figura 7, realización que implica generar estado de red futuro para un intervalo de tiempo diferente

La Figura 7 muestra una tabla de tiempo similar a la de la Figura 5. En este caso difiere de la Figura 5 en que hay un paso posterior de generar un estado de red futuro para un intervalo de tiempo diferente, mediante la detección, a partir del registro, de diferencias en las reservas de recursos de rutas comparadas con las del intervalo de tiempo futuro, y la correspondencia de cambios a la representación de disponibilidad de los respectivos de los recursos de ruta según las diferencias. Esto puede ayudar a procesar solicitudes posteriores más eficientemente comparado con siempre reestablecer el estado de red al tiempo presente después de cada cálculo de ruta. Esto puede por supuesto ser aplicado a otras realizaciones como la de la Figura 6.

Figura 8, realización que tiene PCC y PCE

La Figura 8 muestra una vista esquemática de una realización que tiene un PCC y un PCE, y que muestra interacciones entre ellos, similar a la realización de la Figura 5.

Las rutas son rutas conmutadas de etiquetas. En la realización de la Figura 8, el PCE 22 mantiene un registro 30 de rutas ya reservadas en la forma de LSP con su demanda temporal actual. Un almacén tal como una base de datos 40 es también proporcionado para el PCE para almacenar el estado de red para permitirle llevar a cabo el cálculo de ruta.

La comunicación entre el PCC y el PCE es mostrada en secuencia de tiempo con el tiempo que fluye hacia abajo en la Figura. El PCC y el PCE pueden comunicarse a través del Protocolo de comunicación de PCE (PCEP). Cuando el PCC 21 envía una solicitud para una nueva LSP asociada con un patrón temporal TP, el PCE hace dos pasos. Primero realiza acciones "crear LSP" para todas las LSP en el registro que tienen un intervalo de tiempo asociado que se solapa con el intervalo de tiempo asociado de la nueva solicitud de ruta. Esto permite al PCE actualizar el estado de red en la base de datos 40 para representar el estado en el tiempo futuro. Esto refleja las solicitudes previstas en el intervalo de tiempo futuro solicitado mostrado por las rutas reservadas.

Entonces el PCE realiza el cálculo de ruta habitual en la dimensión espacial solo mediante el uso del estado de red futuro. Después de la respuesta, el PCE opcionalmente realiza todas las acciones de "borrar LSP" para revertir el estado de red en la base de datos 40 de vuelta al estado actual. Un efecto de esta realización es que el PCE puede hacerse consciente del tiempo sin cambiar su base de datos para almacenar el estado en todos los tiempos futuros reservables, y así sin necesidad de complicar el cálculo de ruta buscar completamente en la dimensión del tiempo.

Según las realizaciones, el PCC puede solicitar una ruta definida en términos de un patrón temporal TP y el PCE puede calcular la ruta disponible mediante la exploración de la dimensión espacial en una base de datos que tiene el estado de red en el intervalo de tiempo futuro deseado. En otras palabras, si una LSP es solicitada para un intervalo de tiempo dado (por ejemplo desde T1 a T2) en el futuro ($T1 > T0$ tiempo real), el PCE puede ser capaz de tener una vista de cómo se verá la red entre T1 y T2. No es posible prever fallos que ocurran en el futuro pero es posible determinar qué recursos de ruta estarán disponibles y cuáles no, en base a las rutas ya reservadas. Incluso si T1 es el tiempo actual el PCC puede tener en cuenta el tiempo final de T2 para evitar conflictos con solicitudes anteriores que han sido reservadas y que empezarán antes de T2.

El estado de red futuro es determinado a partir del registro de rutas ya reservadas. Este registro de rutas ya reservadas puede ser mantenido con varios niveles de detalle. En un caso puede ser un conjunto de tuplas que incluye información tal como detalles de la demanda de tráfico, fecha de inicio, duración y periodo recurrente (si lo hubiera). Para simplificar la gestión de esta información, una representación aproximada que incluye un número más bajo de tuplas puede ser proporcionada según alguna política. Por ejemplo puede tener una resolución de tiempo reducida, por ejemplo mediante la toma del mínimo ancho de banda disponible durante un intervalo de tiempo más grueso tal como horas en vez de minutos o segundos. Esto puede significar que el uso de memoria es reducido y también el cálculo de ruta es simplificado, y hay menos información de estado que explorar. Una desventaja es que la resolución encontrada puede ser menos óptima.

Figura 9, realización que tiene PCC seleccionado desde el registro

La Figura 9 muestra una vista esquemática similar a la de la Figura 8. En este caso el registro es mantenido y actualizado por el PCC. En la realización de la Figura 9, el PCC posee el registro y proporciona al PCE todas las solicitudes de reserva de ruta "crear LSP" y "borrar LSP" vistas en la realización de la Figura 8, mediante el uso de la misma lógica. La ventaja es que el PCE puede permanecer completamente inconsciente del tiempo y toda la lógica relacionada con el tiempo es movida al PCC o a la aplicación de cliente. Una desventaja es que la información intercambiada entre el PCC y el PCE puede ser voluminosa. Optimizaciones en términos de cálculos de las ocurrencias repetidas del TP se pueden hacer de varios modos evidentes a los expertos en el campo.

Antes de que el PCC 21 pida una nueva LSP asociada con un patrón temporal TP, el PCC primero selecciona rutas del registro que tengan reservas de recursos de ruta en el intervalo de tiempo futuro. El PCC envía solicitudes de reservas de rutas al PCE en la forma de acciones "crear LSP" para todas las LSP en el registro que tenga un

intervalo de tiempo asociado que se solape con el intervalo de tiempo futuro indicado. Esto permite al PCE actualizar el estado de red en la base de datos 40 para representar el estado en el intervalo de tiempo futuro. Esto refleja las demandas previstas en el intervalo de tiempo futuro solicitado mostrado por las rutas reservadas. Entonces el PCE realiza el cálculo de ruta habitual en la dimensión espacial solo mediante el uso del estado de red futuro, y envía la ruta calculada al PCC como una respuesta con marca de tiempo del PCEP. Después de la respuesta, el PCC opcionalmente envía acciones "borrar LSP" al PCE para permitir revertir el estado de red en la base de datos 40 al estado actual.

Figura 10. realización que muestra acciones del PCC

La Figura 10 muestra un diagrama de flujo de pasos según una realización desde la vista de funciones de un cliente de cálculo de ruta. En el paso 200 una solicitud de cálculo de una nueva ruta en la red es recibida, la solicitud indica un intervalo de tiempo futuro cuando la ruta es deseada. En el paso 250, hay una selección de un registro 30 de rutas ya reservadas representadas en términos de reservas de recursos de rutas para cada ruta reservada respectiva, al menos algunas de las reservas de recursos de rutas tienen un intervalo de tiempo asociado. La selección comprende al menos aquellas de las rutas reservadas que tienen reservas de recursos de ruta cuyos intervalos de tiempo asociados se corresponde con el intervalo de tiempo futuro. El paso 260 implica enviar las rutas seleccionadas como solicitudes de reservas a un elemento de cálculo de ruta, para permitir que el PCE genere un estado de red futuro en el intervalo de red futuro que tiene al menos una representación de disponibilidad de los recursos de rutas en el intervalo de tiempo futuro.

Posteriormente el paso 270 implica enviar la solicitud de nueva ruta al PCE para permitirle calcular qué recursos de ruta seleccionar para la nueva ruta según el estado de red futuro. Esta realización se corresponde con el lado izquierdo de la Figura 6, y las acciones del PCC en la Figura 9, y es notable para la selección de rutas ya reservadas.

Figura 11. realización que muestra un controlador de SDN

La Figura 11 muestra una realización en la cual la red tiene un controlador 58 de red definido por software que está configurado para llevar a cabo los pasos de recepción de solicitudes, posterior generación del estado de red futuro, y cálculo de la nueva ruta. Esta realización es también notable porque los recursos de ruta están representados como versiones abstractas de recursos de ruta reales. Esta abstracción permite que una capa de control se desacople de los datos o la capa de envío de la red. Esto ayuda a permitir que las aplicaciones controlen la provisión de red de manera automática para adaptar la demanda de tráfico variante en el tiempo sin necesidad de conocer demasiado detalle de los datos o capa de envío. Se puede implementar en combinación con características de cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente. La Figura 11 muestra que el controlador de SDN está acoplado con los recursos de red tales como la capa 31 de paquetes y la capa 41 óptica a través de una capa 52 de abstracción. Esta capa de abstracción puede ser implementada por un software de agente en cada nodo de la red por ejemplo, para permitir al NSM controlar o acceder al recurso de ruta, aunque otras implementaciones son posibles.

La realización de la Figura 11 también sirve para ilustrar un ejemplo del hardware en la forma de procesador de equipo y almacén 25, usado para almacenar y ejecutar programas para llevar a cabo estos pasos. Este procesador de equipo y almacén pueden ser implementados como un grupo de servidor, o como máquinas virtualizadas en una nube de computación por ejemplo, como sería conocido por los expertos en la técnica. Un programa 57 de aplicación cliente es mostrado, que puede ser ejecutado en el mismo hardware, o de manera separada en una ubicación de cliente por ejemplo. Esto es una fuente de solicitudes para nuevas rutas para tráfico sobre la red de comunicaciones.

Controlador de SDN de la Figura 11

El controlador de SDN tiene varias funciones, una de las cuales es un gestor de servicios de red NSM 59 para gestionar la red y para llevar a cabo funciones del PCC descritas anteriormente. Otra función es el PCE 22 mostrado dentro del controlador de SDN y acoplado al NSM, y a una base de datos 40 para almacenar el estado de red futuro. Un registro de rutas ya reservadas puede ser proporcionado (no mostrado por el bien de la claridad) bien acoplado al NSM o al PCE, como en las realizaciones descritas anteriormente. El controlador de SDN también tiene una interfaz hacia el sur SBI 29 para acoplar el NSM a los nodos de la red a través de la capa 52 de abstracción. Una interfaz hacia el norte NBI 27 es proporcionada para acoplar el NSM a los programas de aplicación cliente, para proporcionar una interfaz abstracta, estandarizada para permitir que los programas de aplicación cliente controlen la red a través del NSM para encargarse del cálculo de ruta para nuevas solicitudes de tráfico. El cálculo de ruta puede ser llevado a cabo como se describió en otras realizaciones anteriores y usado bien para la provisión de ruta durante la operación de red, o durante el diseño de la red antes de la instalación, o para determinar cómo es mejor mejorar la red mediante la provisión de nueva capacidad por ejemplo. Si el cálculo de ruta es llevado a cabo de manera externa al nodo de entrada, entonces la entidad solicitante o el nodo de entrada necesitan pasar toda la información necesaria a la parte externa.

Red de comunicaciones de la Figura 11

La red 71 de comunicaciones en este caso tiene varios nodos de conmutación en una capa 31 de paquetes en el dominio eléctrico y una capa 41 óptica. El plano de control está acoplado a nodos de conmutación que pueden estar

en la capa 31 de paquetes o en la capa 41 óptica. Algunos nodos pueden ser nodos híbridos también llamados nodos 61 multicapa, que tiene conmutación en ambas capas. Varios enlaces entre nodos son mostrados, una red típica tendría muchos más. Un punto 67 extremo de datos de cliente fuera de la red podría ser una interfaz desde una intranet empresarial, o un terminal de usuario por ejemplo, que solicitan tráfico desde una fuente de tráfico tal como un servidor remoto. La solicitud puede ser gestionada por el NSM, y normalmente en cooperación con el nodo de entrada, en este caso conmutador 64. Hay varias rutas posibles entre la fuente 67 y el destino 66, que pasan a través de conmutadores 64, 62 y 63 de paquetes, y conmutadores 45, 46 y 47 ópticos. El cálculo de ruta puede extenderse para cubrir la capa de paquetes y cubrir más de dos capas por ejemplo.

Los nodos multicapa pueden por ejemplo ser implementados por un nodo híbrido de Paquetes Óptico que realiza adaptación entre tecnología MPLS-TP (Perfil de Transporte de MPLS) (esto es capa PSC de Capacidad de Conmutación de Paquetes) y WSON (esto es capa LSC de Capacidad de Conmutación Lambda). El nodo de Paquetes Óptico es un nodo híbrido compuesto por una doble capacidad de conmutación, esto es, una Capacidad de Conmutación de Paquetes (PSC) y una Capacidad de Conmutación de Lambdas (LSC). La capa LSC óptica puede ser constituida por un OEO ROADM (Multiplexador Añade Deja Óptico Regente Óptico-Eléctrico-Óptico), en el cual el enrutamiento de las señales de longitud de onda que vienen desde la red de transporte es realizado, sin ninguna limitación debida a discapacidades físicas. Gracias a la conversión EOE, el nodo puede ser considerado tanto sin color como sin dirección. Un controlador para el nodo puede ser implementado por un procesador convencional y software apropiado.

Cálculo de ruta en la Figura 11

En implementaciones no conscientes del tiempo convencionales la aplicación pide al Gestor de Servicio de Red (NSM) a través de su Interfaz de Programación de Aplicación (API) hacia el norte un recurso de red cuando lo necesita y no para un intervalo de tiempo futuro. El NSM es el bloque funcional para el controlador de SDN que implementa la API hacia el norte, que lleva el seguimiento de las máquinas de estado finito de las LSP y que interactúa con cualquier otro bloque del controlador de SDN, como el PCE. El NSM pide al PCE las rutas factibles que son devueltas, si las hay. La respuesta del PCE está basada en el estado actual de recursos reservados y usados y este estado es tomado como inmutable desde ahora hasta siempre (o hasta la próxima creación de LSP o cambio de topología). En operación consciente del tiempo según las realizaciones, el NSM y el PCE pueden generar y actualizar un estado de red futuro que puede usar versiones abstractas de los recursos de ruta tal como agregación de tráfico modelado, y representaciones de cada puerto o subpuerto y etcétera. También, la información actual en capacidad disponible y costes puede ser asignada a cada enlace. Esto puede implicar encontrar información de los nodos, o información predeterminada o predicha puede ser asignada. Puede haber un peso de los enlaces según el nivel de congestión y otros criterios.

Una solicitud de ruta puede tener un ancho de banda y calidad de servicio por ejemplo, y entonces puede ser apropiada para permitir solo enlaces que tienen al menos ese ancho de banda y calidad de servicio disponibles. La calidad de servicio puede ser expresada en términos de fiabilidad, disponibilidad de recuperación por protección o restauración, parámetros de retardo tal como máximo retardo o variación de retardo, y etcétera. La topología o grafo de la red en el estado puede ser simplificado de varios modos, la información temporal puede ser simplificada, y entonces un algoritmo de búsqueda de grafo tal como Dijkstra u otro algoritmo conocido puede ser aplicado para comparar los costes de enlaces alternativos para encontrar una ruta de coste más bajo a nodos sucesivamente más alejados desde un nodo inicial, hasta que el nodo de destino es alcanzado. Otros algoritmos pueden incluir algoritmos de enrutamiento de tipo par a par por ejemplo.

La ruta de coste más bajo seleccionada a través de enlaces virtuales del modelo es convertida en una lista de rutas que representa recursos de ruta en términos abstractos. Esta ruta puede ahora ser establecida en la red, por ejemplo mediante el envío de la información de ruta al nodo de entrada para que él envíe mensajes a lo largo de la ruta si usa el conocido protocolo RSVP. Esto puede implicar enviar un primer mensaje a los nodos solicitando que reserven recursos, y entonces un segundo mensaje es devuelto desde el nodo de salida solicitando que los recursos reservados sean usados para establecer la ruta. Por supuesto esto puede implementarse de otros modos mediante el uso de otros protocolos. Esto puede controlarse por el NSM o puede ser delegado al PCE si hay un enlace proporcionado directamente desde el PCE a la capa 52 de abstracción como se muestra por una línea punteada en la Figura 11. Esto ha sido descrito en un borrador del IETF "PCEP Extensions for PCE-initiated LSP Set-up in a Stateful PCE Model" (draft-ietf-pce-pce-initiated-lsp-02) que describe extensiones para PCE con estado que proporciona control con estado de Rutas Conmutadas de Etiquetas de Ingeniería de Tráfico (TE-LSP) de Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS) a través del PCEP, para un modelo donde el PCE delega el control sobre una o más LSP configuradas de manera local al PCE. Esto describe la creación y eliminación de LSP iniciadas por PCE bajo el modelo de PCE con estado.

Aplicaciones de cliente en la Figura 11

Ejemplos de aplicaciones conscientes del tiempo que están emergiendo incluyen los siguientes. Un tipo de aplicación es normalmente llamada "Calendario de Ancho de Banda" donde la solicitud para conectividad puede bien seguir algún patrón temporal (por ejemplo diario o semanal) o puede solo estar limitado en el tiempo (por ejemplo desde el 1 de marzo al 31 de marzo). Un ejemplo es configurar enlaces de transporte para proporcionar más ancho

de banda cuando algunas operaciones masivas deben hacerse, por ejemplo una reserva de datos regular de un centro de datos.

5 Otro tipo de aplicación consciente del tiempo es llamada "Sigue el Sol" donde el transporte de SDN ayudará a una organización a gestionar fluctuaciones de tráfico debidas a la rotación de la Tierra y relacionadas con actividades humanas. Esto es atractivo para redes de transporte que abarcan vastas áreas geográficas donde las horas laborables están relacionadas con las zonas horarias.

10 Otros ejemplos de aplicaciones conscientes del tiempo están relacionados con gestión eficiente de la energía, por ejemplo mediante el uso de recursos de red cercanos a fuentes de energía ventajosas como solares o a la explotación de las tarifas más efectivas en coste (justo como poner la lavadora cuando la factura es más barata). Otro ejemplo de una aplicación consciente del tiempo es la reserva de ancho de banda para eventos que implican una participación masiva que tendrá lugar en el futuro.

15 Otras características de SDN

En algunas de las realizaciones relacionadas con SDN, puede haber un mecanismo interoperable y un claro límite administrativo entre la capa de aplicación y la capa SDN de transporte que justo ha sido enriquecida con la dimensión temporal. La funcionalidad de SDN de transporte consciente del tiempo puede ser empaquetada de manera ventajosa como añadido y ofertada a un coste premium con respecto a la funcionalidad básica no consciente del tiempo que normalmente viene con cualquier implementación de SDN de transporte. Algunas de las realizaciones pueden aplicar a redes de transporte multicapas que comprenden tecnologías DWDM/OTN/ IP/MPLS etc. El paso de cálculo de ruta puede ser mejorado con simplificaciones tales como reducción de topología. Algunas realizaciones de SDN pueden tener un controlador de SDN que emplea una pluralidad de EPC que comparten la misma red. Múltiples PCE normalmente tienen algún tipo de sincronización entre ellos para evitar que rutas conflictivas sean calculadas, lo que puede implementarse como saben los expertos en la técnica.

Otras realizaciones pueden ser concebidas con las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de cálculo de ruta para usar en una red (2, 71) de comunicaciones ópticas que tienen recursos (8, 45, 46, 47, 62, 63, 64) de ruta ópticos usables para implementar rutas, el método que tiene los pasos de:

5 recibir (200) una nueva solicitud para calcular una nueva ruta en la red (2, 71), la solicitud que indica un intervalo de tiempo futuro cuando la ruta es deseada, posteriormente generar (210, 212, 214) un estado de red futuro, que tiene al menos una representación de disponibilidad de los respectivos recursos de ruta en el intervalo de tiempo futuro, el paso de generación que
10 se basa en una selección a partir de un registro de rutas ya reservadas, representadas en términos de reservas de recursos de ruta para cada ruta reservada respectiva, al menos algunas de las reservas de recursos de ruta que tienen un intervalo de tiempo asociado, y la selección que comprende al menos aquellas de las rutas reservadas cuyo intervalo de tiempo asociado se corresponde con el intervalo de tiempo futuro, y
15 calcular (220) cuáles de los recursos de ruta seleccionar para la nueva ruta según el estado de red futuro; donde el registro de rutas ya almacenadas comprende un conjunto de rutas conmutadas de etiqueta, LSP, y generar (210, 212, 214) un estado de red futuro comprende realizar una acción de crear LSP para todas las LSP en el registro que tienen el intervalo de tiempo asociado que se solapa con el intervalo de tiempo futuro de la solicitud de nueva ruta.

20 2. El método de la reivindicación 1, el paso de generar el estado de red futuro que tiene el paso (212) de derivar valores de disponibilidad para los respectivos recursos de ruta con resolución de tiempo reducida que una resolución proporcionada en el tiempo asociado de la reserva de recurso en el registro.

25 3. El método de la reivindicación 1 o 2, el paso de generación que tiene el paso de acumular (214) para cada recurso de ruta las reservas en respecto a ese recurso de ruta, desde las rutas seleccionadas, y determinar una disponibilidad de las reservas acumuladas.

30 4. El método de cualquier reivindicación precedente, que tiene un paso de seleccionar a partir del registro las rutas reservadas que tienen reservas de recursos de ruta en el tiempo futuro mediante un elemento de cálculo de ruta (PCE 22), el paso de generar el estado de red futuro y el paso de calcular la nueva ruta pueden también ser llevados a cabo por el elemento (22) de cálculo de ruta.

35 5. El método de la reivindicación 4, que tiene un paso de actualizar el registro de rutas ya reservadas, y llevado a cabo por el elemento de cálculo de ruta.

40 6. El método de la reivindicación 1, 2 o 3, que tiene un paso de usar un cliente (21) de cálculo de ruta para seleccionar las rutas en el archivo que tienen reservas de recursos de ruta en el tiempo futuro, y para enviar solicitudes de reserva de ruta para las rutas seleccionadas a un elemento (22) de cálculo de ruta, para causar que el elemento (22) de cálculo de ruta lleve a cabo el paso de generar el estado de red futuro en el tiempo futuro, y el elemento de cálculo de ruta que está conFigurado para llevar a cabo el paso de cálculo de nueva ruta.

45 7. El método de cualquier reivindicación precedente, que tiene el paso posterior de generar un estado de red futuro para un tiempo diferente, mediante la detección, a partir del registro, de diferencias en las reservas de recursos de ruta comparadas con las del tiempo futuro, y hacer los cambios correspondientes a la representación de disponibilidad de los respectivos de los recursos de ruta según las diferencias.

50 8. El método de cualquier reivindicación precedente, la red que tiene un controlador de red definido por software, los pasos de recibir la nueva solicitud, posteriormente generar el estado de red futuro, y calcular la nueva ruta que son llevados a cabo por el controlador de red definido por software, con los recursos de ruta que son representados como versiones abstractas de recursos de ruta reales.

9. Un método de cálculo de ruta para usar en una red (2, 71) de comunicaciones ópticas que tiene recursos (8, 45, 46, 47, 62, 63, 64) de ruta ópticos usables para implementar rutas, el método que tiene los pasos de:

55 recibir (200) una nueva solicitud para calcular una nueva ruta en la red (2, 71), la solicitud que indica un intervalo de tiempo futuro cuando la ruta es deseada. hacer una selección a partir de un registro (30) de rutas ya reservadas representadas en términos de reservas de recursos de ruta para cada ruta reservada respectiva, al menos algunas de las reservas de recursos de ruta que tienen un intervalo de tiempo asociado, y la selección que comprende al menos aquellas
60 de las rutas reservadas cuyo intervalo de tiempo asociado se corresponde con el intervalo de tiempo futuro, enviar las rutas seleccionadas como solicitudes de reservas a un elemento de cálculo de ruta para generar un estado de red futuro en el tiempo futuro que tiene al menos una representación de disponibilidad de los recursos de ruta en el tiempo futuro, y
65 enviar la solicitud de nueva ruta al elemento de cálculo de ruta para causar que calcule cuáles de los recursos de ruta seleccionar para la nueva ruta según el estado de red futuro;

donde el registro de rutas ya reservadas comprende un conjunto de rutas conmutadas de etiqueta, LSP, y causa que el elemento de cálculo de ruta genere un estado de red futuro comprende causar que el elemento de cálculo de ruta realice una acción de crear LSP para todas las LSP en el registro que tienen el intervalo de tiempo asociado que se solapa con el intervalo de tiempo futuro de la solicitud de nueva ruta.

5 10. Un aparato para cálculo de ruta en una red (2, 71) de comunicaciones ópticas que tiene recursos (8, 45, 46, 47, 62, 63, 64) de ruta usables para implementar rutas, el aparato que tiene:

10 una interfaz (NBI) dispuesta para recibir una nueva solicitud para calcular una nueva ruta en la red, la solicitud que indica un intervalo de tiempo futuro donde la ruta es deseada y el aparato que tiene un procesador (21, 22, 25) conFigurado para:

15 generar un estado (40) de red futuro, que tiene al menos una representación de disponibilidad de los respectivos recursos de ruta en el tiempo futuro, la generación basada en una selección a partir del registro (30) de rutas ya reservadas representadas en términos de reservas de recursos de ruta para cada ruta reservada respectiva, al menos algunas de las reservas de recursos de ruta que tienen un intervalo de tiempo asociado, y la selección que comprende al menos aquellas de las rutas reservadas cuyo intervalo de tiempo asociado se corresponde con el intervalo de tiempo futuro, y

20 el procesador que está conFigurado para calcular cuáles de los recursos de ruta seleccionar para la nueva ruta según el estado de red futuro;

donde el registro de rutas ya almacenadas comprende un conjunto de rutas conmutadas de etiqueta, LSP, y el procesador está conFigurado para generar un estado de red futuro comprende el procesador que está conFigurado para realizar una acción de crear LSP para todas las LSP en el registro que tienen el intervalo de tiempo asociado que se solapa con el intervalo de tiempo futuro de la solicitud de nueva ruta.

25 11. El aparato de la reivindicación 10, el procesador que comprende un elemento de cálculo de ruta también que está conFigurado para seleccionar a partir del registro las rutas reservadas que tienen reservas de recursos de ruta en el intervalo de tiempo futuro indicado.

30 12. El aparato de la reivindicación 11 y el elemento de cálculo de ruta que está dispuesto para actualizar el registro de rutas ya reservadas.

35 13. El aparato de la reivindicación 10 y que tiene un cliente (21) de cálculo de ruta para seleccionar las rutas en el registro que tiene reservas de recursos de ruta en el intervalo de tiempo futuro, y para enviar las rutas seleccionadas como solicitudes de reservas al elemento de cálculo de ruta, para causar que el elemento de cálculo de ruta lleve a cabo el paso de generar el estado de red futuro.

14. El aparato para calcular ruta en una red (2, 71) de comunicaciones ópticas que tiene recursos (8, 45, 46, 47, 62, 63, 64) de ruta para implementar rutas, el aparato que tiene:

40 una interfaz (NBI) para recibir una nueva solicitud para calcular una nueva ruta en la red, la solicitud que indica un intervalo de tiempo futuro donde la ruta es deseada y:

un procesador (21, 25) conFigurado para:

45 hacer una selección a partir de un registro (30) de rutas ya reservadas representadas en términos de reservas de recursos de ruta para cada ruta reservada respectiva, al menos algunas de las reservas de recursos de ruta que tienen un intervalo de tiempo asociado, y la selección que comprende al menos aquellas de las rutas reservadas cuyo intervalo de tiempo asociado se corresponde con el intervalo de tiempo futuro, y para enviar las rutas seleccionadas como solicitudes de reservas a un elemento de cálculo de ruta, para causar que el elemento de cálculo de ruta genere el estado de red futuro en el tiempo futuro, y

50 el procesador que está conFigurado para enviar la solicitud de nueva ruta al elemento de cálculo de ruta para causar que calcule cuales de los recursos de ruta seleccionar para la nueva ruta, y

55 donde el registro de rutas ya reservadas comprende un conjunto de rutas conmutadas de etiqueta, LSP, y causa que el elemento de cálculo de ruta genere un estado de red futuro comprende causar que el elemento de cálculo de ruta realice una acción de crear LSP para todas las LSP en el registro que tienen el intervalo de tiempo asociado que se solapa con el intervalo de tiempo futuro de la solicitud de nueva ruta.

15. Un medio legible por máquina no transitorio que tiene instrucciones almacenadas en ele que cuando son ejecutadas por un procesador (25) causan que el procesador lleve a cabo un método de cálculo de ruta como se presenta en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

FIG 1

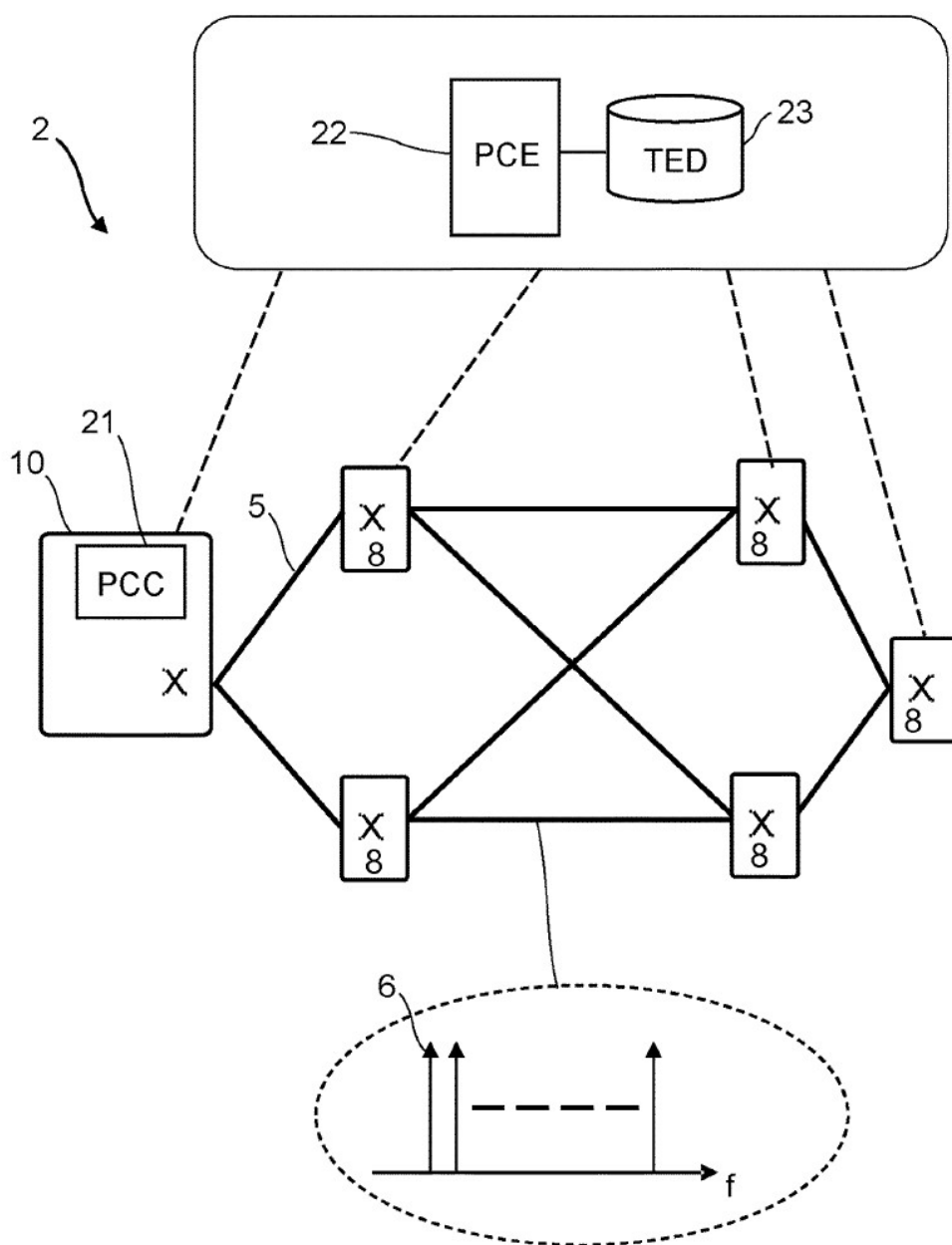


FIG 2

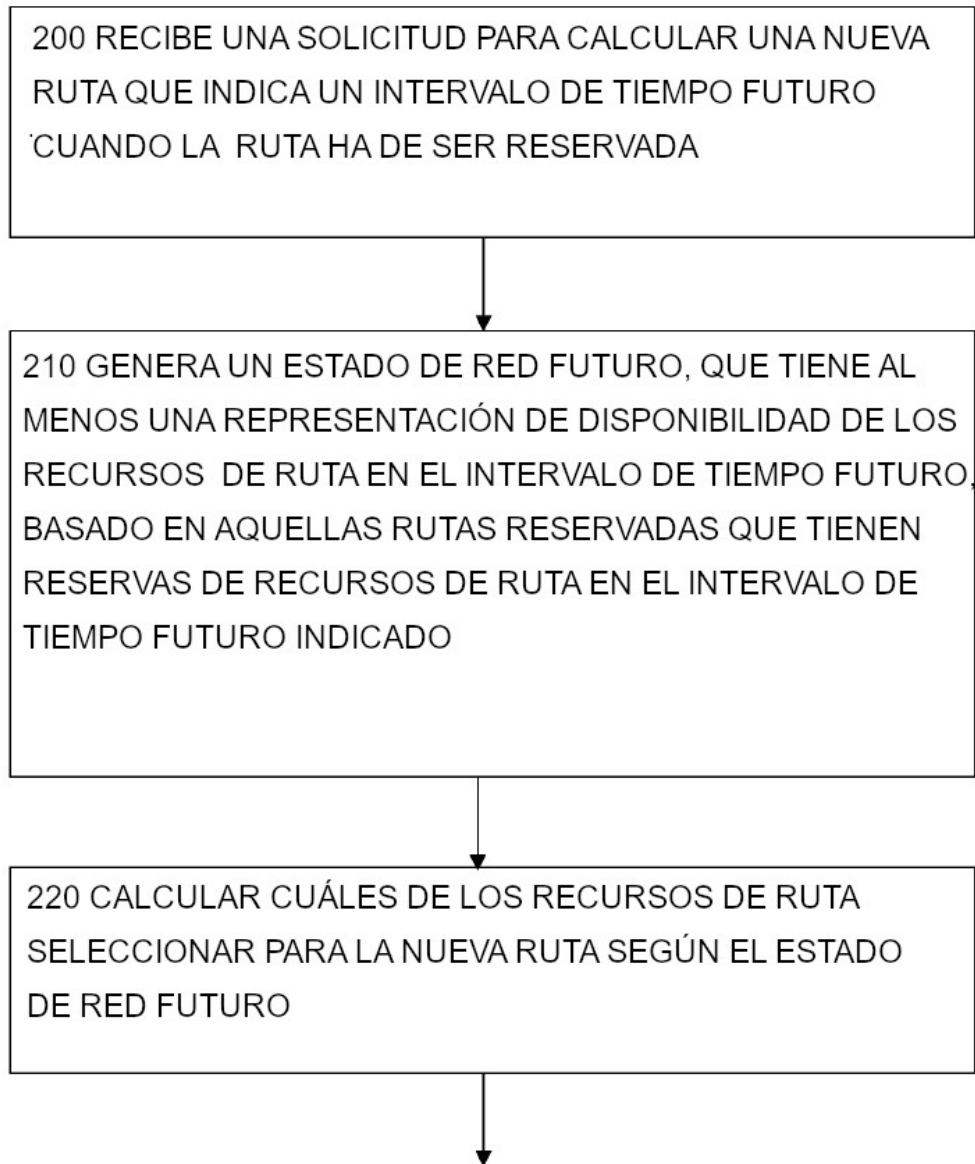


FIG 3

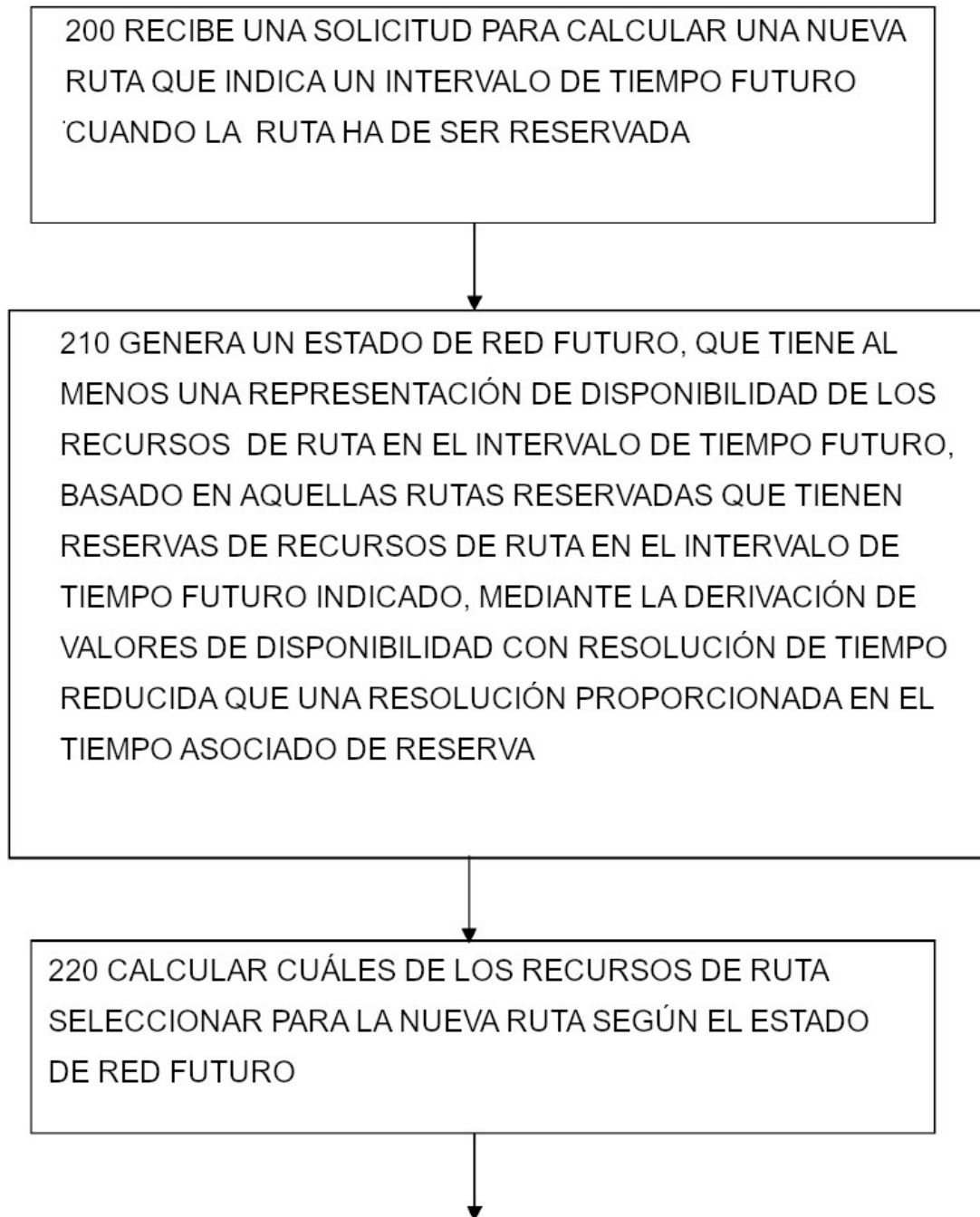


FIG 4

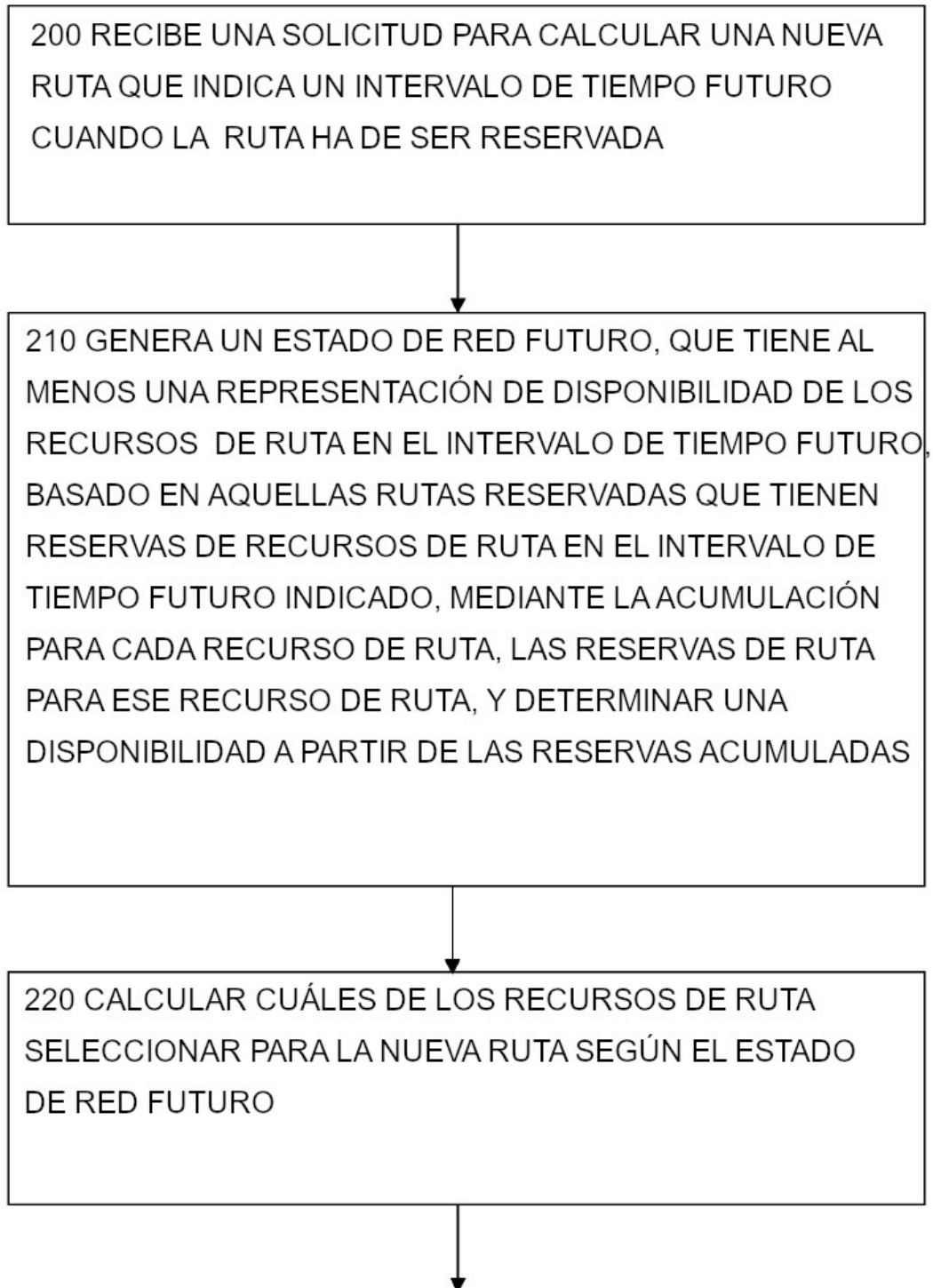


FIG 5

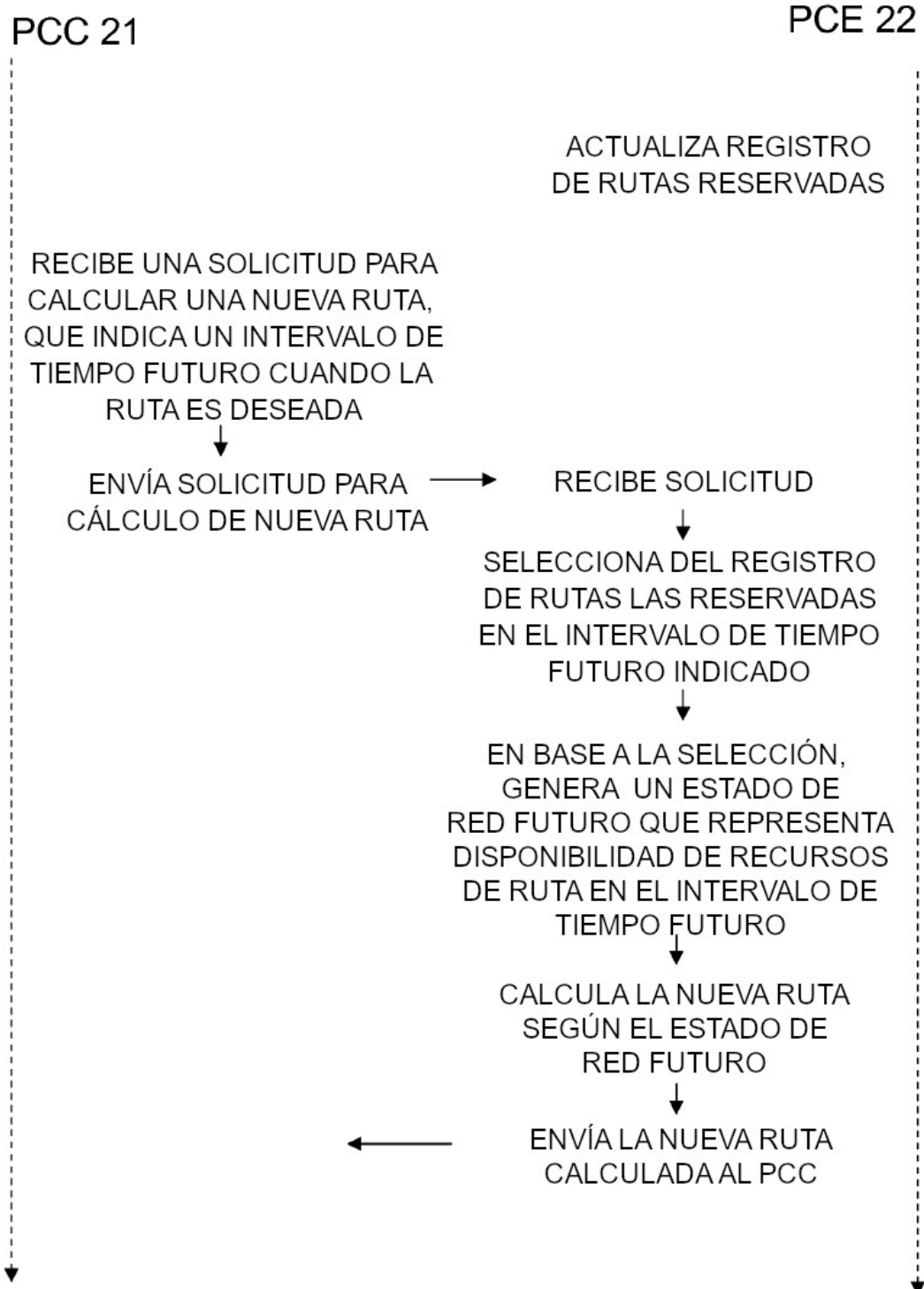


FIG 6

PCC 21

PCE 22

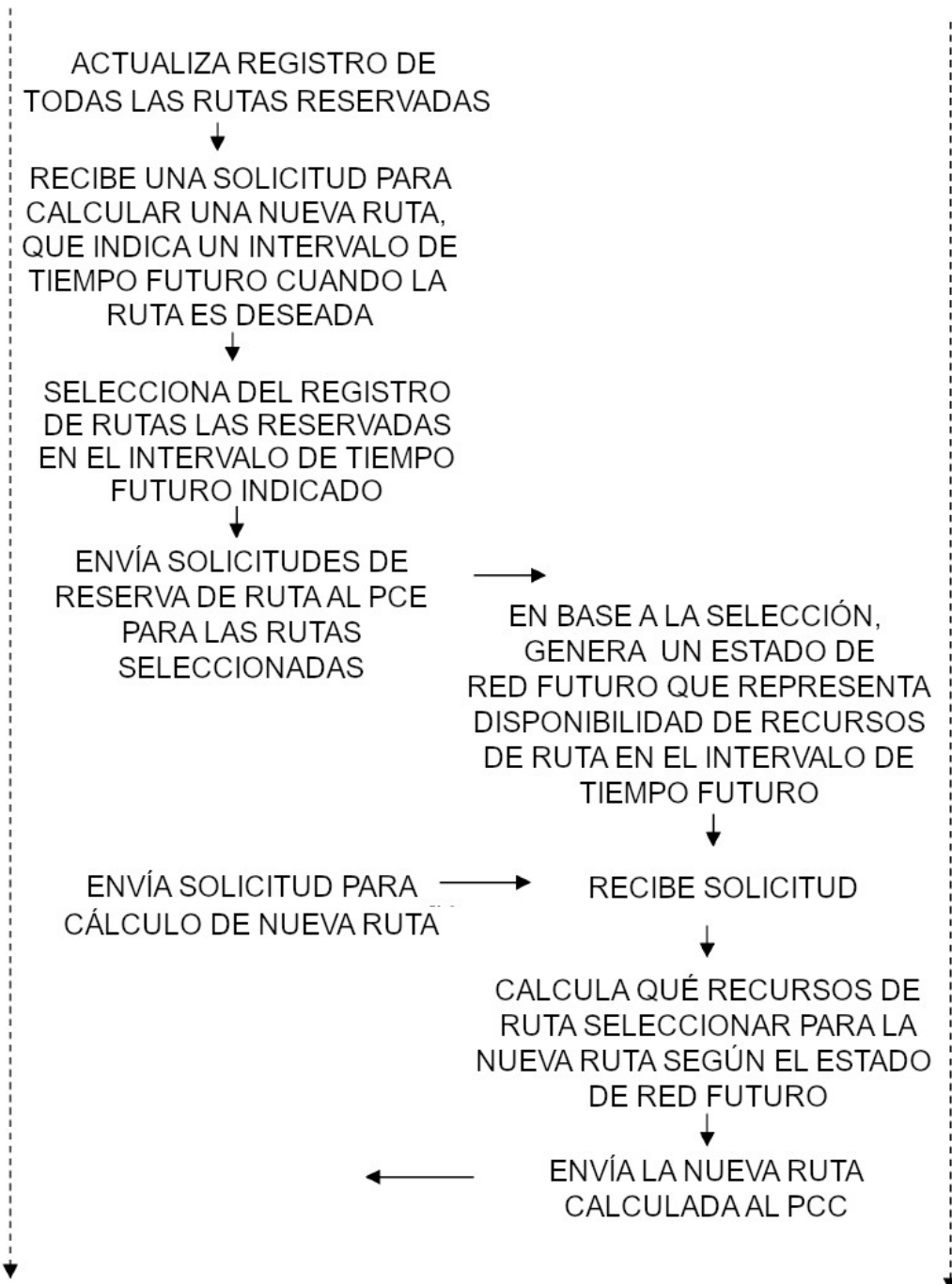


FIG 7

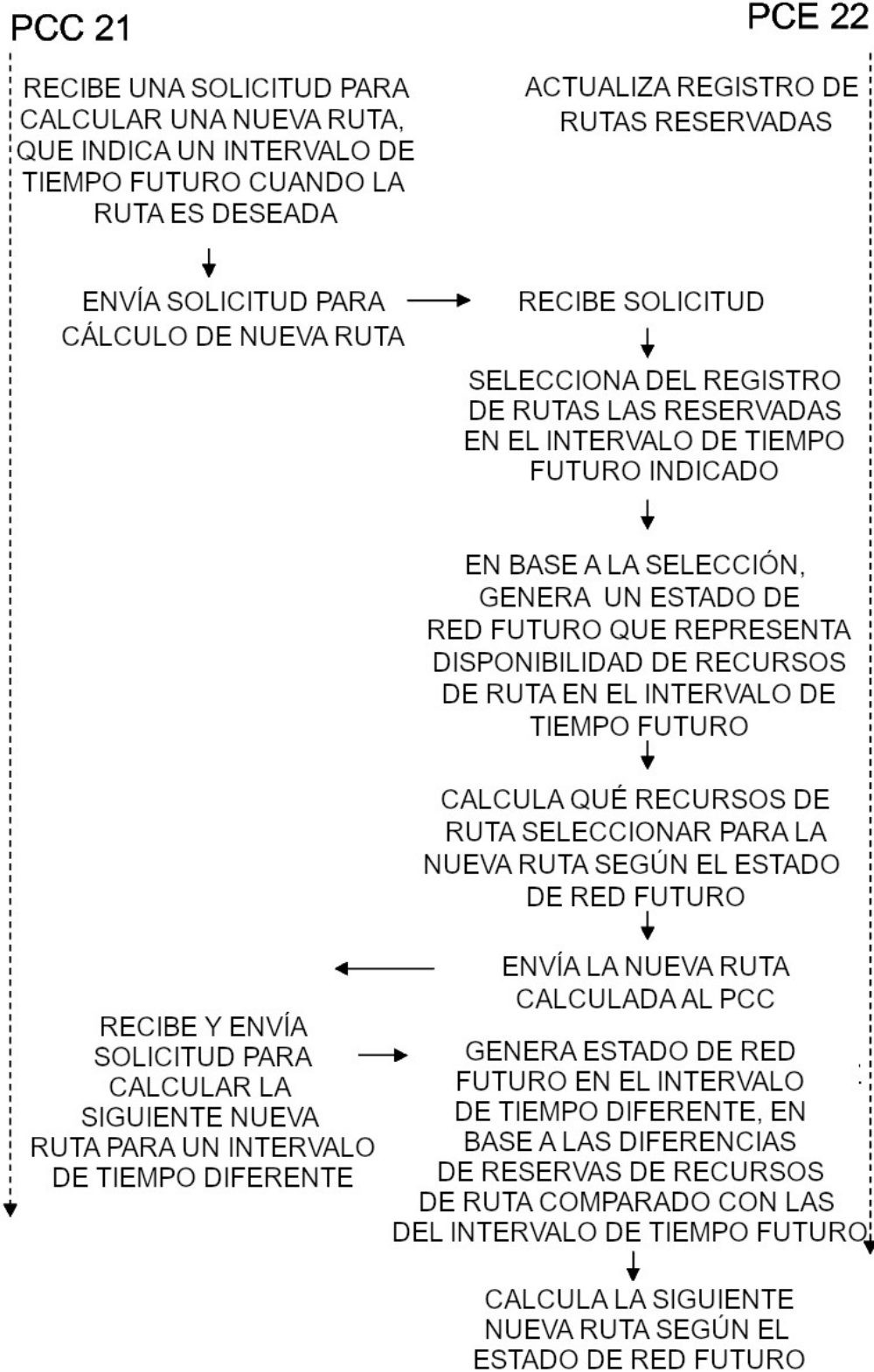


FIG 8

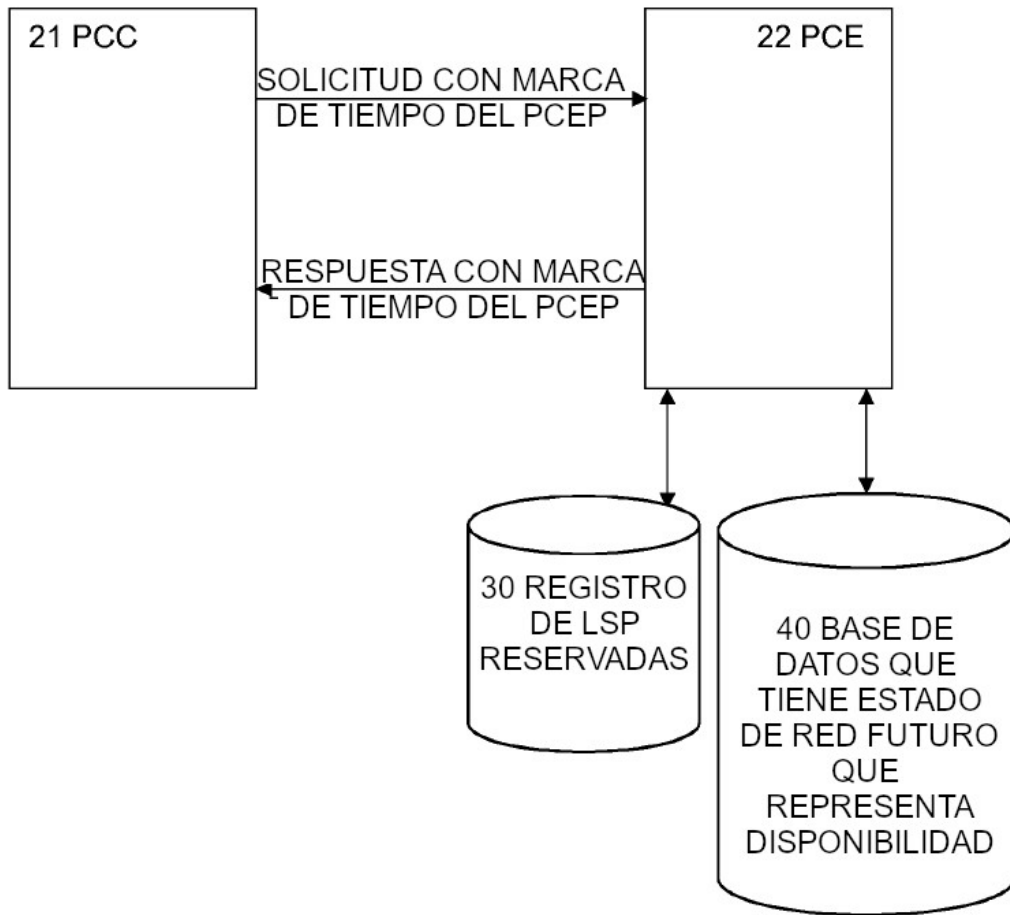


FIG 9

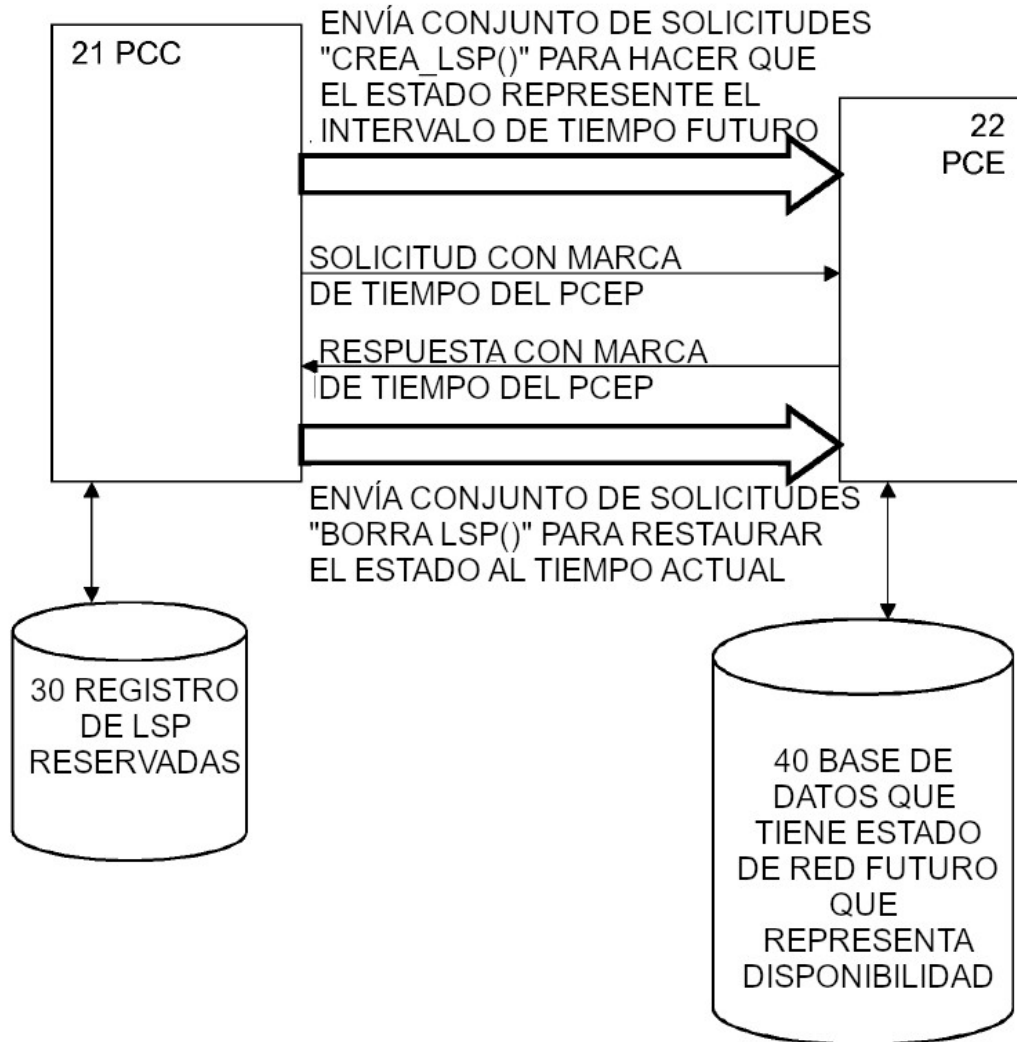


FIG 10

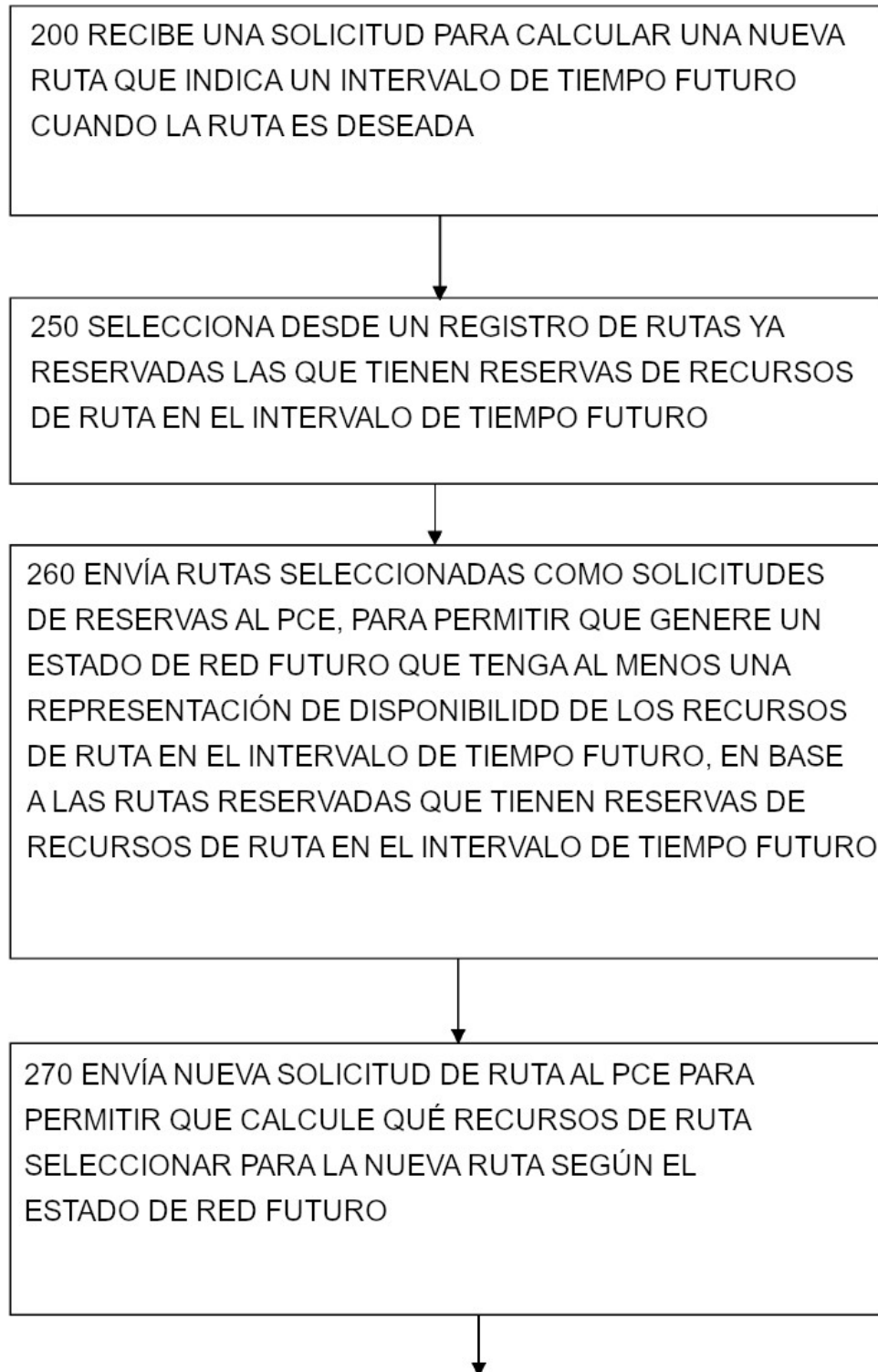


FIG 11

