

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 766 269**

51 Int. Cl.:

H04L 12/721 (2013.01)

H04L 12/715 (2013.01)

H04L 12/753 (2013.01)

H04L 12/911 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2014 PCT/CN2014/078036**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2015 WO15176259**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2014 E 14892407 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 3139552**

54 Título: **Método de establecimiento y procesamiento de árbol virtual de caminos más cortos, y elemento de cálculo de camino**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.06.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ZHENG, HAOMIAN y
LIN, YI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 766 269 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

Método de establecimiento y procesamiento de árbol virtual de caminos más cortos, y elemento de cálculo de camino

Campo técnico

5 La presente solicitud se refiere al campo técnico de las tecnologías de red, y en particular, a métodos de establecimiento y procesamiento de árbol virtual de caminos más cortos y a un elemento de cálculo de camino.

Antecedentes

10 Se genera una necesidad de ancho de banda durante un incremento en un servicio de protocolo de internet, y una red óptica estática no puede satisfacer una necesidad existente. En base a esto, se están desarrollando rápidamente tecnologías tales como una red óptica con conmutación automática, y conmutación de etiquetas multiprotocolo. El grupo de trabajo de ingeniería de internet (en inglés, Internet Engineering Task Force - IETF) propone un elemento de cálculo de camino (en inglés, Path Computation Element - PCE) para satisfacer un requisito de cálculo de camino en tecnologías tales como una red óptica con conmutación automática y conmutación de etiquetas multiprotocolo. Una función principal del PCE es llevar a cabo un cálculo de rutas centralizado en un dominio de gestión para evitar un problema de conflicto de recursos provocado por un cálculo de rutas distribuido.

15 Un proceso operativo principal del PCE es: después de recibir una solicitud de un cliente de cálculo de camino (en inglés, Path Computation Client - PCC), el PCE devuelve información de camino al PCC de acuerdo con un algoritmo de encaminamiento y un recurso de red disponible actual. Después de que se amplía la escala de una red, un solo PCE no puede satisfacer el requisito de cálculo de camino. Por lo tanto, es necesario dividir una red en múltiples dominios de gestión (en adelante, denominado dominio), cada dominio de gestión tiene un PCE responsable del
20 cálculo de camino, y cada PCE interactúa con los otros con información de encaminamiento interconectada, de acuerdo con un protocolo de PCE.

Actualmente, cuando se está calculando un camino de múltiples dominios, se puede utilizar una solución de cálculo de camino recursivo hacia atrás (en inglés, Backward Recursive Path Computation - BRPC) para generar un árbol virtual de caminos más cortos (en inglés, Virtual Shortest Path Tree - VSPT) y se selecciona un camino óptimo a partir del árbol virtual de caminos más cortos para implementar establecimiento de camino.

25 En un proceso de generación de VSPT existente, cada vez que se está calculando una sección de camino, es necesario reservar para la sección de camino un recurso en un PCE de un correspondiente dominio. Cuando la escala de la red es relativamente grande y la cantidad de dominios involucrados es relativamente grande, el VSPT tiene muchas ramas, y se reserva un correspondiente recurso en cada rama. Después de que se establezca un camino, un recurso reservado no debe ser liberado a un repositorio de recursos para el cálculo de otro camino hasta que finaliza una duración especificada. Por lo tanto, en una red de múltiples dominios a gran escala, cuando se está calculando un camino, es necesario reservar varios múltiples de recursos durante un tiempo prolongado, provocando una baja eficiencia en la utilización de los recursos. En particular, cuando existen muchos servicios en un camino de múltiples dominios y se requiere frecuentemente cálculo de camino, es probable que se provoque una tasa de congestión de la red relativamente alta.

30 La patente US 2006/0101142 A1 da a conocer una técnica para seleccionar eficientemente un elemento de cálculo de camino (PCE) para calcular un camino entre nodos de una red informática. La técnica permite a uno o varios PCE anunciar dinámicamente sus recursos disponibles a un cliente de cálculo de camino (PCC), donde a continuación el PCC selecciona eficientemente un PCE para dar servicio a una solicitud de cálculo de camino en base a los recursos disponibles.

35 La patente EP 2 640 001 A1 da a conocer un método de procesamiento para un PCE con estado, en el que el PCE con estado reserva o bloquea recursos requeridos por el camino calculado. Se utiliza un primer mensaje de notificación para notificar al PCE con estado un camino establecido insatisfactoriamente o eliminado satisfactoriamente, y el PCE con estado libera los recursos asociados con dicho camino.

45 Compendio

La invención se expone en el conjunto adjunto de reivindicaciones. Los otros ejemplos denominados realizaciones en la descripción son ejemplos ilustrativos y no realizaciones reivindicadas en la presente solicitud.

50 Las realizaciones de la presente invención dan a conocer métodos de establecimiento y procesamiento de árbol virtual de caminos más cortos y un elemento de cálculo de camino, para mejorar una tasa de utilización de recursos en un proceso de establecimiento y procesamiento de un árbol virtual de caminos más cortos. De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención da a conocer un elemento de cálculo de camino PCE, que incluye:

55 una unidad de procesamiento configurada para determinar si el coste de un camino desde un nodo raíz hasta un nodo hoja, en un árbol virtual de caminos más cortos VSPT obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios, es menor que un umbral de coste, donde el nodo raíz es un nodo de destino, el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con un dominio

en el que está localizado un nodo de origen, la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados del nodo de origen al nodo de destino, aguas abajo se refiere al sentido desde el nodo de origen hasta el nodo de destino, y el PCE es un PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen; y

5 una unidad de ejecución, configurada para añadir una rama de camino desde el nodo hoja hasta el nodo de origen al VSPT cuando la unidad de procesamiento determina que el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, con el fin de obtener un nuevo VSPT; que comprende además una unidad de recepción (103) configurada para recibir un mensaje que es enviado por el PCE del dominio contiguo aguas abajo y que lleva el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT, y enviar el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT a la unidad de procesamiento.

10 Haciendo referencia al primer aspecto, en un primer posible modo de implementación, está incluida además una unidad de recepción, configurada para:

recibir un mensaje que es enviado por el PCE del dominio contiguo aguas abajo y que lleva el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT, y enviar el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT a la unidad de procesamiento.

15 Haciendo referencia al primer aspecto o al primer posible modo de implementación, en un segundo posible modo de implementación, la unidad de ejecución está configurada además para:

seleccionar un camino óptimo del nodo de origen al nodo de destino de acuerdo con el nuevo VSPT; y

el PCE incluye además una unidad envío, configurada para:

20 enviar, al PCE del dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el camino óptimo seleccionado por la unidad de ejecución.

Haciendo referencia al segundo posible modo de implementación del primer aspecto, en un tercer posible modo de implementación, se incluye además una unidad de liberación de recursos, configurada para:

25 después de que la unidad de ejecución selecciona el camino óptimo, liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

Haciendo referencia al tercer posible modo de implementación del primer aspecto, en un cuarto posible modo de implementación, la unidad de liberación de recursos está configurada específicamente para:

30 después de que la unidad de ejecución seleccione el camino óptimo y después de que finalice una duración específica, liberar el recurso ocupado por la rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

Haciendo referencia al primer aspecto, en un primer posible modo de implementación, está incluida además una unidad de envío, configurada para:

35 enviar un primer mensaje a un PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el primer mensaje incluye el nuevo VSPT obtenido por la primera subunidad de ejecución y el coste de un camino desde el nodo raíz a un nodo hoja del nuevo VSPT; y

está incluida además una unidad de recepción, configurada para:

40 recibir un segundo mensaje enviado por el PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el segundo mensaje incluye un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino que es seleccionado por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen.

Haciendo referencia al primer posible modo de implementación del primer aspecto, en un segundo posible modo de implementación, el segundo mensaje incluye además un nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen; y

45 la unidad de ejecución incluye además una segunda subunidad de ejecución, donde la segunda subunidad de ejecución está configurada para:

50 obtener el camino óptimo y el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, que están en el segundo mensaje recibido por la unidad de recepción, y liberar un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al PCE, o entre el dominio correspondiente al PCE y el dominio contiguo aguas abajo.

Haciendo referencia al segundo posible modo de implementación del primer aspecto, en un tercer posible modo de implementación, la segunda subunidad de ejecución está configurada específicamente para:

5 obtener el camino óptimo y el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, que están en el segundo mensaje recibido por la unidad de recepción, y después de que finalice una duración específica, liberar el recurso ocupado por la rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al PCE, o entre el dominio correspondiente al PCE y el dominio contiguo aguas abajo.

De acuerdo con un tercer aspecto, una realización de la presente invención da a conocer otro elemento de cálculo de camino PCE, que incluye:

10 una unidad de procesamiento, configurada para obtener un árbol virtual de caminos más cortos VSPT, y seleccionar un camino óptimo de acuerdo con el VSPT, donde un nodo raíz del VSPT es un nodo de destino, un nodo hoja del VSPT es un nodo de origen, y el PCE es un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen; y

15 una unidad de ejecución, configurada para liberar, de acuerdo con el VSPT y el camino óptimo que son obtenidos por la unidad de procesamiento, un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y un dominio contiguo aguas abajo, donde aguas abajo se refiere al sentido del nodo de origen al nodo de destino.

Haciendo referencia al tercer aspecto, en un primer posible modo de implementación, está incluida además una unidad de envío, configurada para:

20 enviar, a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo que son obtenidos por la unidad de procesamiento, donde la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados del nodo de origen al nodo de destino.

De acuerdo con un cuarto aspecto, una realización de la presente invención da a conocer otro elemento de cálculo de camino PCE, que incluye:

25 una unidad de recepción, configurada para recibir un tercer mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el tercer mensaje incluye un árbol virtual de caminos más cortos VSPT y un camino óptimo desde un nodo de origen a un nodo de destino, que son obtenidos por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen, un nodo raíz del VSPT es el nodo de destino, un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen, y la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados del nodo de origen al nodo de destino; y

30 una unidad de ejecución, configurada para liberar, de acuerdo con el VSPT y el camino óptimo que son obtenidos en el tercer mensaje recibido por la unidad de recepción, un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en un dominio correspondiente al PCE, o entre un dominio correspondiente al PCE y un dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios, donde aguas abajo se refiere al sentido del nodo de origen al nodo de destino, y aguas arriba se refiere al sentido del nodo de destino al nodo de origen.

Haciendo referencia al cuarto aspecto, en un primer posible modo de implementación, está incluida además una unidad de envío, configurada para:

40 enviar, a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios de acuerdo con el VSPT y el camino óptimo que son transportados en el tercer mensaje recibido por la unidad de recepción, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo.

De acuerdo con un quinto aspecto, una realización de la presente invención da a conocer otro elemento de cálculo de camino PCE, que incluye:

45 una unidad de recepción, configurada para recibir un cuarto mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el cuarto mensaje incluye un árbol virtual de caminos más cortos VSPT y un camino óptimo de un nodo de origen a un nodo de destino, que son obtenidos por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen, un nodo raíz del VSPT es el nodo de destino, un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen, la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados desde el nodo de origen al nodo de destino, y el PCE es un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de destino; y

50 una unidad de ejecución, configurada para obtener el VSPT y el camino óptimo que son transportados en el cuarto mensaje recibido por la unidad de recepción, y liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de destino; aguas arriba se refiere al sentido del nodo de destino al nodo de origen.

De acuerdo con un sexto aspecto, una realización de la presente invención da a conocer un método de establecimiento de un árbol virtual de caminos más cortos, que incluye:

- determinar, mediante un elemento de cálculo de camino PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen, si el coste de un camino desde un nodo raíz hasta un nodo hoja en un árbol virtual de caminos más cortos VSPT obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios es menor que un umbral de coste, donde el nodo raíz es un nodo de destino, el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con el dominio en el que está localizado el nodo de origen, y la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados desde el nodo de origen al nodo de destino; y
- añadir, mediante el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, una rama de camino desde el nodo hoja al nodo de origen, al VSPT si el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, con el fin de obtener un nuevo VSPT, donde
- aguas abajo se refiere al sentido desde el nodo de origen al nodo de destino.
- Haciendo referencia al sexto aspecto, en un primer posible modo de implementación, el método incluye además:
- recibir, mediante el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, un mensaje que es enviado por el PCE del dominio contiguo aguas abajo y que lleva el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT.
- Haciendo referencia al sexto aspecto o al primer posible modo de implementación, en un segundo posible modo de implementación, el método incluye además:
- seleccionar, mediante el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino de acuerdo con el nuevo VSPT, y enviar, al PCE del dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el camino óptimo.
- Haciendo referencia al segundo posible modo de implementación del sexto aspecto, en un tercer posible modo de implementación, el método incluye además:
- después de que el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen seleccione el camino óptimo, liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.
- Haciendo referencia al tercer posible modo de implementación del sexto aspecto, en un cuarto posible modo de implementación, el método incluye específicamente:
- después de que el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen seleccione el camino óptimo y después de que finalice una duración específica, liberar el recurso ocupado por la rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.
- De acuerdo con un séptimo aspecto, una realización de la presente invención da a conocer un método de establecimiento de un árbol virtual de caminos más cortos, que incluye:
- determinar, mediante un primer elemento de cálculo de camino PCE, si el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en el árbol virtual de caminos más cortos VSPT obtenido por el PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios es menor que un umbral de coste, donde el nodo raíz es un nodo de destino, el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con un dominio correspondiente al primer PCE, y la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados desde el nodo de origen al nodo de destino; y
- si el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, añadir, mediante el primer PCE y al VSPT, una rama de camino desde el nodo hoja a un nodo límite que está en el dominio correspondiente al primer PCE y que tiene un enlace entre dominios con un dominio contiguo aguas arriba en la secuencia de dominios, con el fin de obtener un nuevo VSPT, donde aguas abajo se refiere al sentido desde el nodo de origen al nodo de destino, y aguas arriba se refiere al sentido desde el nodo de destino al nodo de origen.
- Haciendo referencia al séptimo aspecto, en un primer posible modo de implementación, el método incluye además:
- enviar, mediante el primer PCE, un primer mensaje a un PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el primer mensaje incluye el nuevo VSPT y el coste de un camino desde el nodo raíz a un nodo hoja del nuevo VSPT; y
- recibir, mediante el primer PCE, un segundo mensaje enviado por el PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el segundo mensaje incluye un camino óptimo del nodo de origen al nodo de destino que es seleccionado por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen.
- Haciendo referencia al primer posible modo de implementación del séptimo aspecto, en un segundo posible modo de implementación,

el segundo mensaje incluye además un nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen; y el método incluye además:

5 obtener, mediante el primer PCE, el camino óptimo en el segundo mensaje, y liberar un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al primer PCE o entre el dominio correspondiente al primer PCE y el dominio contiguo aguas abajo.

Haciendo referencia al segundo posible modo de implementación del séptimo aspecto, en un tercer posible modo de implementación, el método incluye específicamente:

10 después de que el primer PCE obtiene el camino óptimo en el segundo mensaje y después de que finalice una duración específica, liberar el recurso ocupado por la rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al primer PCE, o entre el dominio correspondiente al primer PCE y el dominio contiguo aguas abajo.

De acuerdo con un octavo aspecto, una realización de la presente invención da a conocer un método de procesamiento de un árbol virtual de caminos más cortos, que incluye:

15 obtener, mediante un elemento de cálculo de camino PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen, un árbol virtual de caminos más cortos VSPT, y seleccionar un camino óptimo de acuerdo con el VSPT, donde un nodo raíz del VSPT es un nodo de destino, y un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen; y

20 liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y un dominio contiguo aguas abajo, donde

aguas abajo se refiere al sentido desde el nodo de origen al nodo de destino.

Haciendo referencia al octavo aspecto, en un primer posible modo de implementación, el método incluye además:

25 enviar, mediante el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo, donde la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados del nodo de origen al nodo de destino.

De acuerdo con un noveno aspecto, una realización de la presente invención da a conocer un método de procesamiento de un árbol virtual de caminos más cortos, que incluye:

30 recibir, mediante un primer elemento de cálculo de camino PCE, un tercer mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el tercer mensaje incluye un árbol virtual de caminos más cortos VSPT y un camino óptimo desde un nodo de origen a un nodo de destino, que se obtienen mediante un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen, un nodo raíz del VSPT es el nodo de destino, un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen, y la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados del nodo de origen al nodo de destino; y

35 liberar, mediante el primer PCE, un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en un dominio correspondiente al primer PCE, o entre un dominio correspondiente al primer PCE y un dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios, donde

aguas abajo se refiere al sentido desde el nodo de origen al nodo de destino, y aguas arriba se refiere al sentido desde el nodo de destino al nodo de origen.

Haciendo referencia al noveno aspecto, en un primer posible modo de implementación, el método comprende además:

40 enviar, mediante el primer PCE y a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo.

De acuerdo con un décimo aspecto, una realización de la presente invención da a conocer un método de procesamiento de un árbol virtual de caminos más cortos, que incluye:

45 recibir, mediante un elemento de cálculo de camino PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de destino, un cuarto mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el cuarto mensaje incluye un árbol virtual de caminos más cortos VSPT y un camino óptimo desde un nodo de origen al nodo de destino, que son obtenidos por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen, un nodo raíz del VSPT es el nodo de destino, un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen, y la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados del nodo de origen al nodo de destino; y

50 liberar, mediante el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de destino, un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de destino, donde aguas arriba se refiere al sentido del nodo de destino al nodo de origen.

Basándose en las anteriores soluciones técnicas, en el método de establecimiento de VSPT dado a conocer por las realizaciones de la presente invención, en un proceso de establecimiento de un VSPT, las ramas de camino en el VSPT establecido se reducen comparando el coste de un camino establecido desde un nodo raíz (un nodo de destino) hasta nodo hoja con un umbral de coste preestablecido, con el fin de reducir los recursos ocupados y mejorar la tasa de utilización de recursos. Basándose en las anteriores soluciones técnicas, en el método de procesamiento de VSPT dado a conocer por las realizaciones de la presente invención, un recurso ocupado por una rama de camino que está en un VSPT establecido y es irrelevante para un camino óptimo, es liberado inmediatamente después de que se obtenga el camino óptimo, para reducir el tiempo de ocupación de recursos y mejorar la tasa de utilización de recursos.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La figura 1 es un diagrama estructural esquemático de un PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 2 es un diagrama estructural esquemático de otro PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 15 la figura 3 es un diagrama estructural esquemático de un PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 4 es un diagrama estructural esquemático de otro PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 5 es un diagrama de flujo esquemático de un método de establecimiento de VSPT, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 20 la figura 6 es un diagrama de flujo esquemático de otro método de establecimiento de VSPT, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 7 es un diagrama esquemático a modo de ejemplo de una red de múltiples dominios;
- la figura 8 es un diagrama estructural esquemático de un VSPT establecido, de acuerdo con una realización específica de la presente invención;
- 25 la figura 9 es un diagrama estructural esquemático de otro PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 10 es un diagrama estructural esquemático de otro PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 30 la figura 11 es un diagrama estructural esquemático de otro PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 12 es un diagrama estructural esquemático de otro PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 13 es un diagrama estructural esquemático de otro PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 35 la figura 14 es un diagrama estructural esquemático de otro PCE, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 15 es un diagrama de flujo esquemático de un método para procesar un VSPT mediante un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 40 la figura 16 es un diagrama de flujo esquemático de un método para procesar un VSPT mediante un PCE de un dominio intermedio, de acuerdo con una realización de la presente invención;
- la figura 17 es un diagrama de flujo esquemático de un método para procesar un VSPT mediante un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de destino, de acuerdo con una realización de la presente invención; y
- la figura 18 es un diagrama estructural esquemático de un VSPT obtenido en un modo BRPC.

Descripción de las realizaciones

45 Para aclarar los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de la presente invención, a continuación se describe en mayor detalle la presente invención, haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

En las siguientes realizaciones, aguas abajo se refiere a sentido desde un nodo de origen a nodo de destino, y aguas arriba se refiere al sentido desde un nodo de destino a un nodo de origen. Una secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados desde un nodo de origen hasta un nodo de destino.

5 En las siguientes realizaciones, un mensaje enviado de aguas abajo a aguas arriba puede ser un mensaje de solicitud de cálculo de camino (por sus siglas en inglés, PCReq) en el protocolo de comunicación de elementos de cálculo de camino (en inglés, Path Computation Element Communication Protocol - PCEP), un mensaje enviado de aguas arriba a aguas abajo puede ser un mensaje de respuesta de cálculo de camino (por sus siglas en inglés, PCRep) en el protocolo PCEP. Un objeto de ruta explícito en el mensaje PCRep o PCReq puede transportar un VSPT. Además, el objeto de ruta explícito en el mensaje PCRep o PCReq se puede expandir para transportar un coste de camino de cada camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en el VSPT.

10 En un proceso de establecimiento de VSPT dado a conocer por la presente invención, las ramas de camino en el VSPT establecido se reducen comparando el coste de un camino establecido desde un nodo raíz (un nodo de destino) a un nodo hoja con un umbral de coste preestablecido, con el fin de reducir los recursos ocupados y mejorar una tasa de utilización de recursos.

Una primera realización de la presente invención da a conocer un PCE. El PCE es un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen. Tal como se muestra en la figura 1, el PCE incluye principalmente:

15 una unidad de procesamiento 101, configurada para determinar si un coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios es menor que un umbral de coste, donde el nodo raíz es un nodo de destino, el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con el dominio en el que está localizado el nodo de origen;

20 una unidad de ejecución 102, configurada para añadir al VSPT una rama de camino desde el nodo hoja hasta el nodo de origen, cuando la unidad de procesamiento 101 determina que el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, con el fin de obtener un nuevo VSPT.

25 El PCE dado a conocer por esta realización compara el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT establecido, con un umbral de coste preestablecido, y cuando el coste no es menor que el umbral de coste, detiene el crecimiento del camino correspondiente al nodo hoja, de tal modo que se ahorra un recurso que tiene que ser ocupado para generar una nueva rama de camino, se reduce la ocupación de recursos y se mejora la tasa de utilización de recursos.

Se puede obtener un VSPT completo después de que el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen añade al VSPT la rama de camino del nodo hoja al nodo de origen.

Preferentemente, el PCE incluye además una unidad de recepción 103, configurada para:

30 recibir un mensaje que es enviado por el PCE del dominio contiguo aguas abajo y que lleva el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT, y enviar el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT a la unidad de procesamiento 101.

Preferentemente, la unidad de ejecución 102 está configurada además para:

seleccionar un camino óptimo del nodo de origen al nodo de destino de acuerdo con el nuevo VSPT.

35 El modo de seleccionar un camino óptimo no es una cuestión en la que se centre la presente invención, y el camino óptimo se puede obtener utilizando un modo existente de adquisición de un camino óptimo, lo cual no se limita mediante la presente invención.

Con respecto al modo de implementación preferible, el PCE incluye además una unidad de envío 104, configurada para:

40 enviar, al PCE del dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el camino óptimo seleccionado por la unidad de ejecución 102.

Preferentemente, está incluida además una unidad de liberación de recursos 105, configurada para:

45 después de que la unidad de ejecución 102 selecciona el camino óptimo, liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo. Durante una implementación específica, el recurso liberado es actualizado en una base de datos de ingeniería de tráfico (en inglés, Traffic Engineering Database - TED) del PCE.

La unidad de liberación de recursos 105 libera un recurso de los siguientes dos modos, que son específicamente:

50 En un primer modo, después de que la unidad de ejecución 102 selecciona un camino óptimo y después de que finalice una duración específica, la unidad de liberación de recursos 105 libera un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

En un segundo modo de implementación, después de que la unidad de ejecución 102 selecciona el camino óptimo, la unidad de liberación de recursos 105 libera inmediatamente un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo. En este modo de implementación, después de obtener un camino óptimo, el PCE libera inmediatamente un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo; el recurso es liberado inmediatamente y no después de que finalice una duración específica, de tal modo que se reduce más el tiempo de ocupación de recursos.

En correspondencia con el PCE dado a conocer por la primera realización, en una segunda realización de la presente invención, se da a conocer además un PCE, y el PCE es un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen. Tal como se muestra en la figura 2, el PCE incluye principalmente:

un procesador 201, configurado para: determinar si el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios es menor que un umbral de coste, y cuando se determina que el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, añadir al VSPT una rama de camino desde el nodo hoja al nodo de origen, con el fin de obtener un nuevo VSPT, donde el nodo raíz es un nodo de destino, el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con el dominio en el que está localizado el nodo de origen.

Se incluye además un transceptor 202, configurado para recibir un mensaje que es enviado por el PCE del dominio contiguo aguas abajo y que lleva el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT, y enviar el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT al procesador 201.

Preferentemente, el procesador 201 selecciona un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino, de acuerdo con el nuevo VSPT, e instruye al transceptor 202 para enviar, al PCE del dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el camino óptimo seleccionado por el procesador 201.

Más preferentemente, después de seleccionar el camino óptimo, el procesador 201 libera un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

Durante una implementación específica, el recurso liberado es actualizado en una base de datos de ingeniería de tráfico (TED) del PCE.

El procesador 201 libera un recurso de los siguientes dos modos, que son específicamente:

En un primer modo, después de seleccionar el camino óptimo, el procesador 201 libera, después de que finalice una duración específica, un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

En un segundo modo de implementación, después de seleccionar el camino óptimo, el procesador 201 libera inmediatamente un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo. En este modo de implementación, después de obtener un camino óptimo, el PCE libera inmediatamente un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo; el recurso es liberado inmediatamente y no después de que finalice una duración específica, de tal modo que se reduce más el tiempo de ocupación de recursos. En una tercera realización de la presente invención, se da a conocer otro PCE, y el PCE está configurado para gestionar un recurso de cada nodo en un dominio intermedio diferente a los dominios en los que está localizado el nodo de origen o un nodo de destino. Tal como se muestra en la figura 3, el PCE incluye principalmente:

una unidad de procesamiento 301, configurada para determinar si el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios es menor que un umbral de coste, donde el nodo raíz es un nodo de destino, el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con un dominio correspondiente al PCE; y

una unidad de ejecución 302, donde la unidad de ejecución 302 incluye una primera subunidad de ejecución 3021, y la primera subunidad de ejecución 3021 está configurada para: cuando la unidad de procesamiento 301 determina que el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, añadir, al VSPT, una rama de camino desde el nodo hoja hasta un nodo límite que está en el dominio correspondiente al PCE y que tiene un enlace entre dominios con un dominio contiguo aguas arriba en la secuencia de dominios, con el fin de obtener un nuevo VSPT.

El PCE dado a conocer por esta realización compara el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT establecido, con un umbral de coste, y cuando el coste no es menor que el umbral de coste, detiene el crecimiento del camino correspondiente al nodo hoja, de tal modo que se ahorra un recurso que tiene que ser ocupado

para generar una nueva rama de camino, el recurso puede ser utilizado por otra VSPT, se reduce la ocupación de recursos y se mejora la tasa de utilización de recursos.

Preferentemente, se incluye además una unidad de envío 303, configurada para:

5 enviar un primer mensaje a un PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el primer mensaje incluye el nuevo VSPT obtenido por la primera subunidad de ejecución 3021 y el coste de un camino desde el nodo raíz a un nodo hoja del nuevo VSPT.

Preferentemente, está incluida además una unidad de recepción 304, configurada para:

10 recibir un segundo mensaje enviado por el PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el segundo mensaje incluye un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino que es seleccionado por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen.

Preferentemente, el segundo mensaje incluye además un nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen.

15 Preferentemente, la unidad de ejecución 302 incluye además una segunda subunidad de ejecución 3022, donde la segunda subunidad de ejecución 3022 está configurada para: obtener el camino óptimo y el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, que están en el segundo mensaje recibido por la unidad de recepción 304, y liberar un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al PCE, o entre el dominio correspondiente al PCE y el dominio contiguo aguas abajo.

20 Durante una implementación específica, el recurso liberado es actualizado en una base de datos de ingeniería de tráfico (TED) del PCE.

Preferentemente, el PCE libera un recurso principalmente en los siguientes dos modos de procesamiento.

25 En un primer modo de implementación, la segunda subunidad de ejecución 3022 obtiene el camino óptimo y el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, que están en el segundo mensaje recibido por la unidad de recepción 304, y después de que finalice una duración específica, libera un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al PCE, o entre el dominio correspondiente al PCE y el dominio contiguo aguas abajo.

30 En un segundo modo de implementación, la segunda subunidad de ejecución 3022 obtiene el camino óptimo y el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, que están en el segundo mensaje recibido por la unidad de recepción 304, y libera inmediatamente un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al PCE, o entre el dominio correspondiente al PCE y el dominio contiguo aguas abajo; el recurso es liberado inmediatamente y no después de que finalice una duración específica, de tal modo que se reduce más el tiempo de ocupación de recursos.

35 En correspondencia con el PCE dado a conocer en la tercera realización, en una cuarta realización de la presente invención, se da a conocer además otro PCE, y el PCE está configurado para gestionar un recurso de cada nodo en un dominio intermedio diferente a los dominios en los que está localizado un nodo de origen o un nodo de destino. Tal como se muestra en la figura 4, el PCE incluye principalmente:

40 un procesador 401, configurado para: determinar si el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios es menor que un umbral de coste, y cuando se determina que el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, añadir una rama de camino desde el nodo hoja a un nodo límite que está en un dominio correspondiente al PCE y que tiene un enlace entre dominios con un dominio contiguo aguas arriba en la secuencia de dominios, con el fin de obtener un nuevo VSPT.

45 El nodo raíz es un nodo de destino, y el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con el dominio correspondiente al PCE.

Preferentemente, se incluye además un transceptor 402, configurado para: enviar un primer mensaje a un PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el primer mensaje incluye el nuevo VSPT obtenido por el procesador 401 y el coste de un camino desde el nodo raíz hasta un nodo hoja del nuevo VSPT; y

50 recibir un segundo mensaje enviado por el PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el segundo mensaje incluye un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino que es seleccionado por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen.

Más preferentemente, el segundo mensaje incluye además un nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen.

5 El procesador 401 obtiene el camino óptimo y el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, que están en el segundo mensaje recibido por el transceptor 402, y libera un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al PCE, o entre el dominio correspondiente al PCE y el dominio contiguo aguas abajo.

Durante una implementación específica, el recurso liberado es actualizado en una base de datos de ingeniería de tráfico (TED) del PCE.

10 Preferentemente, el PCE libera un recurso principalmente en los siguientes dos modos de procesamiento.

15 En un primer modo de implementación, el procesador obtiene el camino óptimo y el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, que están en el segundo mensaje, y después de que finalice una duración específica, libera un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al PCE, o entre el dominio correspondiente al PCE y el dominio contiguo aguas abajo.

20 En un segundo modo de implementación, el procesador obtiene el camino óptimo y el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, que están en el segundo mensaje, y libera inmediatamente un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al PCE, o entre el dominio correspondiente al PCE y el dominio contiguo aguas abajo; el recurso se libera inmediatamente y no después de que finalice una duración específica, de tal modo que se reduce adicionalmente el tiempo de ocupación de recursos.

25 Basándose en los PCE dados a conocer por la primera y la tercera realizaciones, o basándose en los PCE dados a conocer por la segunda y la cuarta realizaciones, en una quinta realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 5, un proceso detallado de establecimiento de un VSPT mediante un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen, es como sigue:

Etapa 501: el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen determina si el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios es menor que un umbral de coste.

30 El nodo raíz es un nodo de destino, y el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y tiene un enlace entre dominios con el dominio en el que está localizado el nodo de origen.

Etapa 502: el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen añade al VSPT una rama de camino desde el nodo hoja al nodo de origen, si el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, para obtener un nuevo VSPT.

35 Durante una implementación específica, si el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja no es menor que el umbral de coste, se detiene el establecimiento de una correspondiente rama de camino para el nodo hoja.

40 De acuerdo con el método de establecimiento de VSPT dado a conocer por esta realización, cuando se determina que el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT establecido, transferido por un dominio contiguo aguas abajo, no es menor que un umbral de coste preestablecido, un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen detiene el crecimiento del camino correspondiente al nodo hoja, de tal modo que se ahorra un recurso que tiene que ser ocupado para generar la rama de camino, el recurso puede ser utilizado por otro VSPT, se reduce la ocupación de recursos y se mejora la tasa de utilización de recursos.

45 Preferentemente, el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen recibe un mensaje que es enviado por el PCE del dominio contiguo aguas abajo y que lleva el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT.

Preferentemente, el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen selecciona un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino de acuerdo con el nuevo VSPT, y envía, al PCE del dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el camino óptimo.

50 En una aplicación práctica, el modo de seleccionar un camino óptimo de acuerdo con un VSPT no es una cuestión en la que se centre la presente invención, y el camino óptimo se puede obtener utilizando un modo existente de adquisición del camino óptimo, lo cual no está limitado por la presente invención.

Preferentemente, después de seleccionar el camino óptimo, el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen libera un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y

que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

Durante una implementación específica, el recurso liberado es actualizado en una base de datos de ingeniería de tráfico (TED) del PCE.

- 5 Preferentemente, después de obtener el camino óptimo, el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen libera un recurso que es irrelevante para el camino óptimo, específicamente mediante los siguientes dos modos de implementación:

10 En un primer modo de implementación, después de seleccionar el camino óptimo, el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen libera, después de que finalice una duración específica, un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo. En este modo de implementación, después de obtener un camino óptimo, el PCE libera pasivamente, después de que finalice una duración específica, un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo.

15 En un segundo modo de implementación, después de seleccionar el camino óptimo, el PCE libera inmediatamente un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo; el recurso es liberado inmediatamente y no después de que finalice una duración específica, de tal modo que se reduce más el tiempo de ocupación de recursos. Preferentemente, después de que el PCE libera el recurso ocupado por la rama de camino, el recurso liberado se actualiza en una base de datos de ingeniería de tráfico (TED) del PCE.

Basándose en los PCE dados a conocer por la primera y la tercera realizaciones, o basándose en los PCE dados a conocer por la segunda y la cuarta realizaciones, en una sexta realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 6, un proceso detallado de establecimiento de un VSPT mediante un PCE de un dominio intermedio diferente a los dominios en los que está localizado un nodo de origen o un nodo de destino, es como sigue:

- 25 Etapa 601: un primer PCE determina si el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios es menor que un umbral de coste.

El nodo raíz es un nodo de destino, y el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con un dominio correspondiente al primer PCE.

- 30 Etapa 602: si el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, el primer PCE añade, al VSPT, una rama de camino desde el nodo hoja hasta un nodo límite que está en el dominio correspondiente al primer PCE y que tiene un enlace entre dominios con un dominio contiguo aguas arriba en la secuencia de dominios, con el fin de obtener un nuevo VSPT.

Durante una implementación específica, si el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja no es menor que el umbral de coste, se detiene el establecimiento de una correspondiente rama de camino para el nodo hoja.

- 35 De acuerdo con un método de establecimiento de VSPT dado a conocer por esta realización, cuando se determina que el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un VSPT establecido, transferido por un dominio contiguo aguas abajo, no es menor que un umbral de coste preestablecido, un PCE de un dominio intermedio diferente a los dominios en los que está localizado un nodo de origen o un nodo de destino detiene el crecimiento del camino correspondiente al nodo hoja, de tal modo que se ahorra el recurso que tiene que ser ocupado para generar una rama de camino, el recurso puede ser utilizado por otro VSPT, se reduce la ocupación de recursos y se mejora la tasa de utilización de recursos.

- 40 Preferentemente, el primer PCE envía un primer mensaje a un PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el primer mensaje incluye el nuevo VSPT y el coste de un camino desde el nodo raíz hasta un nodo hoja del nuevo VSPT; y el primer PCE recibe un segundo mensaje enviado por el PCE del dominio contiguo aguas arriba, donde el segundo mensaje incluye un camino óptimo desde un nodo de origen al nodo de destino que es seleccionado por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen.

Más preferentemente, el segundo mensaje incluye además un nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen.

- 50 El primer PCE obtiene el camino óptimo en el segundo mensaje, y libera un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al primer PCE, o entre el dominio correspondiente al primer PCE y el dominio contiguo aguas abajo.

Durante una implementación específica, el recurso liberado es actualizado en una base de datos de ingeniería de tráfico (TED) del PCE.

Preferentemente, el primer PCE libera un recurso que es irrelevante para el camino óptimo, específicamente mediante los siguientes dos modos de implementación:

5 En un primer modo de implementación, después de obtener el camino óptimo en el segundo mensaje, el primer PCE libera, después de que finalice una duración específica, un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al primer PCE, o entre el dominio correspondiente al primer PCE y el dominio contiguo aguas abajo. En este modo de implementación, después de que finalice una duración específica, el primer PCE libera pasivamente un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece a un camino óptimo.

10 En un segundo modo de implementación, después de obtener el camino óptimo en el segundo mensaje, el primer PCE libera inmediatamente un recurso ocupado por una rama de camino que no pertenece al camino óptimo y que está en el nuevo VSPT obtenido por el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen y que está en el dominio correspondiente al primer PCE, o entre el dominio correspondiente al primer PCE y el dominio contiguo aguas abajo; el recurso es liberado inmediatamente y no después de que finalice una duración específica, de tal modo que se reduce más el tiempo de ocupación de recursos.

15 Preferentemente, cuando determina que el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT obtenido por el PCE del dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios no es menor que el umbral de coste, el primer PCE añade una marca de final al camino cuyo coste no es menor que el umbral de coste, y el PCE del dominio aguas arriba puede determinar, de acuerdo con la marca de final, que no tiene que continuar el establecimiento de la rama de camino.

20 A continuación se describen en detalle, utilizando dos realizaciones específicas, los procesos de establecimiento de VSPT y de liberación de recursos dados a conocer por las anteriores primera a sexta realizaciones de la presente invención.

25 En una primera realización específica, basándose en una red mostrada en la figura 7, un proceso específico de establecimiento de un VSPT entre un nodo S en un dominio 1 y un nodo D en un dominio 3, y de liberación de un recurso, es como sigue:

Etapa 1: un PCE D1 hacia delante determina que una secuencia de dominios (secuencia de dominios) es D1-D2-D3, donde el método para determinar la secuencia de dominios es técnica anterior, que no se limita mediante esta realización específica.

30 Etapa 2: un PCE de cada dominio establece un VSPT de acuerdo con un proceso de cálculo de camino recursivo hacia atrás (BRPC), y el coste del camino desde un nodo raíz (el nodo D) hasta cada nodo hoja se actualiza en cada proceso de actualización de VSPT. En el proceso de actualización de VSPT, si el coste de un camino desde un nodo raíz hasta un nodo hoja supera un umbral de coste C, se interrumpe el cálculo de rutas en el nodo hoja, y la rama no crece. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 8, cuando mediante el cálculo se descubre que el coste de un camino D-A ha superado el umbral de coste C, se interrumpe el cálculo de rutas en el sentido D-A, y no se lleva a cabo el establecimiento de caminos hacia atrás que comienza en A. Después de establecer un VSPT completo, el PCE D1 notifica a un PCE D2 el VSPT completo, y el PCE D2 envía el VSPT completo a un PCE D3. El VSPT completo se muestra en la figura 8.

40 Etapa 3: un PCE (el PCE D1) del dominio en el que está localizado el nodo de origen S selecciona, de acuerdo con el VSPT generado en la etapa 2, como un camino óptimo un camino cuyo coste es mínimo, y establece el camino óptimo. En esta realización, se supone que el camino óptimo es S-O-L-H-E-D mostrado en la figura 8.

45 Etapa 4: después de que se establece el camino óptimo, el PCE (el PCE D1) del dominio en el que está localizado el nodo de origen S modifica el VSPT obtenido en la etapa 2, es decir, elimina una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el presente dominio (D1) o entre el presente dominio y un dominio contiguo aguas abajo (D2) (tomando la figura 8 como ejemplo, elimina una rama de camino S-M en D1, y elimina la rama de camino M-J entre los dominios D1 y D2); al mismo tiempo, el PCE D1 libera un recurso correspondiente a la rama de camino que se corta, actualiza el recurso en una base de datos de ingeniería de tráfico del PCE D1, y envía un VSPT podado al PCE (el PCE D2) del dominio contiguo aguas abajo.

50 Etapa 5: después de recibir el VSPT desde el PCE del dominio contiguo aguas arriba, el PCE D2 elimina una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el presente dominio, o entre el presente dominio y un dominio contiguo aguas abajo; al mismo tiempo, el PCE D2 libera un recurso correspondiente a la rama de camino que se corta, actualiza el recurso en una TED del PCE D2, y envía un VSPT podado a un PCE (el PCE D3) del dominio contiguo aguas abajo.

55 Etapa 6: después de recibir el VSPT desde el PCE del dominio contiguo aguas arriba, el PCE D3 elimina una rama de camino en el presente dominio que no pertenece al camino óptimo; al mismo tiempo, el PCE D3 libera un recurso correspondiente a la rama de camino que se corta, y actualiza el recurso en una TED del PCE D3.

En una segunda realización específica, el proceso de establecimiento de un VSPT y de selección de un camino óptimo es igual que el proceso desde la etapa 1 hasta la etapa 3 de la primera realización específica. La diferencia es que después de que se seleccione el camino óptimo, el proceso específico de liberación de un recurso es diferente.

5 En esta realización específica, después de seleccionar el camino óptimo, un PCE (un PCE D1) de un dominio en el que está localizado un nodo de origen S envía, a un dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el camino óptimo y un VSPT completo, y después de que finalice un periodo de tiempo, libera un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo seleccionado y que está en el presente dominio, o entre el presente dominio y el dominio contiguo aguas abajo.

10 Después de recibir el mensaje desde el PCE (el PCE D1) del dominio contiguo aguas arriba, un PCE D2 transfiere el mensaje a un PCE (un PCE D3) de un dominio contiguo aguas abajo, obtiene el camino óptimo y el VSPT que lleva el mensaje, y una vez que finaliza un periodo de tiempo, libera un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el presente dominio, o entre el presente dominio y el dominio contiguo aguas abajo.

15 Después de recibir el mensaje desde el PCE (el PCE D2) del dominio contiguo aguas arriba, el PCE D3 obtiene el camino óptimo y el VSPT que son transportados en el mensaje, y después de que finalice un periodo de tiempo, libera un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el presente dominio.

20 En los procesos de procesamiento de VSPT dados a conocer por las siguientes realizaciones, un recurso ocupado por una rama de camino que está en un VSPT establecido y que es irrelevante para un camino óptimo es liberado inmediatamente después de que se determine el camino óptimo, con el fin de reducir el tiempo de ocupación de recursos y de mejorar la tasa de utilización de recursos.

En una séptima realización de la presente invención, se da a conocer un PCE, y el PCE es un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen. Tal como se muestra en la figura 9, el PCE incluye principalmente:

25 una unidad de procesamiento 901, configurada para obtener un VSPT, y seleccionar un camino óptimo de acuerdo con el VSPT, donde un nodo raíz del VSPT es un nodo de destino, y un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen; y

una unidad de ejecución 902, configurada para liberar, de acuerdo con el VSPT y el camino óptimo que son obtenidos por la unidad de procesamiento 901, un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y un dominio contiguo aguas abajo.

30 En esta realización, el PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen libera inmediatamente, de acuerdo con un camino óptimo seleccionado, un recurso ocupado por una rama en un VSPT que no pertenece al camino óptimo, y no después de que finalice un periodo de tiempo, de tal modo que se reduce la duración en la que está ocupado un recurso y se mejora la tasa de utilización de recursos.

35 En una aplicación práctica, el modo de seleccionar un camino óptimo de acuerdo con un VSPT no es una cuestión en la que se centre la presente invención, y el camino óptimo se puede obtener utilizando un modo existente de adquisición del camino óptimo, lo cual no está limitado por la presente invención.

Durante una implementación específica, la unidad de ejecución actualiza el recurso liberado en una TED en el PCE.

Preferentemente, el PCE incluye además una unidad de envío 903, configurada para:

40 enviar, a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo que son obtenidos por la unidad de procesamiento 901.

El VSPT puede ser establecido utilizando un modo BRPC existente, o puede ser establecido utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones. Si el VSPT se establece utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a sexta realizaciones, se pueden reducir más los recursos ocupados, y se mejora la tasa de utilización de recursos.

45 En correspondencia con el PCE dado a conocer por la séptima realización, en una octava realización de la presente invención, se da a conocer otro PCE, y el PCE está configurado para gestionar un dominio en el que está localizado un nodo de origen. Tal como se muestra en la figura 10, el PCE incluye principalmente:

50 un procesador 1001, configurado para obtener un VSPT, seleccionar un camino óptimo de acuerdo con el VSPT, y liberar, de acuerdo con el VSPT obtenido y el camino óptimo, un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

Un nodo raíz del VSPT es un nodo de destino, y un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen.

Preferentemente, está incluido además un transceptor 1002, configurado para enviar, a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo que son obtenidos por el procesador 1001.

5 En una aplicación práctica, el modo de seleccionar un camino óptimo de acuerdo con un VSPT no es una cuestión en la que se centre la presente invención, y el camino óptimo se puede obtener utilizando un modo existente de adquisición del camino óptimo, lo cual no está limitado por la presente invención.

10 El VSPT puede ser establecido utilizando un modo BRPC existente, o puede ser establecido utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones. Si el VSPT se establece utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a sexta realizaciones, se pueden reducir más los recursos ocupados, y se mejora la tasa de utilización de recursos.

Basándose en el mismo concepto inventivo, en una novena realización de la presente invención, otro PCE es dado a conocer y está configurado para gestionar un dominio intermedio diferente a los dominios en los que está localizado un nodo de origen o un nodo de destino. Tal como se muestra en la figura 11, el PCE incluye principalmente:

15 una unidad de recepción 1101, configurada para recibir un tercer mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el tercer mensaje incluye un VSPT y un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino, que se obtienen mediante un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen, un nodo raíz del VSPT es el nodo de destino, y un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen; y

20 una unidad de ejecución 1102, configurada para liberar, de acuerdo con el VSPT y el camino óptimo que lleva el tercer mensaje recibido por la unidad de recepción 1101, un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en un dominio correspondiente al PCE, o entre el dominio correspondiente al PCE y un dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios.

25 En esta realización, el PCE de un dominio intermedio diferente a los dominios en los que está localizado un nodo de origen o un nodo de destino, libera inmediatamente, de acuerdo con un camino óptimo seleccionado, un recurso ocupado por una rama de camino en un VSPT que no pertenece al camino óptimo, y no después de que finalice un periodo de tiempo, de tal modo que se reduce la duración en la que está ocupado un recurso y se mejora la tasa de utilización de recursos. Preferentemente, el PCE incluye además una unidad de envío 1103, configurada para:

enviar, a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios de acuerdo con el VSPT y el camino óptimo que son transportados en el tercer mensaje recibido por la unidad de recepción 1101, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo.

30 El VSPT puede ser establecido utilizando un modo BRPC existente, o puede ser establecido utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones. Si el VSPT se establece utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a sexta realizaciones, se pueden reducir más los recursos ocupados, y se mejora la tasa de utilización de recursos.

35 En correspondencia con el PCE dado a conocer por la novena realización, en una décima realización de la presente invención, se da a conocer otro PCE, y el PCE está configurado para gestionar un dominio intermedio diferente a los dominios en los que está localizado un nodo de origen o un nodo de destino. Tal como se muestra en la figura 12, el PCE incluye principalmente:

40 un transceptor 1201, configurado para recibir un tercer mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el tercer mensaje incluye un VSPT y un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino, que se obtienen mediante un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen, un nodo raíz del VSPT es el nodo de destino, y un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen; y

45 un procesador 1202, configurado para liberar, de acuerdo con el VSPT y el camino óptimo que son transportados en el tercer mensaje recibido por el transceptor 1201, un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en un dominio correspondiente al PCE, o entre un dominio correspondiente al PCE y un dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios.

Preferentemente, el transceptor 1201 está configurado además para enviar, a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios de acuerdo con el VSPT y el camino óptimo transportados en el tercer mensaje, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo.

50 El VSPT puede ser establecido utilizando un modo BRPC existente, o puede ser establecido utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones. Si el VSPT se establece utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a sexta realizaciones, se pueden reducir más los recursos ocupados, y se mejora la tasa de utilización de recursos.

55 Basándose en el mismo concepto inventivo, en una undécima realización de la presente invención, se da a conocer otro PCE, y el PCE es un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de destino. Tal como se muestra en la figura 13, el PCE incluye principalmente:

una unidad de recepción 1301, configurada para recibir un cuarto mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el cuarto mensaje incluye un VSPT y un camino óptimo desde un nodo de origen al nodo de destino, que se obtienen mediante un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen, un nodo raíz del VSPT es el nodo de destino, y un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen; y

- 5 una unidad de ejecución 1302, configurada para obtener el VSPT y el camino óptimo que son transportados en un cuarto mensaje recibido por la unidad de recepción 1301, y liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de destino.

10 El VSPT puede ser establecido utilizando un modo BRPC existente, o puede ser establecido utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones. Si el VSPT se establece utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones, se pueden reducir más los recursos ocupados, y se mejora la tasa de utilización de recursos.

En correspondencia con el PCE dado a conocer por la undécima realización, en una duodécima realización de la presente invención, se da a conocer otro PCE, y el PCE está configurado para gestionar un dominio en el que está localizado un nodo de destino. Tal como se muestra en la figura 14, el PCE incluye principalmente:

- 15 un transceptor 1401, configurado para recibir un cuarto mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el cuarto mensaje incluye un VSPT y un camino óptimo desde un nodo de origen al nodo de destino, que se obtienen mediante un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen, un nodo raíz del VSPT es el nodo de destino, y un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen; y

20 un procesador 1402, configurado para obtener el VSPT y el camino óptimo que lleva el cuarto mensaje recibido por el transceptor 1401, y liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de destino.

25 El VSPT puede ser establecido utilizando un modo BRPC existente, o puede ser establecido utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones. Si el VSPT se establece utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a sexta realizaciones, se pueden reducir más los recursos ocupados, y se mejora la tasa de utilización de recursos.

Basándose en los PCE dados a conocer por la séptima, la novena y la undécima realizaciones, o basándose en los PCE dados a conocer por la octava, la décima y la duodécima realizaciones, en una decimotercera realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 15, un proceso de método específico de procesamiento de un VSPT mediante un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de origen, es como sigue:

- 30 Etapa 1501: el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen obtiene el VSPT, y selecciona un camino óptimo de acuerdo con el VSPT.

Un nodo raíz del VSPT es un nodo de destino, y un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen.

35 En una aplicación práctica, el modo de seleccionar un camino óptimo de acuerdo con un VSPT no es una cuestión en la que se centre la presente invención, y el camino óptimo se puede obtener utilizando un modo existente de adquisición del camino óptimo, lo cual no está limitado por la presente invención.

Etapa 1502: liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y un dominio contiguo aguas abajo.

40 Durante una implementación específica, el recurso ocupado por la rama de camino, liberado, es actualizado en una TED del PCE.

Preferentemente, el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen envía, a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo.

45 El VSPT puede ser establecido utilizando un modo BRPC existente, o puede ser establecido utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones. Si el VSPT se establece utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones, se pueden reducir más los recursos ocupados, y se mejora la tasa de utilización de recursos.

50 Basándose en un mismo concepto inventivo, en una decimocuarta realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 16, un proceso de método específico de procesamiento de un VSPT mediante un PCE de un dominio intermedio diferente a los dominios en los que está localizado un nodo de origen o un nodo de destino, es como sigue:

Etapa 1601: un primer PCE recibe un tercer mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el tercer mensaje incluye un VSPT y un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino, que son obtenidos por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen.

Un nodo raíz del VSPT es un nodo de destino, y el nodo hoja del VSPT es el nodo de origen.

Etapa 1602: el primer PCE libera un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en un dominio correspondiente al primer PCE, o entre un dominio correspondiente al primer PCE y un dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios.

- 5 Durante una implementación específica, el recurso ocupado por la rama de camino, liberado, es actualizado en una TED del primer PCE.

Preferentemente, el primer PCE envía, a un PCE del dominio contiguo aguas abajo en la secuencia de dominios, un mensaje que lleva el VSPT y el camino óptimo.

- 10 El VSPT puede ser establecido utilizando un modo BRPC existente, o puede ser establecido utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones. Si el VSPT se establece utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones, se pueden reducir más los recursos ocupados, y se mejora la tasa de utilización de recursos.

- 15 Basándose en un mismo concepto inventivo, en una decimoquinta realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 17, un proceso de método detallado de procesamiento de un VSPT mediante un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de destino, es como sigue:

Etapa 1701: el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de destino recibe un cuarto mensaje enviado por un PCE de un dominio contiguo aguas arriba en una secuencia de dominios, donde el cuarto mensaje incluye un VSPT y un camino óptimo desde un nodo de origen al nodo de destino, que son obtenidos por un PCE de un dominio en el que está localizado el nodo de origen.

- 20 Un nodo raíz del VSPT es un nodo de destino, y un nodo hoja del VSPT es el nodo de origen.

Etapa 1702: el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de destino libera un recurso ocupado por una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de destino.

- 25 Durante una implementación específica, el recurso ocupado por la rama de camino, liberado, se actualiza en una TED del PCE del dominio en el que está localizado el nodo de destino.

En esta realización, después de obtener un camino óptimo, un PCE de un dominio en el que está localizado un nodo de destino libera inmediatamente, de acuerdo con el camino óptimo, un recurso ocupado por una rama de camino que es irrelevante para el camino óptimo, y no después de que finalice una duración específica, con el fin de reducir el tiempo de ocupación de recursos y mejorar la tasa de utilización de recursos.

- 30 El VSPT puede ser establecido utilizando un modo BRPC existente, o puede ser establecido utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones. Si el VSPT se establece utilizando los modos de establecimiento de VSPT dados a conocer por la primera a la sexta realizaciones, se pueden reducir más los recursos ocupados, y se mejora la tasa de utilización de recursos.

- 35 A continuación se describen en detalle, utilizando una realización específica, los procesos de procesamiento de VSPT dados a conocer por las anteriores séptima a decimoquinta realizaciones.

En esta realización específica, basándose en una red mostrada en la figura 7, un proceso específico de establecimiento de un VSPT entre un nodo S en un dominio 1 y un nodo D en un dominio 3, y de liberación de un recurso, es como sigue:

- 40 Etapa 1: un PCE correspondiente al nodo de origen S, es decir, un PCE D1, envía un mensaje de solicitud de cálculo de camino (PCReq), donde el mensaje de solicitud de cálculo de camino se utiliza para solicitar el cálculo de un camino óptimo desde S hasta D.

Etapa 2: el PCE D1 hacia delante determina que una secuencia de dominios (secuencia de dominios) es D1-D2-D3.

Etapa 3: establecer un VSPT en un modo BRPC, y el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen obtiene un VSPT completo, donde el VSPT se muestra en la figura 18.

- 45 Etapa 4: el PCE (el PCE D1) del dominio en el que está localizado el nodo de origen S selecciona como camino óptimo, de acuerdo con el VSPT establecido, un camino cuyo coste es mínimo, y establece el camino óptimo. Se supone que el camino óptimo es S-O-L-H-E-D mostrado en la figura 18.

- 50 Etapa 5: después de que se establezca el camino óptimo, el PCE (el PCE D1) del dominio en el que está localizado el nodo de origen modifica el VSPT completo, es decir, elimina una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el presente dominio (D1) o entre el presente dominio y un dominio aguas abajo (D2) (tomando la figura 18 como ejemplo, elimina las ramas de camino S-M y S-N que están en D1, y elimina las ramas de camino M-J y N-K que están entre D1 y D2), y envía un VSPT podado a un PCE (un PCE D2) del dominio contiguo

aguas abajo; al mismo tiempo, el PCE D1 libera un recurso ocupado mediante la rama de camino eliminada, actualiza el recurso en una TED del PCE D1; además, el PCE (el PCE D1) del dominio en el que está localizado el nodo de origen envía, al dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el VSPT completo y el camino óptimo.

5 Etapa 6: el PCE (el PCE D2) del dominio contiguo aguas abajo recibe el mensaje desde el PCE D1, obtiene el VSPT completo y el camino óptimo que son transportados en el mensaje, elimina una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el presente dominio, o entre el presente dominio y un dominio contiguo aguas abajo, libera un recurso ocupado mediante la rama de camino eliminada, actualiza el recurso liberado en una TED del PCE D2, y envía, a un PCE (un PCE D3) del dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el VSPT completo y el camino óptimo.

10 Etapa 7: el PCE D3 recibe el mensaje procedente del PCE D2, obtiene el VSPT completo y el camino óptimo que son transportados en el mensaje, elimina una rama de camino en el VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el presente dominio, libera un recurso ocupado mediante la rama de camino eliminada, y actualiza el recurso liberado en una TED del PCE D3.

15 Basándose en la solución técnica anterior, en el proceso de establecimiento de VSPT dado a conocer por esta realización de la presente invención, en un proceso de establecimiento de un VSPT, se compara el coste de un camino establecido desde un nodo raíz (un nodo de destino) hasta un nodo hoja, con un umbral de coste preestablecido, y cuando se determina que el coste es menor que el umbral de coste, se añade una nueva rama de camino al VSPT establecido, de tal modo que se reducen las ramas de camino en el VSPT establecido, con el fin de reducir los recursos ocupados y de mejorar la tasa de utilización de recursos.

20 Basándose en la solución técnica anterior, en el proceso de procesamiento de VSPT dado a conocer por esta realización de la presente invención, un recurso ocupado por una rama de camino que está en un VSPT establecido y es irrelevante para un camino óptimo es liberado inmediatamente después de que se obtenga el camino óptimo, con el fin de reducir el tiempo de ocupación de recursos y de mejorar la tasa de utilización de recursos.

25 Un experto en la materia comprenderá que las realizaciones de la presente invención se pueden disponer como un método, un sistema o un producto de programa informático. Por lo tanto, la presente invención puede utilizar una clase de realizaciones solamente de hardware, realizaciones solamente de software, o realizaciones con una combinación de software y hardware. Además, la presente invención puede utilizar una clase de producto de programa informático que se implementa en uno o varios medios de almacenamiento utilizable por ordenador (que incluye, de forma no limitativa, una memoria de disco, una memoria óptica y similares) que incluyen código de programa utilizable por
30 ordenador.

La presente invención se describe haciendo referencia a los diagramas de flujo y/o diagramas de bloques del método, el dispositivo (sistema) y el producto de programa informático, de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. Se debe entender que las instrucciones de programa informático pueden ser utilizadas para implementar cada proceso y/o cada bloque en los diagramas de flujo y/o en los diagramas de bloque, y en una combinación de un
35 proceso y/o de un bloque en los diagramas de flujo y/o en los diagramas de bloque. Estas instrucciones de programa informático se pueden disponer para un ordenador de propósito general, un ordenador dedicado, un ordenador integrado, o un procesador de cualquier otro dispositivo de procesamiento de datos programable, para generar una máquina, de tal modo que las instrucciones ejecutadas por un ordenador o un procesador de cualquier otro dispositivo programable de procesamiento de datos genere un aparato para implementar una función específica en uno o varios procesos de los diagramas de flujo y/o en uno o varios bloques de los diagramas de bloques.
40

Estas instrucciones de programa informático se pueden almacenar en una memoria legible por ordenador que puede instruir al ordenador o a cualquier otro dispositivo programable de procesamiento de datos para que funcione de una manera específica, de tal modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador generan un artefacto que incluye un aparato de instrucciones. El aparato de instrucciones implementa una función específica en
45 uno o varios procesos de los diagramas de flujo y/o en uno o varios bloques de los diagramas de bloques.

Estas instrucciones de programa informático se pueden cargar en un ordenador u otro dispositivo programable de procesamiento de datos, de tal modo que se llevan a cabo una serie de operaciones y etapas en el ordenador o en el otro dispositivo programable, generando de ese modo un procesamiento implementado por ordenador. Por lo tanto, las instrucciones ejecutadas en el ordenador o en el otro dispositivo programable proporcionan etapas para
50 implementar una función específica en uno o varios procesos de los diagramas de flujo y/o en uno o varios bloques de los diagramas de bloques.

Obviamente, un experto en la materia puede realizar diversas modificaciones y variaciones a la presente invención sin apartarse del alcance de la presente invención. En este caso, la presente invención prevé abarcar estas modificaciones y variaciones siempre que queden dentro del alcance de protección definido por las reivindicaciones adjuntas.

55

REIVINDICACIONES

1. Un elemento de cálculo de camino, PCE, que comprende:

una unidad de procesamiento (101), configurada para determinar si el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un árbol virtual de caminos más cortos, VSPT, obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios, es menor que un umbral de coste, en el que el nodo raíz es un nodo de destino, el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con un dominio en el que está localizado un nodo de origen, la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados desde el nodo de origen al nodo de destino, aguas abajo se refiere al sentido desde el nodo de origen al nodo de destino, y el PCE es un PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen;

una unidad de ejecución (102), configurada para añadir al VSPT una rama de camino desde el nodo hoja hasta el nodo de origen, cuando la unidad de procesamiento determina que el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, con el fin de obtener un nuevo VSPT;

que comprende además una unidad de recepción (103), configurada para:

recibir un mensaje que es enviado por el PCE del dominio contiguo aguas abajo y que lleva el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT, y enviar el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT a la unidad de procesamiento.

2. El PCE según la reivindicación 1, en el que la unidad de ejecución (102) está configurada además para:

seleccionar un camino óptimo del nodo de origen al nodo de destino de acuerdo con el nuevo VSPT; y

el PCE comprende además una unidad de envío (104), configurada para:

enviar, al PCE del dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el camino óptimo seleccionado por la unidad de ejecución.

3. El PCE según la reivindicación 2, que comprende además una unidad de liberación de recursos (105), configurada para:

después de que la unidad de ejecución (102) selecciona el camino óptimo, liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

4. Un método de establecimiento de un árbol virtual de caminos más cortos, que comprende:

determinar, mediante un elemento de cálculo de camino, PCE, un dominio en el que está localizado un nodo de origen, si el coste de un camino desde un nodo raíz a un nodo hoja en un árbol virtual de caminos más cortos, VSPT, obtenido por un PCE de un dominio contiguo aguas abajo en una secuencia de dominios es menor que un umbral de coste (etapa 501), en donde el nodo raíz es un nodo de destino, el nodo hoja es un nodo límite que está en el dominio contiguo aguas abajo y que tiene un enlace entre dominios con el dominio en el que está localizado el nodo de origen, y la secuencia de dominios es una secuencia de dominios atravesados desde el nodo de origen al nodo de destino; y

añadir, mediante el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, una rama de camino desde el nodo hoja al nodo de origen, al VSPT si el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja es menor que el umbral de coste, con el fin de obtener un nuevo VSPT (etapa 502), en donde

aguas abajo se refiere al sentido desde el nodo de origen al nodo de destino;

en el que el método comprende además:

recibir, mediante el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, un mensaje que es enviado por el PCE del dominio contiguo aguas abajo y que lleva el VSPT y el coste del camino del nodo raíz al nodo hoja en el VSPT.

5. El método según la reivindicación 4, en el que el método comprende además:

seleccionar, mediante el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen, un camino óptimo desde el nodo de origen al nodo de destino de acuerdo con el nuevo VSPT, y enviar, al PCE del dominio contiguo aguas abajo, un mensaje que lleva el camino óptimo.

6. El método según la reivindicación 5, en el que el método comprende además:

después de que el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen seleccione el camino óptimo, liberar un recurso ocupado por una rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

7. El método según la reivindicación 6, en el que el método comprende específicamente:

después de que el PCE del dominio en el que está localizado el nodo de origen seleccione el camino óptimo y después de que finalice una duración específica, liberar el recurso ocupado por la rama de camino en el nuevo VSPT que no pertenece al camino óptimo y que está en el dominio en el que está localizado el nodo de origen o entre el dominio en el que está localizado el nodo de origen y el dominio contiguo aguas abajo.

5

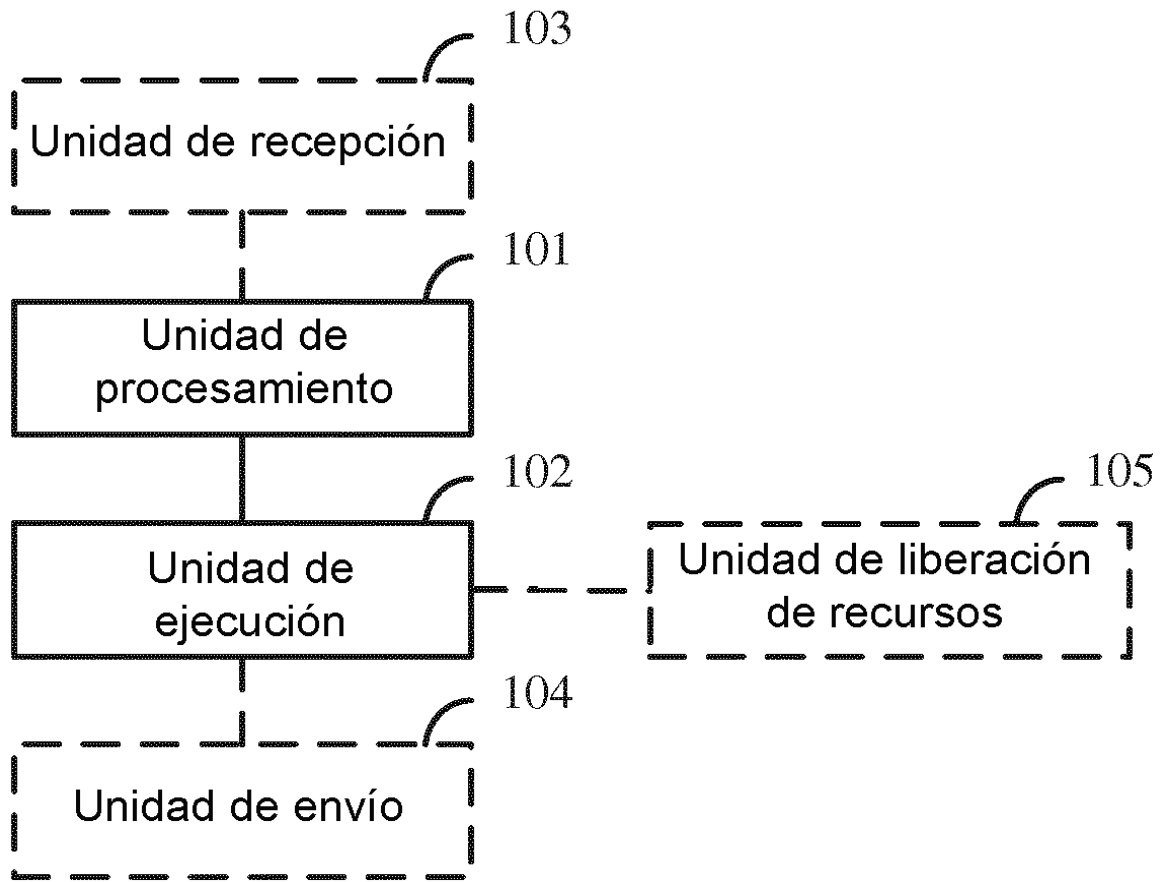


FIG. 1

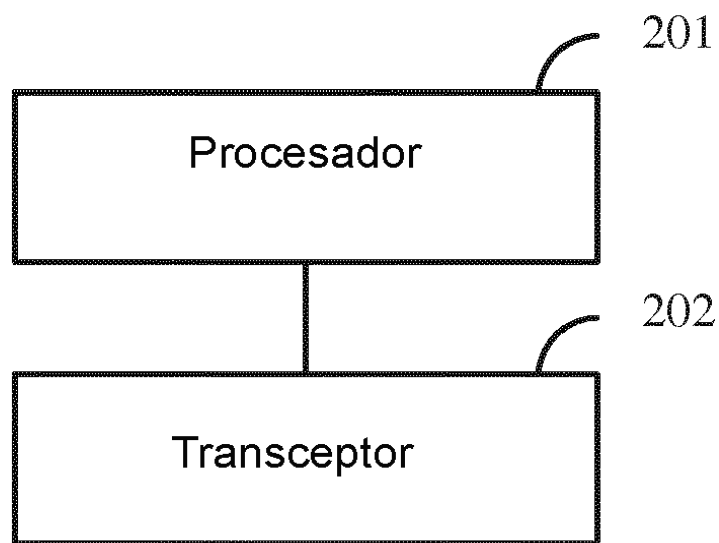


FIG. 2

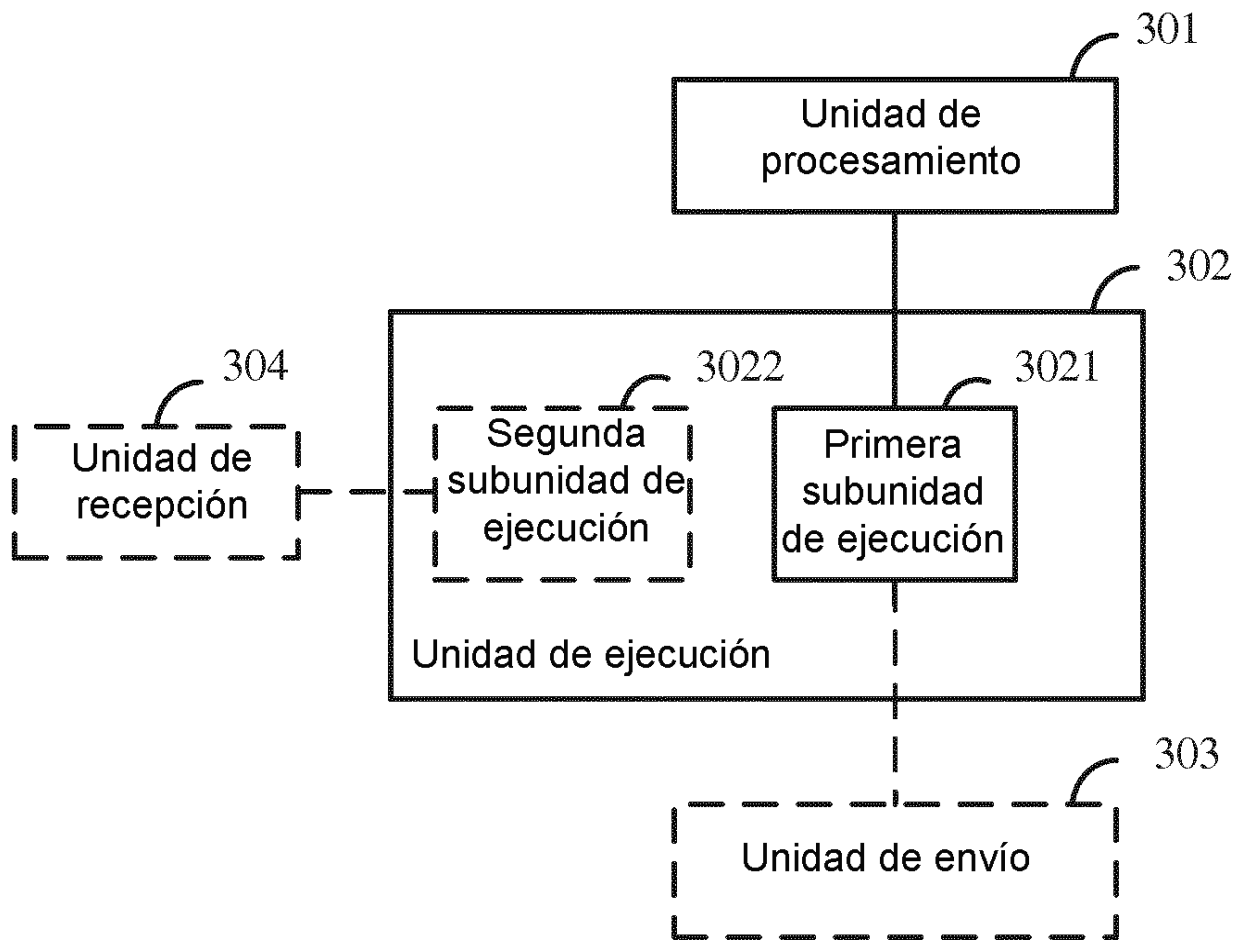


FIG. 3

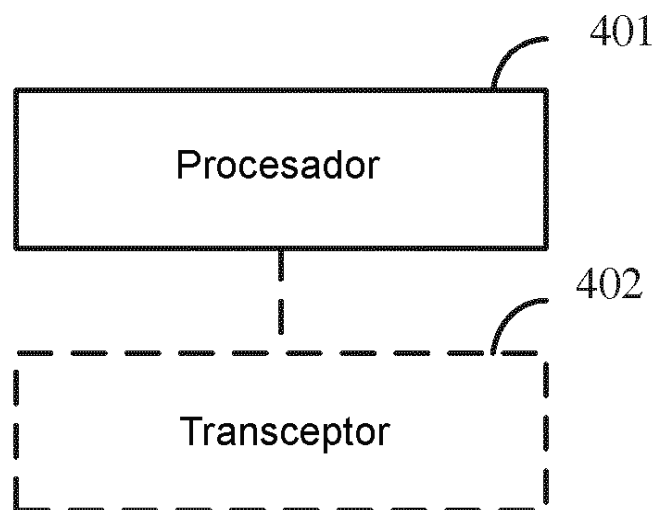


FIG. 4

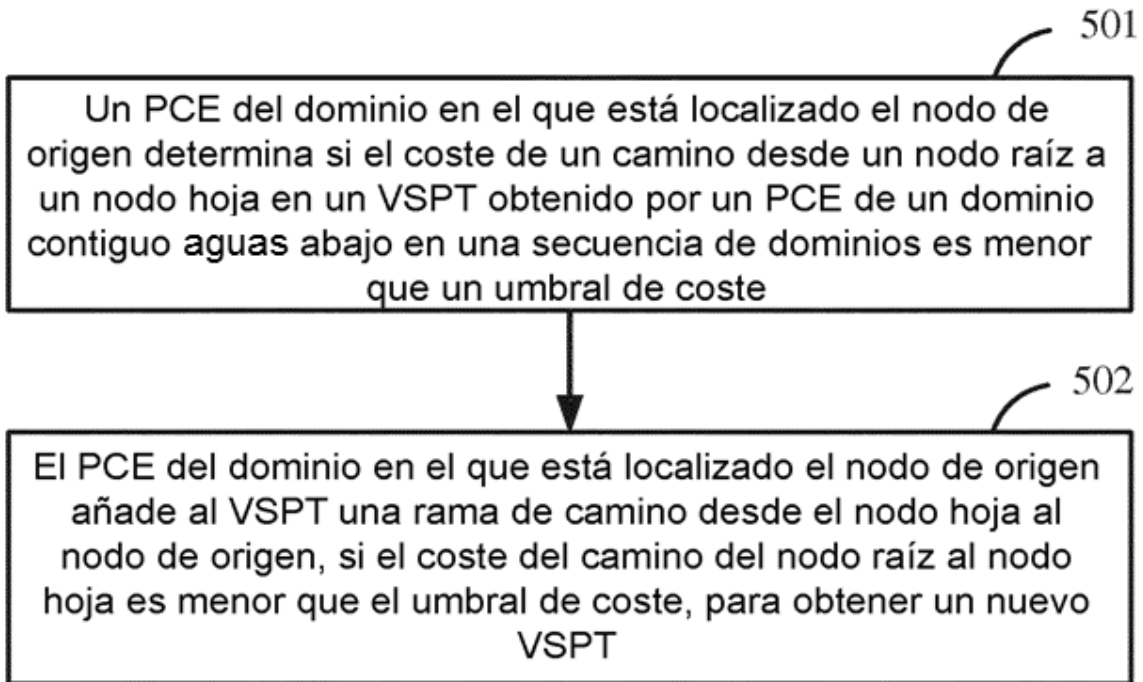


FIG. 5

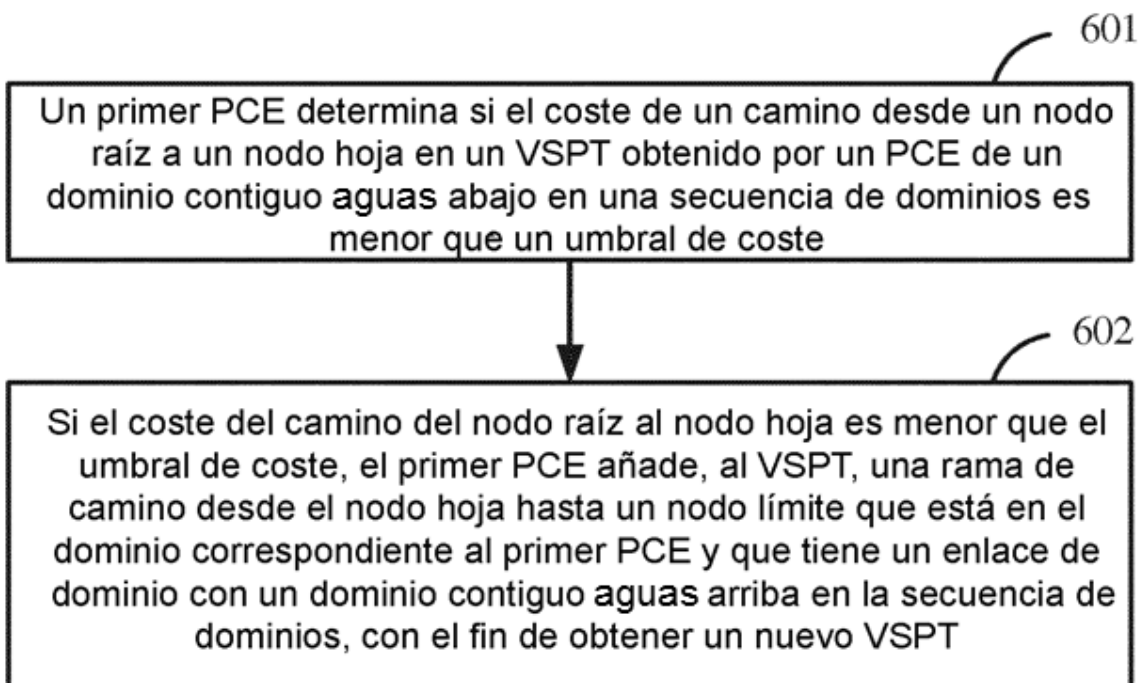


FIG. 6

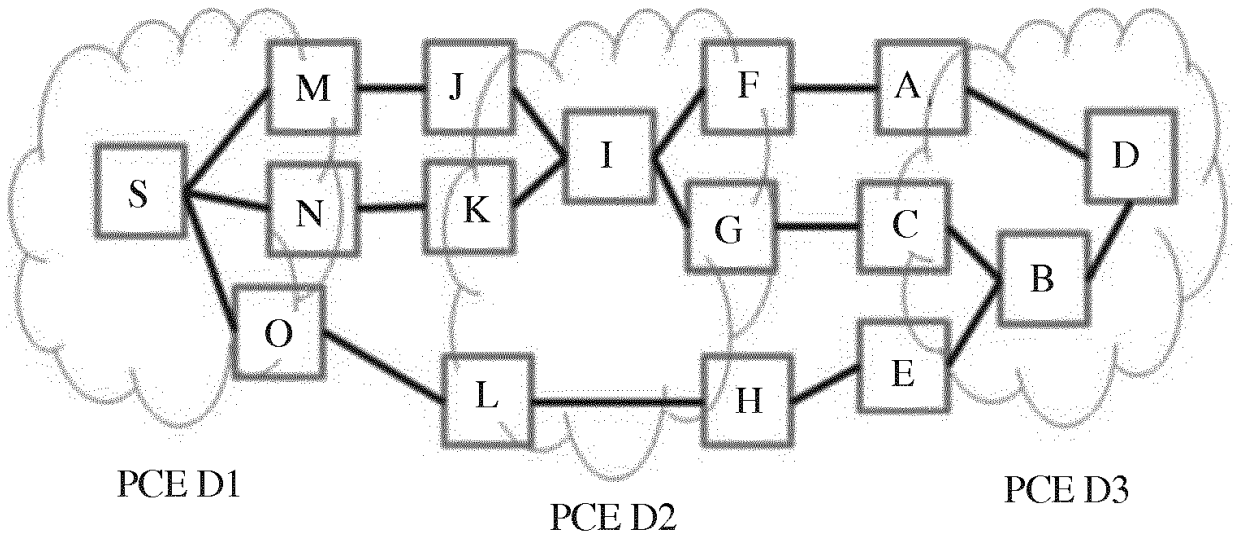


FIG. 7

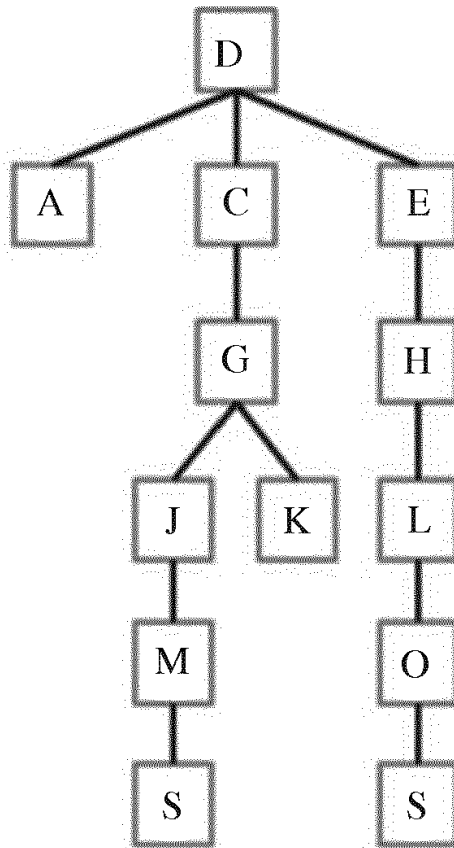


FIG. 8

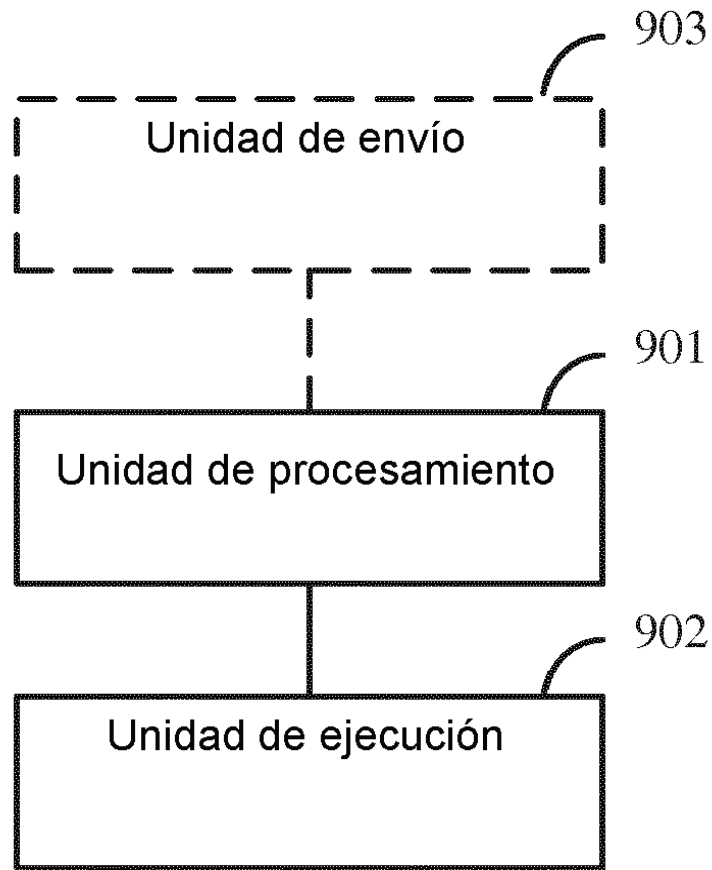


FIG. 9

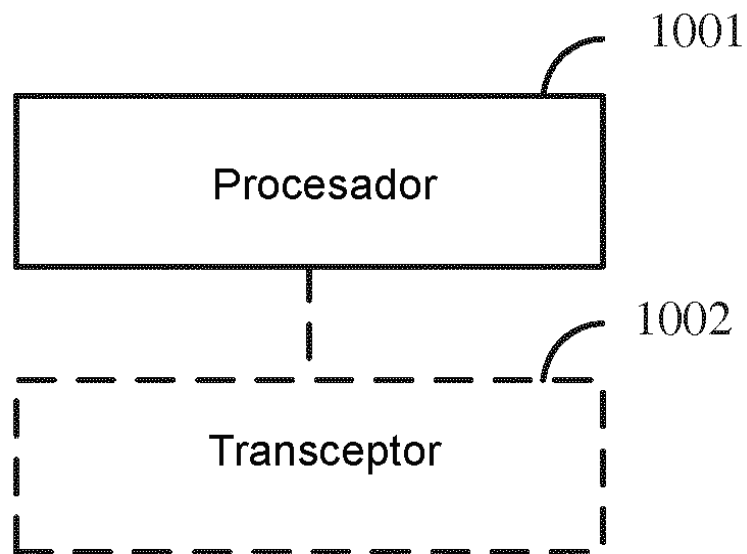


FIG. 10

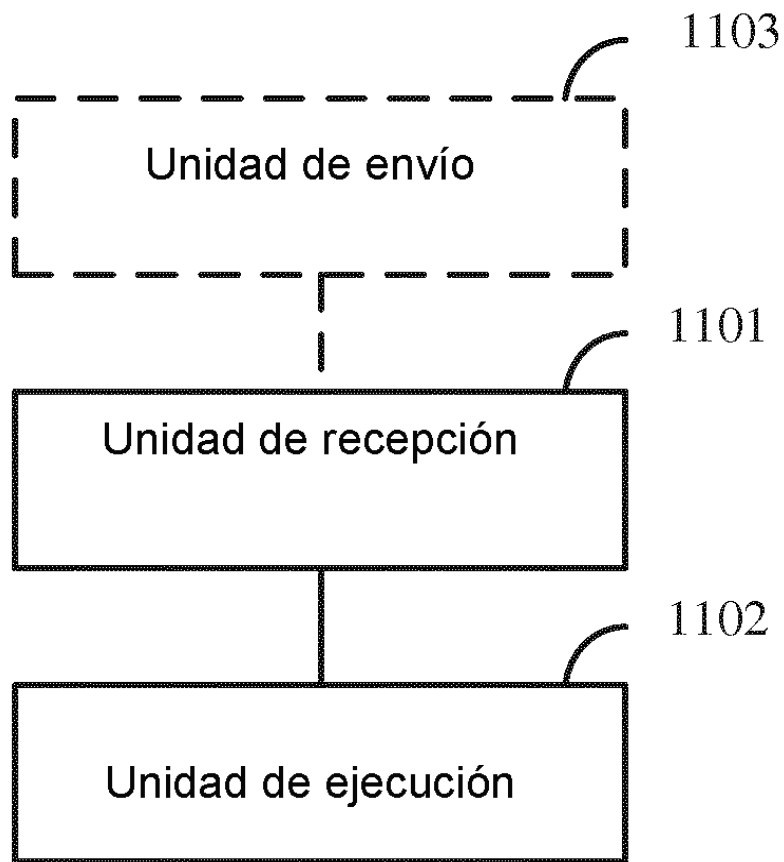


FIG. 11

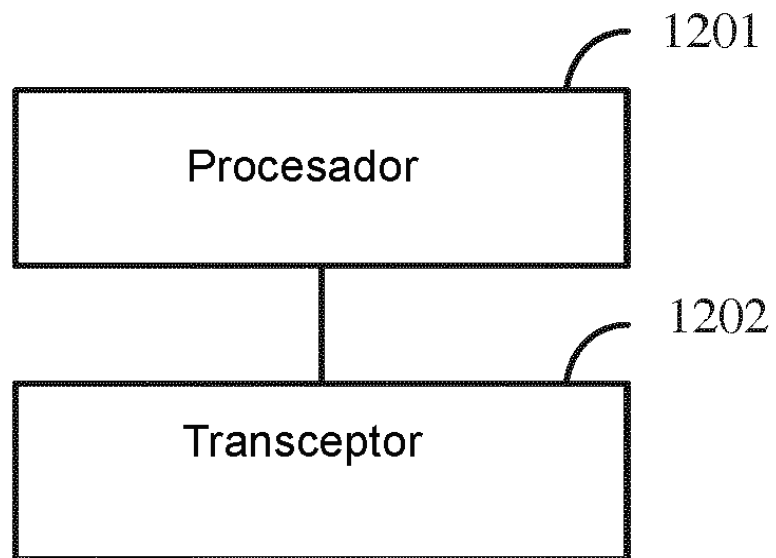


FIG. 12

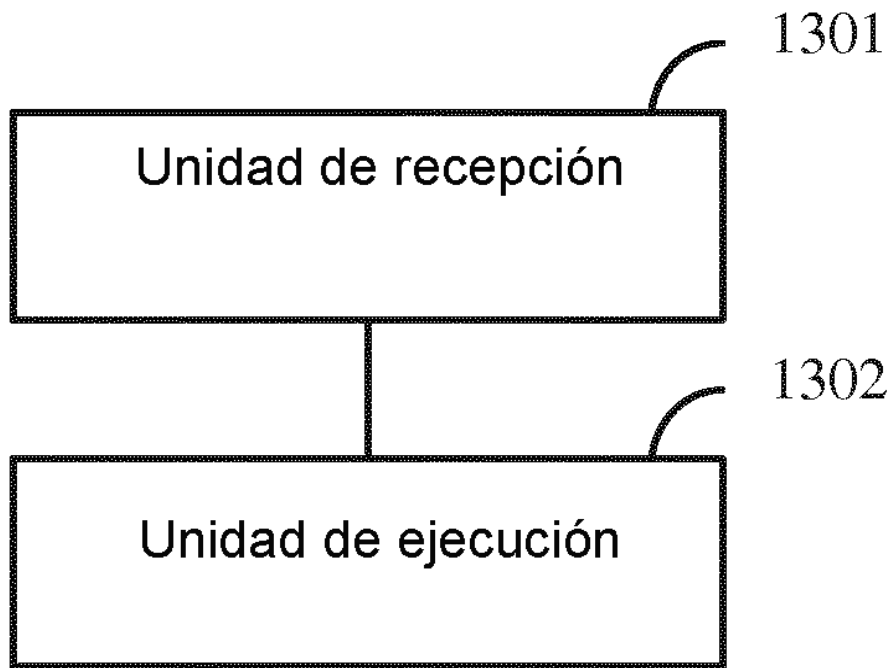


FIG. 13

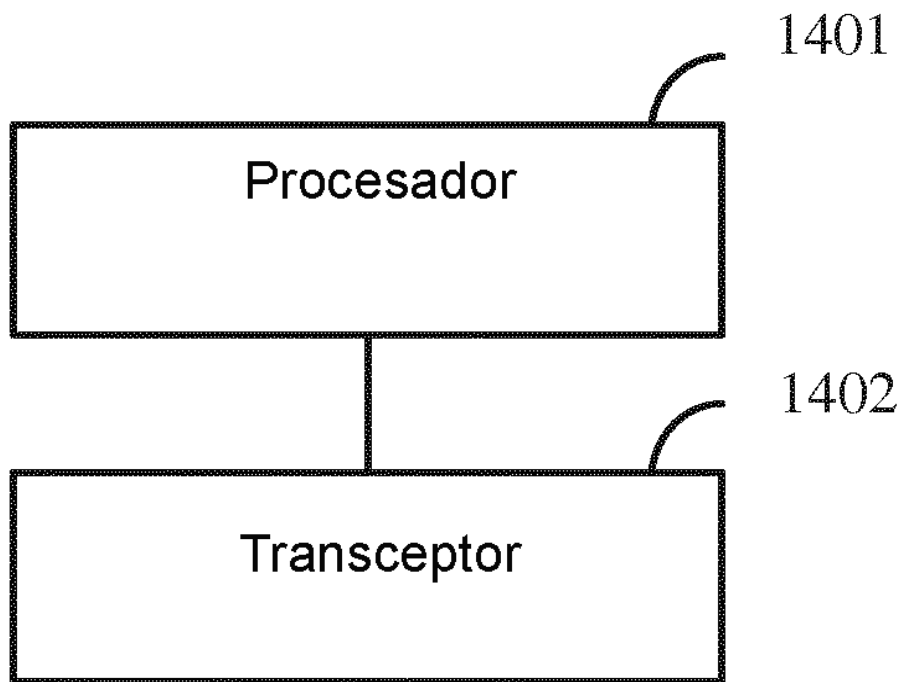


FIG. 14

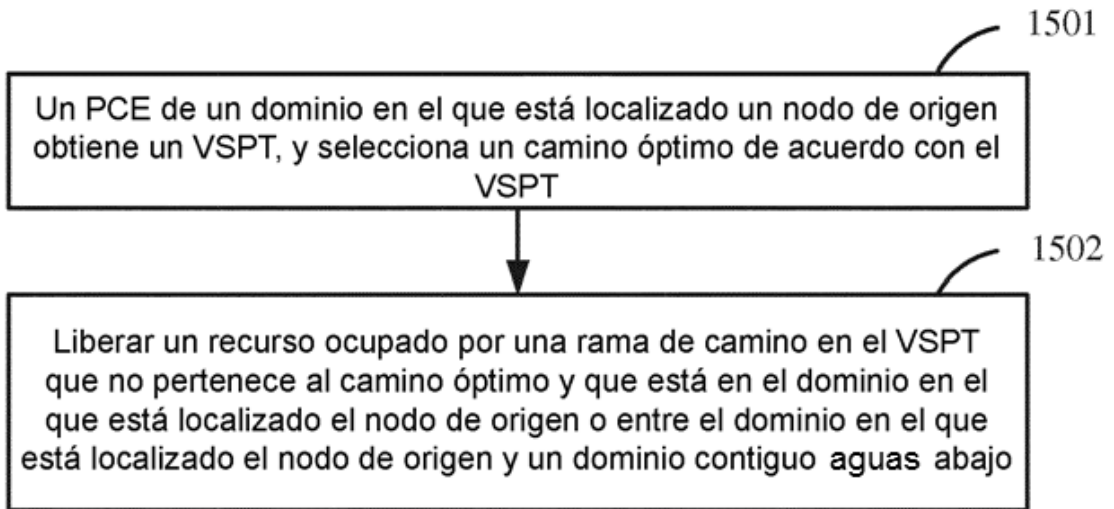


FIG. 15

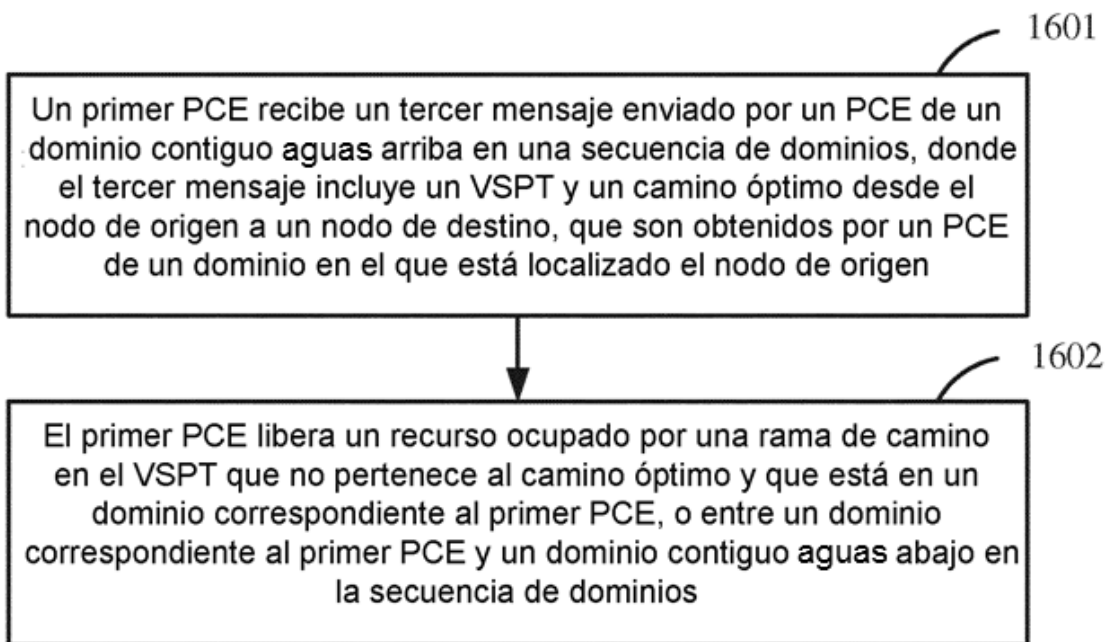


FIG. 16

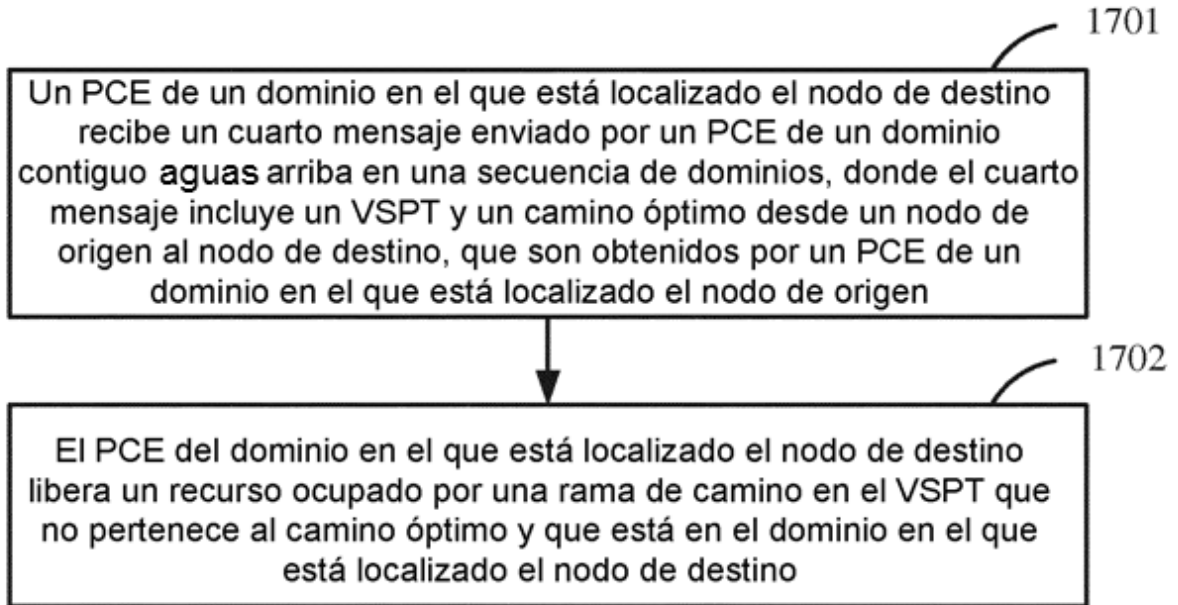


FIG. 17

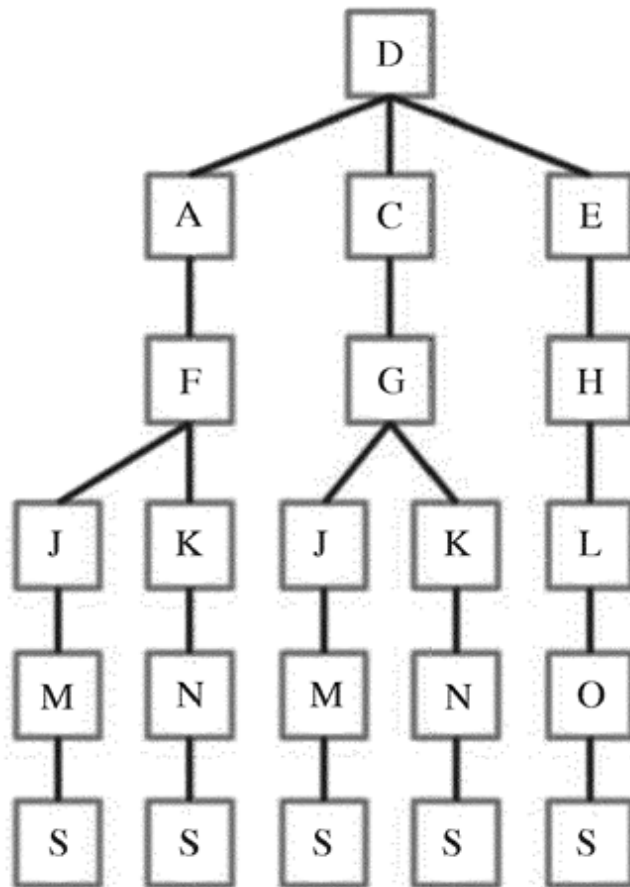


FIG. 18