

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 595 213**

51 Int. Cl.:

H04L 12/24 (2006.01)
H04L 12/70 (2013.01)
H04L 12/931 (2013.01)
H04L 12/937 (2013.01)
H04L 12/725 (2013.01)
H04L 12/751 (2013.01)
H04L 12/717 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2010 PCT/JP2010/006878**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2011 WO11080871**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2010 E 10840731 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2521309**

54 Título: **Sistema de comunicaciones y método de generación de información de topología**

30 Prioridad:

28.12.2009 JP 2009298853

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

28.12.2016

73 Titular/es:

**NEC CORPORATION (100.0%)
7-1, Shiba 5-chome
Minato-ku, Tokyo 108-8001, JP**

72 Inventor/es:

KOIDE, TOSHIO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 595 213 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de comunicaciones y método de generación de información de topología

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un sistema de comunicación que incluye una pluralidad de unidades de transferencia de paquetes y una unidad de control para controlar las unidades de transferencia de paquetes. La invención también se refiere a una unidad de transferencia de paquetes, unidad de control, método de creación de información de topología, y programa de uso de unidad de control aplicado al sistema de comunicación.

Antecedentes de la técnica

Existe un sistema de comunicación que incluye una pluralidad de conmutadores que cada uno transfiere un paquete, y una unidad de control que controla cada conmutador, en el sistema de comunicación del cual, la unidad de control establece información de entrada de flujo en cada conmutador y el conmutador transfiere un paquete recibido de acuerdo con la información de entrada de flujo. La información de entrada de flujo proporciona el tipo de procesamiento (por ejemplo, transferir, descartar, actualizar u otros) que el paquete recibido ha de experimentar, dependiendo de un encabezamiento del paquete. Un sistema de comunicación de este tipo requiere un canal de control usado para que la unidad de control controle el conmutador. Por ejemplo, si el conmutador recibe un paquete no definido en la información de entrada de flujo, el conmutador notifica esto a la unidad de control y a continuación la unidad de control transmite información de entrada de flujo apropiada al conmutador de acuerdo con el paquete particular. El canal de control se usa para fines tales como la notificación desde el conmutador a la unidad de control y la transmisión de información de entrada de flujo desde la unidad de control al conmutador. El protocolo usado para que la unidad de control controle el conmutador se denomina OpenFlow. El conmutador puede considerarse como una unidad de transferencia de paquetes que transfiere el paquete. El canal de control es equivalente a un "canal seguro" en el protocolo OpenFlow. También, la unidad de control se denomina el controlador en OpenFlow.

Las especificaciones de OpenFlow se describen en el Documento no de Patente 1. Se proporciona en las especificaciones de OpenFlow que la unidad de control y el conmutador deberían usar SSL (Capa de Conexión Segura) para comunicar en TCP (Protocolo de Control de Transmisión) del número de puerto 6633. Por consiguiente, los sistemas de comunicación a los que se aplica el protocolo OpenFlow comúnmente incluyen dos redes de comunicaciones independientes. Una es una red de comunicaciones con una pluralidad de conmutadores para transferir paquetes en orden, y la otra es una red de comunicaciones que opera como el canal de control entre la unidad de control y cada conmutador. La Figura 20 es un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de un sistema de comunicación general al que se aplica el protocolo OpenFlow. Cada uno de los conmutadores 92 mostrados en la Figura 20 usa una red de comunicaciones de transferencia de paquetes 94 para transferir el paquete recibido a otros conmutadores de acuerdo con la información de entrada de flujo. Además, se proporciona una red de comunicaciones de control 93 para servir como el canal de control independientemente de la red de comunicaciones de transferencia de paquetes 94, y una unidad de control 91 controla cada conmutador 92 mediante la red de comunicaciones de control 93. La red de comunicaciones de control 93 usa un protocolo de encaminamiento tal como STP (Protocolo del Árbol de Expansión), TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet), RIP (Protocolo de Información de Encaminamiento), u OSPF (Primer Trayecto Más Corto Abierto).

Adicionalmente, en el sistema de comunicación mostrado a modo de ejemplo en la Figura 20, cuando se cambia una topología de los conmutadores, cada conmutador intercambia tramas de control en el sistema de comunicación y reconoce una nueva topología. Ejemplos de una trama de control para reconocer la topología incluyen, por ejemplo, BPDUs (Unidad de Datos de Protocolo de Puente) en STP, y otros.

El Documento de Patente 1 desvela un sistema que incluye aparato de gestión y aparatos de comunicación de paquetes. El aparato de gestión transmite mensaje de solicitud de información de topología. La dirección de destino del mensaje de solicitud de información de topología es una dirección de difusión. El aparato de gestión recibe mensaje de notificación de información de topología.

El Documento de Patente 2 desvela un método de operación de red para gestionar redes. En el método, se anuncian eventos que corresponden a cambios en el estado de la red y uno o más elementos de red pueden configurarse en consecuencia.

El Documento de Patente 3 desvela un dispositivo para interconectar dispositivos de red. El dispositivo tiene una pluralidad de tablas de dirección que corresponden a unos respectivos de una pluralidad de puertos. Cuando un dispositivo de red se conecta nuevamente a un puerto, se establece información de dirección del dispositivo de red en una tabla de dirección correspondiente.

El Documento de Patente 4 desvela un generador de topología de red que identifica direcciones y localizaciones de múltiples estaciones conectadas a un único puerto de acceso de una red de comunicaciones.

El Documento no de patente 2 describe OpenFlow.

Lista de citas

5 **Bibliografía de patente**

Documento de Patente 1: documento US 2007/0076634 A1
 Documento de Patente 2: documento WO 2009/042919 A2
 Documento de Patente 3: documento US 2005/220100 A1
 10 Documento de Patente 4: documento EP 2 521 308 A1

Bibliografía no de patente

15 Documento no de Patente 1 "OpenFlow Switch Specification Version 0.9.0", "4.4 Encryption", 20 de julio de 2009 (Buscado el 6 de octubre de 2011), Internet <<http://www.openflowswitch.org/documents/openflow-spec-v0.9.0.pdf>>
 Documento no de Patente 2 "OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks"

Sumario de la invención

20 Problema técnico

El sistema de comunicación general basado en OpenFlow en la Figura 20 usa la red de comunicaciones de control 93 y la red de comunicaciones de transferencia de paquetes 94. Sin embargo, en un sistema de comunicación que incluye una pluralidad de unidades de transferencia de paquetes y una unidad de control que controla cada unidad de transferencia de paquetes, se prefiere que la red de comunicaciones usada para cada unidad de transferencia de paquetes para transferir paquetes, y la red de comunicaciones usada para la unidad de control para controlar cada unidad de transferencia de paquetes debieran integrarse en una clase.

30 Por consiguiente, la presente invención se pretende para proporcionar: un sistema de comunicación que incluye una pluralidad de unidades de transferencia de paquetes y una unidad de control que controla cada unidad de transferencia de paquetes, estando configurado el sistema de comunicación de modo que una red de comunicaciones usada para cada unidad de transferencia de paquetes para transferir paquetes, y una red de comunicaciones usada para la unidad de control para controlar cada unidad de transferencia de paquetes pueden integrarse en una clase; y una unidad de transferencia de paquetes, unidad de control, método de creación de información de topología, y programa de uso de unidad de control aplicados al sistema de comunicación.

Solución al problema

40 Un sistema de comunicación de acuerdo con la presente invención, un sistema de comunicación que comprende una pluralidad de conmutadores (20a, 20b, 20c, 20d) y una unidad de control (10) que controla cada uno de los conmutadores, caracterizado por que la unidad de control incluye un medio de transmisión de solicitud de respuesta (11) que transmite una solicitud de respuesta al conmutador, un medio de recepción de respuesta (11) que recibe una respuesta que incluye información sobre puertos proporcionados en el conmutador, desde el conmutador, un medio de creación de información de topología (12) que crea información de topología, basándose en la respuesta transmitida desde cada conmutador, incluyendo la información de topología información de interconexión de puerto con relación a puertos proporcionados en la unidad de control y cada puerto de los conmutadores, y un medio de determinación de canal de control (14) que determina un canal de control para mensajes de control, usando una red de comunicación que los conmutadores usan para transferir paquetes, basándose en la información de topología y el conmutador incluye un medio de transferencia (21) que transfiere la solicitud de respuesta desde un puerto distinto a través del que se ha recibido la solicitud de respuesta, cuando se recibe la solicitud de respuesta, y un medio de transmisión de respuesta (21) que devuelve la respuesta que incluye información sobre los puertos del conmutador, transmitiéndose la respuesta a través de una ruta para la unidad de control, cuando se recibe la solicitud de respuesta y la unidad de control transmite mensajes de control a cada conmutador y recibe mensajes de control desde cada conmutador, mediante el canal de control que se determina usando la red de comunicación.

Una unidad de control de acuerdo con la presente invención controla una unidad de control que controla una pluralidad de conmutadores, caracterizada por que la unidad de control comprende un medio de transmisión de solicitud de respuesta (11) que transmite una solicitud de respuesta al conmutador, un medio de recepción de respuesta (11) que recibe una respuesta que incluye información sobre puertos proporcionados en el conmutador, desde el conmutador, un medio de creación de información de topología (12) que crea información de topología, basándose en la respuesta transmitida desde cada conmutador, incluyendo la información de topología información de interconexión de puerto con relación a puertos proporcionados en la unidad de control y cada puerto de los conmutadores, un medio de determinación de canal de control (14) que determina un canal de control para mensajes de control, usando una red de comunicación que los conmutadores usan para transferir paquetes, basándose en la información de topología, y un medio (15) que transmite mensajes de control a cada conmutador y

recibe mensajes de control desde cada conmutador, mediante el canal de control que se determina usando la red de comunicación.

5 Un conmutador de acuerdo con otro aspecto más de la presente invención, un conmutador controlado por una unidad de control en OpenFlow, caracterizado por que el conmutador comprende un medio de transferencia (21) que transfiere la solicitud de respuesta desde un puerto distinto a través del que se ha recibido la solicitud de respuesta, cuando se recibe la solicitud de respuesta desde la unidad de control, un medio de transmisión de respuesta (21) que devuelve la respuesta que incluye información sobre los puertos del conmutador, transmitiéndose la respuesta a través de una ruta para la unidad de control, cuando se recibe la solicitud de respuesta desde la unidad de control, y
10 un medio (25) que transmite y recibe mensajes de control mediante un canal de control que se determina mediante la unidad de control usando una red de comunicación que el conmutador usa para transferir paquetes, basándose en información de topología.

15 Un método de control implementado mediante una unidad de control (10) que controla una pluralidad de conmutadores (20a, 20b, 20c, 20d), caracterizado por que la unidad de control ejecuta la transmisión de una solicitud de respuesta a cada conmutador que recibe, desde el conmutador, una respuesta que incluye información sobre puertos proporcionados en el conmutador que crea información de topología, basándose en la respuesta transmitida desde cada conmutador, incluyendo la información de topología información de interconexión de puerto con relación a puertos proporcionados en la unidad de control y cada puerto de los conmutadores y determinar un
20 canal de control para mensajes de control, usando una red de comunicación que los conmutadores usan para transferir paquetes, basándose en la información de topología.

25 Un programa de uso de unidad de control de acuerdo con la presente invención se pretende que se instale en un ordenador, un programa de uso de unidad de control instalado en un ordenador que es una unidad de control (10) que controla una pluralidad de conmutadores (20a, 20b, 20c, 20d), caracterizado por que el programa que provoca que el ordenador ejecute la transmisión de una solicitud de respuesta a cada conmutador que recibe, desde el conmutador, una respuesta que incluye información sobre puertos proporcionados en el conmutador que crea información de topología, basándose en la respuesta transmitida desde cada conmutador, incluyendo la información de topología información de interconexión de puerto con relación a puertos proporcionados en la unidad de control y
30 cada puerto de los conmutadores que determina un canal de control para mensajes de control, usando una red de comunicación que los conmutadores usan para transferir paquetes, basándose en la información de topología y transmitir mensajes de control a cada conmutador y recibir mensajes de control desde cada conmutador, mediante el canal de control que se determina usando la red de comunicación.

35 Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la presente invención, en un sistema de comunicación que incluye una pluralidad de unidades de transferencia de paquetes y una unidad de control que controla cada unidad de transferencia de paquetes, una red de comunicaciones usada para cada unidad de transferencia de paquetes para transferir paquetes, y una red de
40 comunicaciones usada para la unidad de control para controlar cada unidad de transferencia de paquetes pueden integrarse en una clase.

Breve descripción de los dibujos

45 [Figura 1] Representa un diagrama explicativo que muestra esquemáticamente etapas de proceso desde un estado bajo el cual una unidad de control no almacena información de topología, hasta que la unidad de control empieza comunicación basada en tunelización.
[Figura 2] Representa un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de la unidad de control y conmutadores equipados en el sistema de comunicación de la presente invención.
50 [Figura 3] Representa un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de encaminamiento de origen.
[Figura 4] Representa un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de cambios en un estado de lista de puertos de salida de un paquete de solicitud.
[Figura 5] Representa un diagrama explicativo que muestra un formato de un paquete específico a modo de ejemplo.
55 [Figura 6] Representa un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de información incluida en un paquete de solicitud.
[Figura 7] Representa un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de información incluida en un paquete de respuesta.
[Figura 8] Representa un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de información incluida en un paquete de configuración.
60 [Figura 9] Representa un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de información incluida en un paquete de túnel.
[Figura 10] Representa un diagrama explicativo que muestra un ejemplo para transmitir y recibir paquetes específicos.
65 [Figura 11] Representa un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un flujo de proceso en la unidad de control.

[Figura 12] Representa un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de creación de información de topología.

[Figura 13] Representa un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de rutas de paquetes de respuesta transmitidos desde puertos de cada conmutador.

5 [Figura 14] Representa un diagrama explicativo que muestra los paquetes de respuesta que alcanzan la unidad de control a través de las rutas mostradas en la Figura 13.

[Figura 15] Representa un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un flujo de proceso en un conmutador.

[Figura 16] Representa otro diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un flujo de proceso en un conmutador.

10 [Figura 17] Representa un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración mínima del sistema de comunicación de acuerdo con la presente invención.

[Figura 18] Representa un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de unidad de control mínima en la presente invención.

[Figura 19] Representa un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de unidad de transferencia de paquetes mínima en la presente invención.

15 [Figura 20] Representa un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de un sistema de comunicación general al que se aplica OpenFlow.

Descripción de las realizaciones

20 En lo sucesivo, se describirán realizaciones ejemplares de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

25 Un sistema de comunicación de la presente invención incluye una pluralidad de unidades de transferencia de paquetes que cada una transfiere un paquete, y una unidad de control que controla la pluralidad de conmutadores (unidades de transferencia de paquetes). La unidad de control transmite información de entrada de flujo a cada unidad de transferencia de paquetes, y la unidad de transferencia de paquetes, tras recibir el paquete, procesa el paquete de acuerdo con la información de entrada de flujo. Tras la finalización de esta secuencia, una unidad de terminal conectada a una unidad de transferencia de paquetes puede transmitir el paquete a cualquier otra unidad de terminal conectada a otra unidad de transferencia de paquetes, mediante una ruta dada, o difundir el paquete a otras unidades de terminal conectadas a otras unidades de transferencia de paquetes, mediante respectivas rutas.

30 La unidad de transferencia de paquetes en la presente invención es, por ejemplo, un conmutador en OpenFlow, y la unidad de control en la invención es, por ejemplo, un controlador en OpenFlow. Lo siguiente describe un ejemplo en el que la unidad de transferencia de paquetes y la unidad de control son el conmutador y el controlador, respectivamente, en OpenFlow. La invención, sin embargo, puede aplicarse también a protocolos distintos de OpenFlow; la invención puede aplicarse a cualquier sistema de comunicación construido de modo que la unidad de control desarrolle la gestión centralizada de cada unidad de transferencia de paquetes presente en una red de comunicaciones.

40 El sistema de comunicación de la presente invención no incluye una red de comunicaciones especializada de control entre la unidad de control (controlador) y el conmutador. La unidad de control necesita únicamente conectarse a al menos un conmutador. La unidad de control proporciona canales de control entre cada conmutador y la propia unidad de control que usa la red de comunicaciones que los conmutadores usan para transferir paquetes. Más específicamente, la unidad de control usa enlaces de esta red de comunicaciones para formar los canales de control entre la propia unidad de control y cada conmutador posterior al conmutador conectado a la propia unidad de control, como se observa desde la unidad de control. Después de esto, la unidad de control comunica con cada conmutador realizando tunelización mediante los canales de control y controla los conmutadores. En otras palabras, en la presente invención, la unidad de control puede considerarse como que forma redes superpuestas de una estructura de estrella entre cada conmutador y la propia unidad de control usando la red de comunicaciones que los conmutadores usan para transferir paquetes.

50 En el sistema de comunicación de la presente invención, la unidad de control también almacena la información de topología que incluye información sobre interconexión entre los puertos de la propia unidad de control y cada conmutador. Los conmutadores individuales no necesitan almacenar la información de topología. La unidad de control, bajo su estado inicial, no almacena la información de topología, consulta al conmutador acerca de un estado de conexión de sus puertos, y crea la información de topología. Tras reconocer las topologías de los conmutadores, la unidad de control determina para cada conmutador una ruta que funciona como el canal de control entre el conmutador y la propia unidad de control, y transmite un paquete para notificar al conmutador de la ruta que conduce a la unidad de control. Esto posibilita que la unidad de control reconozca el canal de control que conduce al conmutador, y que el conmutador reconozca análogamente el canal de control que conduce a la unidad de control. Después de esto, el conmutador y la unidad de control comunican entre sí mediante el canal de control realizando tunelización.

65 La Figura 1 es un diagrama explicativo que muestra esquemáticamente etapas de proceso desde el estado bajo el que la unidad de control no almacena la información de topología, hasta que la unidad de control y cada conmutador empiezan la comunicación basada en tunelización. La Figura 1(a) muestra esquemáticamente un estado inicial del sistema de comunicación de la presente invención. Bajo este estado, la unidad de control 10, aunque está

conectada a al menos un conmutador del grupo de conmutadores, no reconoce a qué puerto de qué conmutador está conectada la unidad de control.

5 La unidad de control 10 transmite un paquete de solicitud que consulta a un conmutador acerca de un puerto que al que está vinculada, desde un puerto de la propia unidad de control que no está claro acerca de a qué conmutador está conectada la unidad de control. Este estado se muestra en la Figura 1(b). El puerto que está vinculado es un puerto conectado a cualquier otro conmutador.

10 Cada conmutador 20 que ha recibido el paquete de solicitud devuelve un paquete de respuesta desde el puerto del conmutador 20 que se ha usado para recibir el paquete de solicitud, a la unidad de control 10. Este estado se muestra en la Figura 1(c). El paquete de respuesta incluye tres clases de información. Una clase de información indica el puerto en el estado vinculado, una clase de información indica el puerto del conmutador que se ha usado para recibir el paquete de solicitud, y una clase de información indica la identificación del propio conmutador 20.

15 En la presente invención, la unidad de control 10 genera información de topología basándose en el paquete de respuesta, y almacena la información de topología. Sin embargo, incluso después de generar la información de topología, la unidad de control 10 una vez más transmite otro paquete de solicitud para actualizar la información de topología de acuerdo con un cambio particular en la topología de los conmutadores. Es decir, la unidad de control 10 repite la transmisión de paquete de solicitud para buscar la topología de los conmutadores. Además, la unidad de control 10 incluye información para identificar cada búsqueda única, en el paquete de solicitud. En la presente realización ejemplar, se describe a continuación un ejemplo para discriminar cada búsqueda por números y estos números se denominan en lo sucesivo como números de secuencia. Durante una búsqueda, cuando la unidad de control 10 transmite un paquete de solicitud desde una pluralidad de puertos, la unidad establece el mismo número de secuencia en cada paquete de solicitud. Después de esto, cuando se ha de repetir la transmisión de paquete de solicitud para otra búsqueda, la unidad de control 10 transmite un paquete de solicitud que incluye un número de secuencia diferente que el de la búsqueda anterior. Sin embargo, los números de secuencia en los paquetes de solicitud transmitidos desde cada puerto durante la búsqueda son los mismos que aquellos de la búsqueda anterior.

30 El conmutador 20, después de recibir el paquete de solicitud, transmite el paquete de solicitud particular desde un puerto distinto a través del que se ha recibido el paquete de solicitud. Sin embargo, la transmisión se ejecuta, sometida al hecho de que el número de secuencia incluido en el paquete de solicitud es el que el conmutador no recibió antes. En otras palabras, tiene lugar la inundación de paquetes de solicitud. Si se definen las condiciones de inundación, puede suprimirse el tráfico de paquetes de solicitud y el de los paquetes de respuesta debido a los paquetes de solicitud. Ejecutando la inundación, cada conmutador 20 recibe un paquete de solicitud adicional a través de un puerto distinto al de a través del que el conmutador ha recibido el paquete de solicitud anterior. En ese caso, el conmutador 20 devuelve también un paquete de respuesta a la unidad de control 10 desde el puerto que el conmutador ha usado para recibir el paquete de solicitud. De acuerdo con los paquetes de respuesta recibidos desde cada conmutador 20, la unidad de control 10 genera la información de topología que representa las relaciones de interconexión entre los puertos de la propia unidad de control 10 y cada conmutador, y almacena la información de topología.

45 La unidad de control 10 determina la ruta que opera como el canal de control, para cada conmutador de acuerdo con la información de topología. Por lo tanto, la unidad de control 10 reconoce los canales de control para cada conmutador. La unidad de control 10 a continuación transmite un paquete de configuración para notificar a cada conmutador de la ruta, o el canal de control (véase la Figura 1(d)). Cada conmutador 20 que ha recibido el paquete de configuración almacena la ruta, o el canal de control que se extiende desde propio el conmutador 20 a la unidad de control 10, de acuerdo con el paquete de configuración. Esto hace que los conmutadores 20 puedan reconocer los respectivos canales de control que conducen a la unidad de control 10.

50 Posteriormente, la comunicación para la unidad de control 10 para controlar los conmutadores 20 se lleva a cabo realizando tunelización mediante los canales de control dictados para cada conmutador 20, como se muestra en la Figura 1(e). Por ejemplo, si un conmutador 20 recibe un paquete no definido en la información de entrada de flujo, el conmutador 20 notifica a la unidad de control 10 de esto. En este momento, el conmutador 20 lleva a cabo la notificación realizando tunelización mediante el canal de control. También, la unidad de control 10 que ha recibido la notificación genera nueva información de entrada de flujo y transmite la información al conmutador, tiempo en el cual la unidad de control 10 transmite la información de entrada de flujo realizando tunelización mediante el canal de control. El paquete intercambiado entre la unidad de control 10 y el conmutador 20 realizando tunelización mediante el canal de control se denomina en lo sucesivo como el paquete de túnel.

60 El paquete de solicitud, el paquete de respuesta, el paquete de configuración y el paquete de túnel se denominan como paquetes específicos. El procesamiento que realiza el conmutador 20 después de los paquetes específicos se diferencia del de los paquetes de datos transferidos entre conmutadores. Tras recibir un paquete de datos intercambiado entre terminales (no mostrado), el conmutador 20 transfiere el paquete de datos de acuerdo con la información de entrada de flujo, y si un flujo del paquete de datos no está definido en la información de entrada de flujo, notifica a la unidad de control 10 de este hecho. El conmutador 20 no lleva a cabo tal procesamiento después de los paquetes específicos. En su lugar, el conmutador 20 lleva a cabo diferente procesamiento, dependiendo de si

el paquete recibido es el paquete de solicitud, el paquete de respuesta, el paquete de configuración o el paquete de túnel. Cada conmutador asigna prioridad al procesamiento de paquete específico, a través de procesamiento de paquete de datos. La priorización de procesamiento de paquete específico garantiza la QoS (Calidad de Servicio) del sistema de comunicación.

5 Los paquetes específicos incluyen también un valor de recuento apropiado de acuerdo con el número particular de saltos desde el origen de transmisión del paquete. Este valor de recuento se denomina como el recuento de puertos.

10 La Figura 2 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de la unidad de control y conmutadores equipados en el sistema de comunicación de la presente invención. Aunque la Figura 2 muestra el ejemplo en el que el sistema de comunicación tiene cuatro conmutadores, 20a a 20d, este ejemplo no limita el número de conmutadores y la topología de los mismos. Además, aunque dos conmutadores, 20a y 20b, están conectados a la unidad de control 10 en el ejemplo de la Figura 2, el número de conmutadores conectados a la unidad de control 10 puede ser uno o tres o más; la unidad de control 10 necesita únicamente tener al menos un conmutador conectado a la misma.

15 La unidad de control 10 incluye una sección de transmisión/recepción de paquetes específicos del lado de la unidad de control 11, una sección de búsqueda de topología 12, una sección de almacenamiento de topología 13, una sección de determinación de ruta de canal de control 14 y una sección de tunelización de mensaje de control del lado de la unidad de control 15.

20 La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos del lado de la unidad de control 11 (en lo sucesivo, denominada simplemente como la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11) transmite y recibe paquetes específicos. Más específicamente, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmite un paquete de solicitud y un paquete de configuración, y recibe un paquete de respuesta. La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmite y recibe adicionalmente un paquete de túnel.

25 La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11, tras recibir el paquete de respuesta desde un conmutador, emite el paquete de respuesta a la sección de búsqueda de topología 12. La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11, tras recibir el paquete de túnel desde un conmutador, emite el paquete de túnel a la sección de tunelización de mensaje de control del lado de la unidad de control 15.

30 El paquete de configuración y el paquete de túnel que transmite la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 se transfieren secuencialmente a los conmutadores en el canal de control mediante encaminamiento de origen, y alcanzan el conmutador al que se direcciona el paquete. La sección de determinación de ruta de canal de control 14 que genera el paquete de configuración define secuencialmente en el paquete de configuración un puerto de salida de la propia unidad de control 10 y aquel de cada conmutador en el canal de control hasta el conmutador de destino, y la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmite el paquete de configuración desde el puerto de la propia unidad de control 10 que se define en primer lugar en la lista de puertos de salida. De manera similar, la sección de tunelización de mensaje de control del lado de la unidad de control 15 que genera el paquete de túnel a enviarse a un conmutador define secuencialmente en el paquete de túnel un puerto de salida de la propia unidad de control 10 y aquel de cada conmutador en el canal de control hasta el conmutador de destino, y la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmite el paquete de túnel desde el puerto de la propia unidad de control 10 que se define en primer lugar en la lista de puertos de salida. El encaminamiento de origen se describirá más tarde en el presente documento.

35 Además, durante la generación de un paquete de solicitud, la sección de búsqueda de topología 12 define el puerto de la propia unidad de control 10 que se ha de usar para emitir el paquete de solicitud. La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmite el paquete de solicitud desde el puerto de la propia unidad de control 10 que se define en el paquete de solicitud.

40 En lo sucesivo, se describirá por motivos de conveniencia esos puertos que se acaban de definir en el paquete específico. Más específicamente, sin embargo, la información que identifica los puertos de la unidad de control 10 y cada conmutador se define en el paquete específico, y los números de identificación de puerto, por ejemplo, son la información. La lista de puertos de salida es por lo tanto una lista de números de identificación de puerto. Un ejemplo para usar números (números de identificación de puerto) como la información de identificación de puerto, se toma en la siguiente descripción.

45 La sección de búsqueda de topología 12 genera periódicamente un paquete de solicitud y hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmita el paquete de solicitud. En este momento, la sección de búsqueda de topología 12 define el puerto de la propia unidad de control 10 que se ha de usar para emitir el paquete de solicitud, en el paquete de solicitud como el puerto de salida. La sección de búsqueda de topología 12 también define la longitud de la lista de puertos de salida (es decir, el número de puertos de salida definidos) y un valor inicial del recuento de puertos. En este caso, la longitud de la lista de puertos de salida es 1 puesto que únicamente el puerto de la propia unidad de control 10 es el puerto de salida. Si la unidad de control 10 tiene una pluralidad de puertos, la sección de búsqueda de topología 12 genera el paquete de solicitud para cada puerto. La sección de

transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmite cada paquete de solicitud desde los puertos definidos en el paquete de solicitud.

5 La sección de búsqueda de topología 12 genera periódicamente un paquete de solicitud como se ha descrito anteriormente. Cada vez que la sección de búsqueda de topología 12 genera un paquete de solicitud a intervalos fijos, la sección de búsqueda de topología 12 cambia el número de secuencia y define el nuevo en el paquete de solicitud. Generar un paquete de solicitud independiente para cada puerto durante un proceso de generación de solicitud-paquete implica generar una pluralidad de paquetes de solicitud, caso en el que, el mismo número de secuencia se define en la pluralidad de paquetes de solicitud. En el sistema de comunicación de la Figura 2, la
10 sección de búsqueda de topología 12 define, por ejemplo, "1" como el número de secuencia en un cierto tiempo en los paquetes de solicitud emitidos desde cada puerto al que están conectados los conmutadores 20a, 20b. Los paquetes de solicitud que incluyen cada uno el número de secuencia "1" se transmiten en consecuencia a los conmutadores 20a, 20b. Después de un periodo fijo, la sección de búsqueda de topología 12 define el número de secuencia "2" en los paquetes de solicitud emitidos desde cada puerto. Los paquetes de solicitud que incluyen cada uno el número de secuencia "2" se transmiten en consecuencia a los conmutadores 20a, 20b.

Además, la sección de búsqueda de topología 12 genera información de topología basándose en paquetes de respuesta obtenidos desde cada conmutador como respuestas a los paquetes de solicitud. Cada conmutador, tras recibir un paquete de solicitud que tiene definido en el mismo un número de secuencia que no se recibió antes, ejecuta inundación con el paquete de solicitud. Esto posibilita que la unidad de control 10 obtenga los paquetes de respuesta desde cada conmutador simplemente transmitiendo el paquete de solicitud al conmutador directamente conectado a la unidad de control. La sección de búsqueda de topología 12 genera la información de topología basándose en cada paquete de respuesta, y hace que la sección de almacenamiento de topología 13 almacene la información de topología.

25 La sección de almacenamiento de topología 13 es un dispositivo de almacenamiento para almacenar la información de topología.

30 La sección de determinación de ruta de canal de control 14 hace referencia a la información de topología y establece el canal de control para cada conmutador. Este método de ajuste de canal de control no está limitado. Por ejemplo, la sección de determinación de ruta de canal de control 14 puede usar el algoritmo de Dijkstra para calcular la ruta más corta al conmutador y establecer esta ruta como el canal de control. La sección de determinación de ruta de canal de control 14 también genera un paquete de configuración para cada conmutador. En este momento, la sección de determinación de ruta de canal de control 14 define secuencialmente en el paquete de configuración un puerto de salida de la propia unidad de control 10 y aquellos de cada conmutador presente en el canal de control para el conmutador de destino de paquete de configuración. La sección de determinación de ruta de canal de control 14 define adicionalmente la longitud de la lista de puertos de salida (es decir, el número de puertos de salida definidos) y un valor inicial del recuento de puertos, en el paquete de configuración. Después de esto, la sección de determinación de ruta de canal de control 14 hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos
40 11 transmita el paquete de configuración.

La sección de tunelización de mensaje de control del lado de la unidad de control 15 (en lo sucesivo, denominada simplemente como la sección de tunelización de mensaje de control 15) transmite y recibe, por medio de tunelización, mensajes de control intercambiados entre la unidad de control 10 y los conmutadores. Es decir, la
45 sección de tunelización de mensaje de control 15 codifica un mensaje de control (por ejemplo, información de entrada de flujo) a transmitir a un conmutador, y genera un paquete de túnel encapsulado. En este momento, la sección de tunelización de mensaje de control 15 define un puerto de salida de la propia unidad de control 10 y aquellos de cada conmutador en el canal de control para el conmutador de destino de paquete de túnel, secuencialmente en el paquete de túnel. La sección de tunelización de mensaje de control 15 define adicionalmente la longitud de la lista de puertos de salida y un valor inicial del recuento de puertos, en el paquete de túnel. Después de esto, la sección de tunelización de mensaje de control 15 hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmita el paquete de túnel.

55 Además, si la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 recibe el paquete de túnel desde el conmutador y a continuación emite el paquete de túnel a la sección de tunelización de mensaje de control 15, la sección de tunelización de mensaje de control 15 desencapsula el mensaje de control incluido en el paquete de túnel y decodifica adicionalmente el mensaje de control.

Aunque se describe un ejemplo que tiene un valor de recuento de puertos inicial de 0 a continuación en la presente realización ejemplar, el valor inicial del recuento de puertos puede ser distinto de 0.

60 La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11, la sección de búsqueda de topología 12, la sección de almacenamiento de topología 13, la sección de determinación de ruta de canal de control 14, y la sección de tunelización de mensaje de control 15 puede cada una realizarse de manera independiente.

65

La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11, la sección de búsqueda de topología 12, la sección de determinación de ruta de canal de control 14, y la sección de tunelización de mensaje de control 15 puede realizarse de manera análoga por una CPU de un ordenador que opera de acuerdo con un programa usado por la unidad de control. En este caso, un dispositivo de almacenamiento de programa (no mostrado) del ordenador, por ejemplo, puede almacenar el programa de uso de unidad de control, y la CPU puede cargar el programa y operar como la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11, la sección de búsqueda de topología 12, la sección de determinación de ruta de canal de control 14, y la sección de tunelización de mensaje de control 15, de acuerdo con el programa.

A continuación, se describen más adelante las configuraciones de los conmutadores. Los conmutadores 20a a 20d son sustancialmente de la misma configuración. Lo siguiente describe el conmutador 20a a modo de ejemplo.

El conmutador 20a incluye una sección de transmisión/recepción de paquetes específicos del lado del conmutador 21, una sección de control de inundación 22, una sección de suministro de información 23, la sección de almacenamiento de ruta 24, y una sección de tunelización de mensaje de control del lado del conmutador 25.

La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos del lado del conmutador 21 (en lo sucesivo, denominada simplemente como la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21) transfiere, recibe y transmite paquetes específicos.

La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21, tras recibir un paquete específico no de solicitud, compara la longitud de la lista de puertos de salida definida en el paquete específico, con el recuento de puertos, y determina si el propio conmutador 20a es el destino del paquete específico. En la presente realización ejemplar, puesto que el valor inicial del recuento de puertos es 0, si un valor obtenido añadiendo 1 al recuento de puertos en el paquete específico recibido es el mismo que la longitud de la lista de puertos de salida, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 puede determinar que el propio conmutador 20a es el destino del paquete específico. Si el valor obtenido añadiendo 1 al recuento de puertos en el paquete específico recibido es menor que la longitud de la lista de puertos de salida, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 puede determinar que el propio conmutador 20a no ha de ser el destino del paquete específico. La longitud de la lista de puertos de salida es el número de puertos de salida definidos en el paquete específico. Tras determinar que el propio conmutador 20a no ha de ser el destino del paquete específico, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 actualiza, de todos los puertos definidos en la lista de puertos de salida del paquete específico, únicamente el puerto indicado desde el recuento de puertos, en el puerto de el propio conmutador 20a que se usó para recibir el paquete específico. En la presente realización ejemplar, si el valor del recuento de puertos definido en el paquete específico es "k", el (k+1)-ésimo puerto definido en la lista de puertos de salida se actualiza en el puerto del propio conmutador 20a que se usó para recibir el paquete específico. Adicionalmente, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 identifica el (k+2)-ésimo puerto definido en la lista de puertos de salida, es decir, el puerto que sigue inmediatamente al actualizado. Este puerto es donde el paquete específico se ha de transmitir desde el propio conmutador 20a. Adicionalmente, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 añade 1 al valor del recuento de puertos definidos en el paquete específico. La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 a continuación transmite el paquete específico desde el puerto identificado. El paquete específico con el recuento de puerto incrementado se transfiere en consecuencia.

Después de determinar que el propio conmutador 20a ha de ser el destino del paquete específico, si el paquete específico es un paquete de configuración, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 emite el paquete de configuración a la sección de almacenamiento de ruta 24; si el paquete específico es un paquete de túnel, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 emite el paquete de túnel a la sección de tunelización de mensaje de control del lado del conmutador 25.

La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21, tras recibir un paquete de solicitud, emite el paquete de solicitud a la sección de control de inundación 22. La sección de control de inundación 22 determina si ejecutar inundación con el paquete de solicitud, a continuación tras determinar que se ejecute inundación, define un puerto del propio conmutador 20a en una posición de finalización de la lista de puertos de salida en el paquete de solicitud, y actualiza la longitud de la lista de puertos de salida y el recuento de puertos. La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 transmite el paquete de solicitud actualizado por la sección de control de inundación 22, desde el puerto del propio conmutador 20a que se define al final de la lista de puertos de salida.

Adicionalmente, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 transmite paquetes de respuesta. Como se describe más adelante en el presente documento, la sección de suministro de información 23 que genera un paquete de respuesta define, secuencialmente en el paquete de respuesta, los puertos de salida de cada conmutador presente en la ruta desde el propio conmutador a la unidad de control 10. La sección de transmisión/recepción de paquete específico 21 transmite el paquete de respuesta desde el puerto del propio conmutador 20a que se define en primer lugar en la lista de puertos de salida.

65

La sección de control de inundación 22, tras recibir un paquete de solicitud desde la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21, determina si ejecutar inundación con el paquete de solicitud. La sección de control de inundación 22 almacena el número de secuencia incluido en el paquete de solicitud que se ha introducido desde la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21. Si el número de secuencia
 5 incluido en el paquete de solicitud nuevamente introducido es el que no se recibió antes, la sección de control de inundación 22 determina que se ejecute inundación, o si el número de secuencia es el que se recibió antes, la sección de control de inundación 22 determina que no se ejecute la inundación. Es decir, si el número de secuencia incluido en el paquete de solicitud nuevamente introducido no está de acuerdo con ninguno de los números de secuencia almacenados, la sección de control de inundación 22 determina que se ejecute inundación, o si el número
 10 de secuencia está de acuerdo con cualquiera de los números de secuencia almacenados, la sección de control de inundación 22 determina que no se ejecute inundación. Después de la determinación, la sección de control de inundación 22 almacena también el número de secuencia incluido en el paquete de solicitud.

Tras inundar con el paquete de solicitud que se determina que se ejecute, para que el paquete de solicitud se transmitiera desde cada puerto distinto al puerto a través del que el paquete de solicitud se recibió, la sección de control de inundación 22 crea adicionalmente una copia del paquete de solicitud para cada puerto distinto al puerto de recepción. La sección de control de inundación 22 a continuación define los puertos de salida desde los que transmitir el paquete de solicitud copiado, al final de la lista de puertos de salida en el paquete de solicitud. La sección de control de inundación 22 actualiza adicionalmente, de todos los puertos definidos en la lista de puertos de salida, únicamente el puerto indicado desde el recuento de puertos, en el puerto del propio conmutador 20a que se usó para recibir el paquete de solicitud. En la presente realización ejemplar, si el valor del recuento de puertos definidos en el paquete de solicitud es "k", el (k+1)-ésimo puerto definido en la lista de puertos de salida se actualiza en el puerto del propio conmutador 20a que se usó para recibir el paquete de solicitud. Tras la finalización de la operación de actualización, los otros conmutadores que han recibido el paquete de solicitud como resultado de la inundación se hacen capaces de transmitir un paquete de respuesta a la unidad de control 10 mediante el encaminamiento de origen. Adicionalmente, la sección de control de inundación 22 añade 1 a los valores de la longitud de la lista de puertos de salida y recuento de puertos definidos en el paquete de solicitud. La sección de control de inundación 22 lleva a cabo este proceso después de cada paquete de solicitud copiado desde cada puerto. La sección de control de inundación 22 hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 transmita el paquete de solicitud cuya lista de puertos de salida, longitud de lista de puertos de salida, y recuento de puertos se han actualizado de esta manera, desde los puertos que corresponden al paquete de solicitud.

Independientemente de si se ha de llevar a cabo inundación, la sección de control de inundación 22 emite, directamente a la sección de suministro de información 23, el paquete de solicitud que se ha introducido desde la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21. Es decir, la sección de control de inundación 22 emite el paquete de solicitud que el conmutador ha recibido, a la sección de suministro de información 23 intacto.

Tras recibir el paquete de solicitud desde la sección de control de inundación 22, la sección de suministro de información 23 crea un paquete de respuesta que incluye la información relacionada con el puerto vinculado del propio conmutador 20a, indicando la información el puerto del conmutador 20a que se ha usado para recibir el paquete de solicitud, e información de identificación sobre el conmutador 20a. La sección de suministro de información 23 define adicionalmente, secuencialmente en el paquete de respuesta, los puertos de salida de cada conmutador presente en la ruta desde el propio conmutador a la unidad de control 10. Lo siguiente describe cómo se indica la lista de puertos de salida. Es decir, la sección de suministro de información 23 actualiza el último puerto en la lista de puertos de salida, definida en el paquete de solicitud que se ha introducido, en el puerto del conmutador que se ha usado para recibir el paquete de solicitud. Adicionalmente, la sección de suministro de información 23 invierte el orden en el que los puertos se reorganizaron en la lista de puertos de salida actualizada, y define la lista de puertos de salida reorganizada en el paquete de respuesta. La sección de suministro de información 23 define adicionalmente la longitud de la lista de puertos de salida y el valor inicial del recuento de puertos, en el paquete de respuesta, y a continuación hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 transmita el paquete de respuesta. Como resultado, el conmutador transmite, desde el puerto donde se ha recibido el paquete de solicitud, el paquete de respuesta como una respuesta al paquete de solicitud.

Sin embargo, la sección de suministro de información 23 no genera un paquete de respuesta en un cierto caso que se describe a continuación. La unidad de control 10 transmite periódicamente un mensaje de solicitud. En el pasado, tras recibir un paquete de solicitud desde la unidad de control 10, la sección de suministro de información 23 ha transmitido un paquete de respuesta que corresponde al de esa trama de solicitud. El paquete de respuesta que la sección de suministro de información 23 ha de transmitir esta vez podría ser el mismo que el transmitido siguiendo la recepción de un paquete de solicitud anterior durante la transmisión periódica pasada de paquetes de solicitud desde la unidad de control 10. Si ese es el caso, la sección de suministro de información 23 no transmite el paquete de respuesta actual. Más específicamente, después de la transmisión del paquete de respuesta en respuesta a un paquete de solicitud pasado, únicamente si el conmutador actualmente conectado al conmutador de interés se sustituye por cualquier otro conmutador o se desconecta, la sección de suministro de información 23 transmitirá un paquete de respuesta que corresponde a un paquete de solicitud nuevamente recibido.

La sección de almacenamiento de ruta 24, después de que se introduce un paquete de configuración en la misma desde la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21, almacena la ruta que funciona como el canal de control que se extiende desde el paquete de configuración a la unidad de control 10. Más específicamente, la sección de almacenamiento de ruta 24 actualiza el último puerto en la lista de puertos de salida definida en el paquete de configuración que se ha introducido, en el puerto del conmutador que se ha usado para recibir el paquete de configuración. Adicionalmente, la sección de almacenamiento de ruta 24 invierte el orden en el que se reorganizaron los puertos en la lista de puertos de salida actualizada, y almacena la lista de puertos de salida reorganizada como la información que indica la información de ruta como el canal de control.

5 La sección de tunelización de mensaje de control del lado del conmutador 25 (en lo sucesivo, denominada simplemente como la sección de tunelización de mensaje de control 25) transmite y recibe, llevando a cabo tunelización, los mensajes de control intercambiados entre la unidad de control 10 y los conmutadores. En otras palabras, la sección de tunelización de mensaje de control 25 codifica un mensaje de control a transmitir a la unidad de control 10 (por ejemplo, un mensaje que indica que un paquete no definido en la información de entrada de flujo se ha recibido), y genera un paquete de túnel encapsulado. En este momento, la sección de tunelización de mensaje de control 25 lee desde la sección de almacenamiento de ruta 24 la lista de puertos de salida que representa el canal de control a la unidad de control 10, y define esta lista de puertos de salida en el paquete de túnel. La sección de tunelización de mensaje de control 25 define adicionalmente la longitud de la lista de puertos de salida y el valor inicial del recuento de puertos, en el paquete de túnel. Después de esto, la sección de tunelización de mensaje de control 25 hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 transmita el paquete de túnel.

Además, después de que se introduce el paquete de túnel en la sección de tunelización de mensaje de control 25 desde la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21, la sección de tunelización de mensaje de control 25 desencapsula el mensaje de control (por ejemplo, información de entrada de flujo) incluido en el paquete de túnel, y decodifica el mensaje de control.

La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21, la sección de control de inundación 22, la sección de suministro de información 23, la sección de almacenamiento de ruta 24, y la sección de tunelización de mensaje de control 25 pueden realizarse cada una independientemente.

La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21, la sección de control de inundación 22, la sección de suministro de información 23, la sección de almacenamiento de ruta 24, y la sección de tunelización de mensaje de control 25 pueden realizarse análogamente mediante una CPU de un ordenador que opera de acuerdo con un programa usado por las unidades de transferencia de paquetes. En este caso, un dispositivo de almacenamiento de programa (no mostrado) del ordenador, por ejemplo, puede almacenar el programa para las unidades de transferencia de paquetes, y la CPU puede cargar el programa y operar como la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21, la sección de control de inundación 22, la sección de suministro de información 23, la sección de almacenamiento de ruta 24, y la sección de tunelización de mensaje de control 25, de acuerdo con el programa.

A continuación, se describe más adelante el encaminamiento de origen en la presente invención. El encaminamiento de origen es un método de transferencia de paquetes en el que un nodo para operar como un origen de transmisión define una ruta de comunicaciones en un paquete y un nodo de retransmisión transfiere el paquete de acuerdo con la ruta de comunicaciones definida en el mismo. En encaminamiento de origen, no hay necesidad de que el nodo de retransmisión almacene información de ruta previamente proporcionada. El sistema de comunicación de la presente invención define en un paquete específico la lista de puertos de salida que representa un conjunto secuencial de puertos de salida desde los que los nodos individuales han de transmitir el paquete específico. La unidad de control 10 y cada conmutador implementan encaminamiento de origen transmitiendo paquetes específicos desde los puertos definidos en la lista de puertos de salida. La unidad de control 10 y cada conmutador determinan en qué posición en la lista de puertos de salida se define el puerto de salida relacionado con el nodo local, mediante el recuento de puertos. Lo siguiente describe un ejemplo más específico de encaminamiento de origen.

La Figura 3 es un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de encaminamiento de origen aplicado cuando la unidad de control transmite un paquete de configuración a los conmutadores. Por simplicidad de descripción, sin embargo, la topología de los conmutadores mostrados en la Figura 3 se hace diferente de la topología mostrada en la Figura 2. Los conmutadores 20A a 20D en la Figura 3 son sustancialmente de la misma configuración que la de los conmutadores 20a a 20d en la Figura 2. Además, los números de referencia mostrados cerca de la unidad de control 10 y los conmutadores 20A a 20D en la Figura 3 indican números de identificación de puerto asignados a cada unidad. El puerto cuyo número de identificación de puerto es "n" se expresa con "n. ° n" en la siguiente descripción.

En este ejemplo, la unidad de control 10 transmite el paquete de configuración al conmutador 20D, el destino. En el ejemplo, la unidad de control 10 establece en primer lugar el recuento de puertos para que tengan un valor inicial de 0 y transmite el paquete de configuración con una lista de puertos de salida de {2, 3, 2, 1} definida en este punto. Puesto que el primer número de puerto en esta lista de puertos de salida es "2", la unidad de control 10 transmite el paquete de configuración desde el puerto N. ° 2 de la unidad de control 10. Este estado se muestra en la Figura 3(a).

El conmutador 20A usa el puerto N.º 1 para recibir el paquete de configuración. Puesto que el valor del recuento de puertos es 0, el conmutador 20A a continuación actualiza el primer número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida en el número de identificación de puerto del puerto N.º 1 donde se ha recibido el paquete de configuración. Además, puesto que el valor del recuento de puertos es 0, el conmutador 20A también determina que el puerto desde el que transmitir el paquete de configuración se define en la segunda posición en la lista de puertos de salida, e identifica el número de identificación de puerto "3" definido en la segunda posición. Después de esto, el conmutador 20A actualiza el valor del recuento de puertos de 0 a 1 y transmite el paquete de configuración desde el puerto N.º 3 del conmutador 20A. La lista de puertos de salida que se ha definido de esta manera en el paquete de configuración es {1, 3, 2, 1}. Este estado se muestra en la Figura 3(b).

El conmutador 20B usa el puerto N.º 1 para recibir este paquete de configuración. Puesto que el valor del recuento de puertos es 1, el conmutador 20B actualiza a continuación el segundo número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida en el número de identificación de puerto del puerto N.º 1 donde se ha recibido el paquete de configuración. Además, puesto que el valor del recuento de puertos es 1, el conmutador 20B también determina que el puerto desde el que transmitir el paquete de configuración se define en la tercera posición en la lista de puertos de salida, e identifica el número de identificación de puerto "2" definido en la tercera posición. Después de esto, el conmutador 20B actualiza el valor del recuento de puertos de 1 a 2 y transmite el paquete de configuración desde el puerto N.º 2 del conmutador 20B. La lista de puertos de salida que se ha definido de esta manera en el paquete de configuración es {1, 1, 2, 1}. Este estado se muestra en la Figura 3(c).

El conmutador 20C usa el puerto N.º 3 para recibir este paquete de configuración. Puesto que el valor del recuento de puertos es 2, el conmutador 20C actualiza a continuación el tercer número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida en el número de identificación de puerto del puerto N.º 3 donde se ha recibido el paquete de configuración. Además, puesto que el valor del recuento de puertos es 2, el conmutador 20C también determina que el puerto desde el que transmitir el paquete de configuración se define en la cuarta posición en la lista de puertos de salida, e identifica número de identificación de puerto "1" definido en la cuarta posición. Después de esto, el conmutador 20C actualiza el valor del recuento de puertos de 2 a 3 y transmite el paquete de configuración desde el puerto N.º 1 del conmutador 20C. La lista de puertos de salida que se ha definido de esta manera en el paquete de configuración es {1, 1, 3, 1}. Este estado se muestra en la Figura 3(d).

El conmutador 20D usa el puerto N.º 2 para recibir este paquete de configuración. Puesto que el valor del recuento de puertos es 3 y el número de números de identificación de puerto en la lista de puertos de salida es cuatro, el conmutador 20D a continuación determina que el propio conmutador 20D es el destino. El conmutador 20D también actualiza el último número de identificación de puerto "1" en la lista de puertos {1, 1, 3, 1} de salida del paquete de configuración, en el número de identificación de puerto del puerto N.º 2 donde se ha recibido el paquete de configuración. La lista de puertos de salida se hace {1, 1, 3, 2} como resultado. El conmutador 20D reorganiza la lista de puertos de salida en orden inverso, y almacena la lista de puertos de salida reorganizada de {2, 3, 1, 1} como la lista de puertos de salida que representa el canal de control que conduce a la unidad de control 10.

Cuando la unidad de control 10 transmite un paquete de túnel direccionado al conmutador 20D y que incluye la lista de puertos de salida {2, 3, 2, 1}, los conmutadores 20A a 20C también operan de manera similar al conmutador 20D anteriormente descrito. El conmutador 20D recibe el paquete de túnel como resultado. Sin embargo, el conmutador 20D no necesita realizar procesamiento de lista de puertos de salida en el paquete de túnel.

Se han descrito y mostrado los ejemplos en los que la unidad de control 10 transmite el paquete de configuración o paquete de túnel direccionado al conmutador 20D. Para transmisión de paquetes direccionados a otros conmutadores, cada conmutador opera también sustancialmente de la misma manera que la anteriormente descrita.

Además, cuando cada conmutador define en un paquete de túnel la lista de puertos de salida prealmacenada como el canal de control que conduce a la unidad de control 10 y transmite el paquete de túnel, otros conmutadores operan de manera similar a lo anterior y transfieren secuencialmente el paquete de túnel a la unidad de control 10.

A continuación, se describe más adelante un ejemplo en el que se actualiza la lista de puertos de salida en un paquete de solicitud transmitida desde la unidad de control 10. La Figura 4 es un diagrama explicativo que muestra cambios en un estado de la lista de puertos de salida en el paquete de solicitud. La siguiente descripción se aplica a un ejemplo en el que el paquete de solicitud que la unidad de control 10 ha transmitido desde el puerto N.º 2 pasa a través de los conmutadores 20A, 20B, 20C y alcanza el conmutador 20D.

La unidad de control 10 asigna el valor inicial 0 al recuento de puertos y transmite desde el puerto N.º 2 el paquete de solicitud que tiene una lista de puertos de salida de {2} definida en el mismo, como se muestra en la Figura 4(a). La unidad de control 10 también emite desde el puerto N.º 1 un paquete de solicitud que tiene una lista de puertos de salida de {1} definida en el mismo, pero se omite la descripción de este paquete de solicitud.

El conmutador 20A recibe a través del puerto N.º 1 el paquete de solicitud transmitido desde el puerto N.º 2 de la unidad de control 10. En el conmutador 20A, existen dos puertos además del puerto N.º 1, por lo que el conmutador 20A crea dos copias del paquete de solicitud. De las dos copias, únicamente se describe el paquete de solicitud que

se transmitirá desde el puerto N.º 3 a continuación. El conmutador 20A añade el número de identificación de puerto del puerto N.º 3 a un extremo de la lista de puertos de salida en el paquete de solicitud que se transmitirá desde el puerto N.º 3. Además, puesto que el recuento de puertos en el paquete de solicitud es 0, el conmutador 20A actualiza el primer número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida en el número de identificación de puerto de puerto N.º 1 a través del que se ha recibido el paquete de solicitud. Como resultado, la lista de puertos de salida cambia a {1, 3}. El conmutador 20A actualiza el valor del recuento de puertos desde 0 a 1 y transmite desde el puerto N.º 3 el paquete de solicitud que incluye la lista de puertos de salida {1, 3}. Este estado se muestra en la Figura 4(b).

10 El conmutador 20B recibe este paquete de solicitud a través del puerto N.º 1. En el conmutador 20B, existen dos puertos además del puerto N.º 1, por lo que el conmutador 20B crea dos copias del paquete de solicitud. De las dos copias, únicamente se describe el paquete de solicitud que se transmitirá desde el puerto N.º 2 a continuación. El conmutador 20B añade el número de identificación de puerto del puerto N.º 2 al final de la lista de puertos de salida en el paquete de solicitud que se transmitirá desde el puerto N.º 2. Además, puesto que el recuento de puertos en el paquete de solicitud es 1, el conmutador 20B actualiza el segundo número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida en el número de identificación de puerto del puerto N.º 1 a través del que se ha recibido el paquete de solicitud. Como resultado, la lista de puertos de salida cambia a {1, 1, 2}. El conmutador 20B actualiza el valor del recuento de puertos de 1 a 2 y transmite desde el puerto N.º 2 el paquete de solicitud que incluye la lista de puertos de salida {1, 1, 2}.

20 El conmutador 20C recibe este paquete de solicitud a través del puerto N.º 3. En el conmutador 20C, existen dos puertos además del puerto N.º 3, por lo que el conmutador 20C crea dos copias del paquete de solicitud. De las dos copias, únicamente se describe el paquete de solicitud que se transmitirá desde el puerto N.º 1 a continuación. El conmutador 20C añade el número de identificación de puerto del puerto N.º 1 al final de la lista de puertos de salida en el paquete de solicitud que se transmitirá desde el puerto N.º 1. Además, puesto que el recuento de puertos en el paquete de solicitud es 2, el conmutador 20C actualiza el tercer número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida en el número de identificación de puerto del puerto N.º 3 a través del cual se ha recibido el paquete de solicitud. Como resultado, la lista de puertos de salida cambia a {1, 1, 3, 1}. El conmutador 20C actualiza el valor del recuento de puertos de 2 a 3 y transmite desde el puerto N.º 1 el paquete de solicitud que incluye la lista de puertos de salida {1, 1, 3, 1}.

35 El conmutador 20D recibe este paquete de solicitud a través del puerto N.º 2. El conmutador 20D actualiza el último número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida {1, 1, 3, 1} definida en el paquete de solicitud, en el número de identificación de puerto del puerto N.º 2 a través del que se ha recibido el paquete de solicitud. Como resultado, la lista de puertos de salida cambia a {1, 1, 3, 2}. El conmutador 20D reorganiza los puertos de salida en la lista de puertos de salida, en orden inverso, y después de definir esta lista de puertos de salida de {2, 3, 1, 1} en un paquete de respuesta, transmite el paquete de respuesta desde el puerto N.º 2 que corresponde a la primera posición en {2, 3, 1, 1}. La operación de otros conmutadores tras recibir el paquete de respuesta es sustancialmente la misma que tras recibir un paquete de configuración o un paquete de túnel. El paquete de respuesta en ese caso finalmente alcanza la unidad de control 10.

45 Adicionalmente, la unidad de control 10, tras recibir el paquete de respuesta, actualiza el último número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida definida en el paquete de respuesta, en el número de identificación del puerto a través del que se ha recibido el paquete de respuesta. Después de la operación de actualización, la unidad de control 10 reorganiza los puertos de salida en la lista de puertos de salida, en orden inverso. La unidad de control 10 a continuación hace referencia a esta lista de puertos de salida y genera información de topología.

50 Aunque se ha descrito la situación que los conmutadores 20A a 20C transfieren paquetes de solicitud y el conmutador 20D transmite un paquete de respuesta, el conmutador 20D también transfiere el paquete de solicitud de manera similar a los otros conmutadores. A la inversa, los conmutadores 20A a 20C también transmiten los paquetes de respuesta de manera similar al conmutador 20D.

55 Se proporcionó la descripción en las Figuras 3 y 4 tomando el valor de recuento de puerto inicial de 0 a modo de ejemplo. Un método para que cada conmutador determine qué número de identificación de puerto de número en la lista de puertos de salida se ha de actualizar, o un método para que cada conmutador determine desde qué puerto se ha de transferir el paquete específico puede preestablecerse de acuerdo con el valor inicial particular del recuento de puertos. Un método en el que el conmutador que ha recibido el paquete específico determina si el propio conmutador es el destino puede preestablecerse también de acuerdo con el valor inicial particular del recuento de puertos.

65 A continuación, se describen más adelante ejemplos de un formato de los paquetes específicos. La Figura 5 muestra un ejemplo de un formato de paquetes específico. El ejemplo mostrado en la Figura 5 se refiere a realizar un paquete específico en el formato de la trama de Ethernet (Ethernet: marca comercial registrada). Los valores mostrados en forma entre paréntesis en la Figura 5 indican el número de bytes. Una dirección de MAC de destino 51 y una dirección de MAC de origen 52 se proporcionan en el formato de trama de Ethernet. El sistema de

comunicación de la presente invención, sin embargo, no usa estas direcciones para enviar/recibir los paquetes específicos. En su lugar, el sistema de comunicación de la invención transmite los paquetes específicos mediante encaminamiento de origen, como se describe en la presente realización ejemplar. En los paquetes específicos del formato de trama de Ethernet, un valor que indica que el paquete es un paquete específico se almacena en la información de identificación de tipo 53. Cuando la unidad de control 10 o cada conmutador genera un paquete específico, el valor que indica que el paquete es un paquete específico se almacena en la información de identificación de tipo 53. Además, cuando la unidad de control 10 o cada conmutador recibe un paquete, cada uno determina el paquete recibido que es un paquete específico, sometido al hecho de que el valor que indica que el paquete es un paquete específico se almacena en la información de identificación de tipo 53.

Los datos 54 del formato de la trama de Ethernet incluyen un código de tipo 61 que identifica la clase de paquete específico. Los datos 54 también incluyen la primera longitud de datos 62, longitud 63 de la lista de puertos de salida, un recuento de puertos 64, la lista de puertos de salida 65, segunda longitud de datos 66, y los datos 67 del paquete específico. Para discriminar a partir de la información de identificación de tipo 53 en el formato de trama de Ethernet, el código de tipo 61 que identifica la clase de paquete específico se denominará en lo sucesivo simplemente como el tipo 61. Además, para discriminar de los datos 54 en el formato de trama de Ethernet, los datos 67 del paquete específico se denominarán como los datos de paquete específico 67. La longitud de datos de la información entera posterior a la primera longitud de datos 62 (mostrada como "Longitud" en la Figura 5) se almacena en la primera longitud de datos 62. La longitud de datos de toda la información posterior a la segunda longitud de datos 66 (mostrada como "Longitud de Datos" (DataLength) en la Figura 5) se almacena en la segunda longitud de datos 66.

La longitud 63 (mostrada como "Longitud de Puertos" (PortsLength) en la Figura 5) de la lista de puertos de salida es el número de puertos incluidos en la lista de puertos de salida. Más específicamente, la longitud 63 es el número de números de identificación de puerto incluidos en la lista de puertos de salida.

El recuento de puertos 64 (mostrado como "Recuento de Puertos" (PortsCount) en la Figura 5) es un valor de recuento indicado por el número de saltos desde el origen de transmisión del paquete específico.

Los números de identificación de puerto se almacenan en una forma dispuesta en la lista de puertos de salida 65.

Los datos 54 en el formato de trama de Ethernet pueden incluir elementos distintos a aquellos mostrados en la Figura 5. El paquete de solicitud, por ejemplo, incluye un número o números de secuencia. Ejemplos de la información incluida en los datos 54 del formato de trama de Ethernet se describen a continuación para cada clase de paquete específico. Sin embargo, se omite la descripción de la primera longitud de datos 62, la longitud 63 de la lista de puertos de salida, el recuento de puertos 64, la lista de puertos de salida 65, y la segunda longitud de datos 66.

La Figura 6 es un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de la información incluida en un paquete de solicitud. El valor que indica que el paquete es un paquete de solicitud se almacena en el código de tipo 61. La unidad de control 10, tras generar un paquete de solicitud, almacena el valor que indica que el paquete es un paquete de solicitud, en el código de tipo 61. Además, cada conmutador, tras recibir un paquete, determina el paquete recibido para que sea un paquete de solicitud, sometido al hecho de que el valor que indica que el paquete es un paquete de solicitud se almacena en el código de tipo 61.

El número de secuencia se almacena en "Número de secuencia" ("SequenceNum") 68 mostrado en la Figura 6. La unidad de control 10 almacena un valor del número de secuencia en "Número de secuencia" 68 durante la generación del paquete de solicitud.

Los datos de paquete específico 67 son NULOS para paquetes de solicitud.

La Figura 7 es un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de la información incluida en un paquete de respuesta. El valor que indica que el paquete es un paquete de respuesta se almacena en el código de tipo 61. Cada conmutador, tras generar un paquete de respuesta, almacena el valor que indica que el paquete es un paquete de respuesta, en el código de tipo 61. Además, la unidad de control 10 y cada conmutador, tras recibir un paquete, determina el paquete recibido para que sea un paquete de respuesta, sometido al hecho de que el valor que indica que el paquete es un paquete de respuesta se almacena en el código de tipo 61.

Para el paquete de respuesta, la información que indica que un puerto está vinculado, la información que indica que el puerto del conmutador que se ha usado para recibir el paquete de solicitud y la información que indica el conmutador que es para transmitir el paquete de respuesta se almacenan en los datos de paquete específico 67. Durante la creación del paquete de respuesta, el conmutador para transmitir el paquete de respuesta almacena las tres clases de información en los datos de paquete específico 67. En el ejemplo de la Figura 7, "ID de ruta de datos" (DataPathID) corresponde a la información de identificación de conmutador. También, "Puerto solicitado (Requested_Port) corresponde al puerto de recepción de paquete de solicitud. Además, "Estado de puerto N. ° n" (Port#n_Status) representa si el puerto con un número de identificación de puerto de "n" está vinculado. Por ejemplo,

el conmutador puede definir un valor de “Estado de puerto N. ° n” para cada puerto de modo que “Estado de puerto N. ° n” equivale a 1 para el puerto que está vinculado, y de modo que “Estado de puerto N. ° n” equivale a 0 para los otros puertos que no están vinculados. El puerto que está vinculado puede a continuación localizarse desde el conjunto de valores de “Estado de puerto N. ° n” definidos en una base puerto a puerto. Sin embargo, pueden usarse otros métodos representativos para definir el puerto que está vinculado.

La Figura 8 es un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de la información incluida en un paquete de configuración. El valor que indica que el paquete es un paquete de configuración se almacena en el código de tipo 61. La unidad de control 10, tras generar un paquete de configuración, almacena el valor que indica que el paquete es un paquete de configuración, en el código de tipo 61. Además, cada conmutador, tras recibir un paquete, determina el paquete recibido para que sea un paquete de configuración, sometido al hecho de que el valor que indica que el paquete es un paquete de configuración se almacena en el código de tipo 61.

Los datos de paquete específico 67 son NULOS para paquetes de configuración.

La Figura 9 es un diagrama explicativo que muestra un ejemplo de la información incluida en un paquete de túnel. El valor que indica que el paquete es un paquete de túnel se almacena en el código de tipo 61. La unidad de control 10 y cada conmutador, tras generar un paquete de túnel, almacena el valor que indica que el paquete es un paquete de túnel, en el código de tipo 61. Además, la unidad de control 10 y cada conmutador, tras recibir un paquete, determinan el paquete recibido para que sea un paquete de túnel, sometido al hecho de que el valor que indica que el paquete es un paquete de túnel se almacena en el código de tipo 61.

El paquete de túnel tiene un mensaje de control almacenado en los datos de paquete específico 67. Más específicamente, un paquete de control intercambiado como el mensaje de control en un sistema de comunicación general del esquema OpenFlow se almacena en los datos de paquete 67. En el sistema de comunicación de la presente invención, un mensaje de control se intercambia también entre la unidad de control y cada conmutador, como se hace en un sistema de comunicación general.

Lo siguiente describe la operación.

La Figura 10 es un diagrama explicativo que muestra un ejemplo para transmitir y recibir paquetes específicos. En el ejemplo de la Figura 10, el sistema de comunicación incluye la unidad de control 10 y los conmutadores B a E. También, los números mostrados cerca de la unidad de control 10 y los conmutadores B a E significan números de identificación de puerto.

La unidad de control 10 transmite un paquete de solicitud desde el puerto N. ° 1 y el puerto N. ° 2, como se muestra en la Figura 10(a). Los números de secuencia incluidos en este paquete de solicitud son los mismos, que es “P” en el ejemplo en este punto. Los conmutadores B, D ambos reciben el paquete de solicitud y a continuación transmiten un paquete de respuesta a la unidad de control 10, como se muestra en la Figura 10(b). En este momento, los conmutadores B, D transmiten el paquete de respuesta desde los puertos a través de los que los conmutadores han recibido ese paquete de solicitud. Además, tras recibir durante la primera vez el paquete de solicitud que tiene el número de secuencia “P” definido en el mismo, los conmutadores B, D transmiten cada uno el paquete de solicitud desde un puerto distinto a través del que se ha recibido el paquete de solicitud. Este estado de transmisión se muestra en la Figura 10(c).

El conmutador C recibe el paquete de solicitud desde los conmutadores B, D. En respuesta al paquete de solicitud, el conmutador C a continuación transmite un paquete de respuesta a la unidad de control 10 desde el puerto a través del que se ha recibido el paquete de solicitud. Este estado de transmisión se muestra en la Figura 10(d). Tras recibir durante la primera vez el paquete de solicitud que tiene el número de secuencia “P” definido en el mismo, el conmutador C transmite el paquete de solicitud particular desde un puerto distinto a través del que se ha recibido el paquete de solicitud. Lo mismo se aplica también al conmutador E.

De esta manera, cada conmutador, tras recibir un paquete de solicitud, transmite un paquete de respuesta desde el puerto de recepción de paquete de solicitud a la unidad de control 10. Además, cada conmutador, tras recibir durante la primera vez el paquete de solicitud que tiene el número de secuencia “P” definido en el mismo, ejecuta la inundación con el paquete de solicitud particular. Esto hace que la unidad de control 10 reciba el paquete de respuesta transmitido desde cada puerto de cada conmutador, y genera la información de topología basándose en el paquete de respuesta. La unidad de control 10 establece adicionalmente los canales de control que conducen a cada conmutador, de acuerdo con la información de topología. Este estado de transmisión se muestra en la Figura 10(e). Aunque se muestran los canales de control que la unidad de control 10 ha establecido para los conmutadores C, E a modo de ejemplo en la Figura 10(e), estos canales de control para los conmutadores C, E no están limitados a los canales de control mostrados en la Figura 10(e).

La operación de la unidad de control y los conmutadores se detalla a continuación.

La Figura 11 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un flujo de proceso en la unidad de control 10. En primer lugar, la sección de búsqueda de topología 12 de la unidad de control 10 genera un paquete de solicitud y hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmita el paquete de solicitud (etapa S1). En la etapa S1, la sección de búsqueda de topología 12 genera el paquete de solicitud para cada puerto de la unidad de control 10. La sección de búsqueda de topología 12 a continuación define, como la lista de puertos de salida en cada paquete de solicitud generado, únicamente los números de identificación de puerto de los puertos desde los que se ha de transmitir el paquete de solicitud particular. La sección de búsqueda de topología 12 define también 1 como la longitud de la lista de puertos de salida, y 0 como el valor inicial del recuento de puertos. La sección de búsqueda de topología 12 define adicionalmente un número de secuencia común a cada paquete de solicitud para que se transmita desde cada puerto. La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmite el paquete de solicitud desde los puertos que corresponden a los números de identificación de puerto definidos en la lista de puertos de salida.

Cada conmutador ejecuta la inundación de paquetes de solicitud, sometido al hecho de que el número de secuencia incluido en el paquete de solicitud recibido es un número de secuencia que el conmutador no recibió antes. Ejecutando el proceso de inundación, cada conmutador recibe también el paquete de solicitud a través de no únicamente un puerto, sino también cada puerto que está vinculado, y a continuación transmite un paquete de respuesta desde cada puerto vinculado a la unidad de control 10.

Después de esto, la unidad de control 10 recibe el paquete de respuesta transmitido desde el puerto vinculado de cada conmutador (etapa S2). En la etapa S2, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 actualiza el último número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida definida en el paquete recibido, en el número de identificación del puerto a través del que se ha recibido el paquete de respuesta. Después de la operación de actualización, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 reorganiza los números de identificación de puerto en la lista de puertos de salida, en orden inverso. La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 a continuación emite el paquete de respuesta editado a la sección de búsqueda de topología 12.

La sección de búsqueda de topología 12 hace referencia a los paquetes de respuesta transmitidos de esta manera desde los respectivos puertos de los conmutadores, y crea información de topología (etapa S3). Puesto que la lista de puertos de salida en cada paquete de respuesta se actualiza o reorganiza en la etapa S2, la lista de puertos de salida representa las rutas desde la unidad de control 10 a los conmutadores de origen de transmisión de paquete de respuesta. La sección de búsqueda de topología 12 ve la lista de puertos de salida y la información definida en los paquetes de respuesta por los conmutadores, crea información de topología, y hace que la sección de almacenamiento de topología 13 almacene la información de topología. La creación de la información de topología se describirá en mayor detalle más adelante en el presente documento.

Después de la etapa S3, la sección de determinación de ruta de canal de control 14 hace referencia a la información de topología almacenada en la sección de almacenamiento de topología 13, y establece los canales de control que conducen a cada conmutador. Este método de ajuste no está limitado. Por ejemplo, la sección de determinación de ruta de canal de control 14 puede calcular la ruta más corta a cada conmutador y establecer esta ruta como el canal de control. La sección de determinación de ruta de canal de control 14 genera, para cada conmutador, un paquete de configuración que tiene una lista de puertos de salida definida en la misma para representar el canal de control al conmutador. La sección de determinación de ruta de canal de control 14 define también el valor de recuento de puerto inicial de 0 y longitud de la lista de puertos de salida, en el paquete de configuración. La sección de determinación de ruta de canal de control 14 hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmita el paquete de configuración que se ha generado para cada conmutador (etapa S4). En este momento, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmite el paquete de configuración desde el primer puerto definido en la lista de puertos de salida del paquete de configuración.

El conmutador, tras recibir el paquete de configuración, usa el paquete de configuración para identificar el canal de control a la unidad de control 10, y almacena el canal. Esto posibilita que la unidad de control 10 y cada conmutador reconozcan el canal de control. Cuando la unidad de control 10 transmite un mensaje de control, la sección de tunelización de mensaje de control 15 genera un paquete de túnel codificando y encapsulando el mensaje de control. En este momento, la sección de tunelización de mensaje de control 15 define la lista de puertos de salida que representa el canal de control, longitud de la lista de puertos de salida, y el valor de recuento de puerto inicial de 0, en el paquete de túnel. Después de esto, la sección de tunelización de mensaje de control 15 hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmita el paquete de túnel. La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 transmite el paquete de túnel desde el primer puerto definido en la lista de puertos de salida del paquete de túnel. En el caso de que el conmutador transmita el mensaje de control, la sección de tunelización de mensaje de control 25 y la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 operan de manera similar a lo anterior.

Además, después de recibir la unidad de control 10 el paquete de túnel desde el conmutador, la sección de tunelización de mensaje de control 15 desencapsula el mensaje de control y decodifica el mensaje de control desencapsulado. La unidad de control 10 a continuación realiza un proceso apropiado para el mensaje de control

decodificado.

Adicionalmente, la unidad de control 10 ejecuta periódicamente la etapa de proceso S1 hacia delante. En este momento, la sección de búsqueda de topología 12 cambia el número de secuencia cada vez que se ejecuta la etapa S1 a periodos fijos. Después de la etapa S1 del segundo ciclo de proceso y posteriores, únicamente los conmutadores que han cambiado en estado de conexión transmiten un paquete de respuesta. La sección de búsqueda de topología 12 crea información de topología en la etapa S3 del primer ciclo. En la etapa S3 del segundo ciclo y ciclos de proceso posteriores, la sección de búsqueda de topología 12 usa el paquete de respuesta recibido para actualizar la información de topología almacenada en la sección de almacenamiento de topología 13.

A continuación, se describe más adelante la creación de información de topología (etapa S3). La Figura 12 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo para crear información de topología. Este ejemplo supone que la unidad de control 10 ya ha recibido paquetes de respuesta transmitidos desde cada puerto vinculado de cada conmutador y que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 ya ha llevado a cabo las operaciones de actualización y reorganización de lista de puertos de salida después de cada paquete de respuesta.

La sección de búsqueda de topología 12 asigna 1 a una variable "i" (etapa S11). La variable "i" se usa para especificar longitud de la lista de puertos de salida.

La sección de búsqueda de topología 12 extrae un paquete de respuesta igual a "i" en la longitud de la lista de puertos de salida. A continuación, la sección de búsqueda de topología 12 identifica qué puerto de qué nodo representa el último número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida de ese paquete de respuesta (etapa S12). Si $i=1$, la sección de búsqueda de topología 12 identifica el puerto que corresponde al número de identificación de puerto particular en la unidad de control 10. Si $i>2$, la sección de búsqueda de topología 12 traza cada conmutador en orden desde el primer número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida e identifica el conmutador al que pertenece el último número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida. La sección de búsqueda de topología 12 a continuación identifica el puerto que corresponde al número de identificación de puerto particular de ese conmutador. La sección de búsqueda de topología 12 hace referencia a los paquetes de respuesta en orden descendente de la longitud de la lista de puertos de salida y crea la información de topología. Esto posibilita que la sección de búsqueda de topología 12 trace cada conmutador en orden desde el primer número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida.

A continuación, la sección de búsqueda de topología 12 identifica el conmutador que transmitió el paquete de respuesta extraído en la etapa S12, y el puerto que el conmutador usó para transmitir el paquete de respuesta (etapa S13). El puerto que el conmutador usó para transmitir el paquete de respuesta es el mismo que el puerto que el conmutador usó para recibir el paquete de solicitud, y el número de identificación de este puerto se define en el paquete de respuesta. La información que identifica el conmutador que transmitió el paquete de respuesta se define también en el mismo. Leyendo las definiciones en el paquete de respuesta, la sección de búsqueda de topología 12 puede identificar el conmutador de origen de transmisión de paquete de respuesta y el puerto que el conmutador usó para transmitir el paquete de respuesta.

A continuación, la sección de búsqueda de topología 12 determina que el puerto que se identificó en la etapa S12 y el puerto de el conmutador que se identificó en la etapa S13 están interconectados, y hace que la sección de almacenamiento de topología 13 almacene la relación de interconexión (etapa S14).

En la siguiente etapa S15, la sección de búsqueda de topología 12 determina la presencia de otro paquete de respuesta igual a "i" en la longitud de la lista de puertos de salida y que no se ha sometido al proceso de las etapas S12 a S14. Si existe un paquete de respuesta de este tipo ("Si" en la etapa S15), la sección de búsqueda de topología 12 repite del proceso de la etapa S12 hacia delante.

Si no existen paquetes de respuesta de este tipo, la sección de búsqueda de topología 12 añade 1 al valor de la variable "i" (etapa S16) y repite del proceso de la etapa S12 hacia delante.

La creación de información de topología por la sección de búsqueda de topología 12 está completada, por ejemplo, cuando el proceso de las etapas S12 a S14 para todos los paquetes de respuesta se ejecuta para finalización. Un conjunto formado combinando una pluralidad de relaciones de conexión inter-puerto tales como la relación de interconexión entre los puertos identificada en la etapa S14 es la información de topología.

En la etapa S2 del segundo ciclo de proceso y posteriores (véase la Figura 11), la unidad de control 10 recibe un paquete de respuesta únicamente desde los conmutadores cuyas relaciones de interconexión han cambiado con respecto un conmutador adyacente. En este caso, la sección de búsqueda de topología 12 actualiza la información de topología de la manera que se va a describir a continuación. Esta operación de actualización supone que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 ha llevado a cabo las operaciones de actualización y reorganización de lista de puertos de salida después de cada paquete de respuesta.

La sección de búsqueda de topología 12 clasifica los paquetes de respuesta en orden descendente de la longitud de la lista de puertos de salida. Después de esto, la sección de búsqueda de topología 12 lleva a cabo los procesos de las etapas S12 a S14 después de los paquetes de respuesta, con el paquete de la lista de puertos de salida más corta en primer lugar.

5 En este momento, si la información de puerto sobre otros conmutadores a conectarse a los puertos identificada en la etapa S12 está incluida en la información de topología, la sección de búsqueda de topología 12 la borra de la misma indicando la información las relaciones de interconexión entre conmutadores posteriores a aquellos conmutadores, y ejecuta los procesos de las etapas S13, S14. Esto actualiza la información de topología.

10 Un ejemplo más específico para crear información de topología se describe a continuación. La Figura 13 muestra un ejemplo de rutas de los paquetes de respuesta transmitidos desde cada puerto de cada conmutador. El ejemplo en la Figura 13 muestra la misma topología que el de la Figura 10. Los números mostrados cerca de la unidad de control 10, por ejemplo, significan números de identificación de puerto. Además, las rutas "a" a "h", marcadas con una flecha, son aquellas de los paquetes de respuesta transmitidos desde cada puerto de cada conmutador.

15 La Figura 14 muestra los paquetes de respuesta que alcanzan la unidad de control 10 a través de las rutas "a" a "h" en la Figura 13. En la Figura 14, "src:N. ° 2@B", por ejemplo, representa el conmutador que transmitió el paquete de respuesta, y el puerto que el conmutador usó. El número que sigue "N. °" es el número de identificación de puerto, y el símbolo que sigue "@" es la información que identifica el conmutador. Por ejemplo, "src:N. ° 2@B" significa que el paquete de respuesta se transmitió desde el puerto N. ° 2 del conmutador B. Además, "puertos: ()" significa la lista de puertos de salida. En la etapa S2, sin embargo, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 11 actualiza el último número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida definida en el paquete recibido, en el número de identificación de puerto del puerto a través del que se ha recibido el paquete de respuesta, y reorganiza adicionalmente los números de identificación de puerto en la lista de puertos de salida, en orden inverso. La lista de puertos de salida mostrada en la Figura 14 es la que existe después de que se hayan llevado a cabo las operaciones de actualización y reorganización. En lo sucesivo, cada paquete de respuesta mostrado en la Figura 14 se expresará con el mismo símbolo que el de la ruta que el paquete de respuesta sigue para alcanzar la unidad de control 10. Por ejemplo, el paquete de respuesta que pasó a través de la ruta "a" mostrada en la Figura 13 se denominará paquete de respuesta "a".

20 La sección de búsqueda de topología 12 establece "i=1" (etapa S11) y lleva a cabo los procesos de las etapas S12 a S14 para los paquetes de respuesta "a", "b".

35 La sección de búsqueda de topología 12 identifica que el último número de identificación de puerto "2" en la lista de puertos de salida del paquete de respuesta "a" es el puerto N. ° 2 de la unidad de control 10 (etapa S12). La sección de búsqueda de topología 12 determina adicionalmente que el paquete de respuesta "a" se ha transmitido desde el puerto N. ° 2 del conmutador B (etapa S13). La sección de búsqueda de topología 12 a continuación determina que el puerto N. ° 2 de la unidad de control 10 y el puerto N. ° 2 del conmutador B están conectados entre sí (etapa S14).

40 De manera similar, la sección de búsqueda de topología 12 usa el paquete de respuesta "b" para determinar que el puerto N. ° 1 de la unidad de control 10 y el puerto N. ° 1 del conmutador D están interconectados.

45 A continuación, la sección de búsqueda de topología 12 establece "i=2" (véase la etapa S16) y lleva a cabo los procesos de las etapas S12 a S14 para los paquetes de respuesta "c", "d", "e", "f".

50 La sección de búsqueda de topología 12 identifica que el último número de identificación de puerto "3" en la lista de puertos de salida del paquete de respuesta "c" es el puerto N. ° 3 del conmutador B (etapa S12). Puesto que la lista de puertos de salida en el paquete de respuesta "c" es (N. ° 2, N. ° 3), la sección de búsqueda de topología 12 puede llevar a cabo esa identificación desde una relación de interconexión conocida. La sección de búsqueda de topología 12 determina adicionalmente que el paquete de respuesta "c" se ha transmitido desde el puerto N. ° 2 del conmutador C (etapa S13). La sección de búsqueda de topología 12 a continuación determina que el puerto N. ° 3 del conmutador B y el puerto N. ° 2 del conmutador C están interconectados.

55 De manera similar, la sección de búsqueda de topología 12 usa el paquete de respuesta "d" para determinar que el puerto N. ° 2 del conmutador D y el puerto N. ° 1 del conmutador C están interconectados. La sección de búsqueda de topología 12 análogamente usa el paquete de respuesta "e" para determinar que el puerto N. ° 1 del conmutador B y el puerto N. ° 2 del conmutador E están interconectados. La sección de búsqueda de topología 12 análogamente usa el paquete de respuesta "f" para determinar que el puerto N. ° 3 del conmutador D y puerto N. ° 1 del conmutador E están interconectados.

60 A continuación, la sección de búsqueda de topología 12 establece "i=3" (véase la etapa S16) y lleva a cabo los procesos de las etapas S12 a S14 para los paquetes de respuesta "g", "h".

65 La sección de búsqueda de topología 12 identifica que el último número de identificación de puerto "1" en la lista de puertos de salida del paquete de respuesta "g" es el puerto N. ° 1 del conmutador C (etapa S12). Puesto que la lista

- de puertos de salida en el paquete de respuesta “g” es (N. ° 2, N. ° 3, N. ° 1), la sección de búsqueda de topología 12 puede llevar a cabo que la identificación desde una relación de interconexión conocida. La sección de búsqueda de topología 12 determina adicionalmente que el paquete de respuesta “g” se ha transmitido desde el puerto N. ° 2 del conmutador D. La sección de búsqueda de topología 12 a continuación determina que el puerto N. ° 1 del conmutador C y el puerto N. ° 2 del conmutador D están interconectados (etapa S14).
- La sección de búsqueda de topología 12 análogamente usa el paquete de respuesta “h” para determinar que el puerto N. ° 2 del conmutador E y el puerto N. ° 1 del conmutador B están interconectados.
- En el presente ejemplo, aunque los procesos de las etapas S12 a S14 se han realizado para los paquetes de respuesta “g”, “h” también, la sección de búsqueda de topología 12 puede completar la información de topología usando únicamente los paquetes de respuesta “a” a “f”.
- Las Figuras 15 y 16 son diagramas de flujo que muestran ejemplos de un flujo de proceso en un conmutador. Después de recibir el conmutador un paquete específico, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 determina si el paquete específico es un paquete de solicitud (etapa S21). Si el paquete específico recibido es un paquete de solicitud (“S” en la etapa S21), la sección de transmisión/recepción de paquete específico 21 emite el paquete de solicitud a la sección de control de inundación 22.
- La sección de control de inundación 22 determina si el número de secuencia en el paquete de solicitud que se ha introducido desde la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 está de acuerdo con cualquiera de los números de secuencia almacenados (etapa S23). Si el número de secuencia no está de acuerdo con cualquiera de los almacenados (“No” en la etapa S23), la sección de control de inundación 22 lleva a cabo la inundación con el paquete de solicitud ejecutando las etapas de proceso S24 y S25 que siguen. Más específicamente, la sección de control de inundación 22 crea una copia del paquete de solicitud para cada puerto distinto de a través del que se ha recibido el paquete de solicitud, y actualiza la lista de puertos de salida, longitudes de los mismos, y recuentos de puertos en cada paquete de solicitud (etapa S24). La sección de control de inundación 22 añade a un extremo de la lista de puertos de salida el número de identificación de un puerto de salida desde el que se ha de transmitir el paquete de solicitud copiado en la etapa S24. La sección de control de inundación 22 sustituye también, todos los números de identificación de puerto en la lista de puertos de salida, correspondiendo únicamente el número de identificación de puerto a una posición dictada desde el recuento de puertos, con el número de identificación del puerto a través del que se ha recibido el paquete de solicitud. Si el valor inicial del recuento de puertos es 0 y un valor actual del recuento de puertos es “k”, la sección de inundación 22 actualiza el (k+1)-ésimo número de identificación de puerto. Adicionalmente, la sección de control de inundación 22 añade 1 al valor de longitud de la lista de puertos de salida y el valor del recuento de puertos. La sección de control de inundación 22 a continuación hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 transmita el paquete de solicitud (etapa S25). La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 transmite el paquete de solicitud desde el puerto correspondiente al número de identificación de puerto que se ha añadido al final de la lista de puertos de salida. El proceso a continuación se mueve a la etapa S26.
- Si el número de secuencia en el paquete de solicitud está de acuerdo con uno cualquiera de los números de secuencia almacenados (“Sí” en la etapa S23), la sección de control de inundación 22 no ejecuta las etapas de proceso S24, S25 y el proceso se mueve a continuación a la etapa S26.
- En la etapa S26, la sección de control de inundación 22 emite el paquete de solicitud recibido del conmutador intacto a la sección de suministro de información 23.
- La sección de suministro de información 23 determina si el propio el conmutador ha cambiado en relación de conexión desde un momento cuando se transmitieron los paquetes de respuesta en respuesta a los paquetes de solicitud transmitidos desde la unidad de control 10 en el pasado (etapa S27). Es decir, la sección de suministro de información 23 determina si el conmutador actualmente conectado al conmutador de la sección de suministro de información 23 se sustituye por cualquier otro conmutador o se desconecta. Si no hay cambio en la relación de conexión (“No” en la etapa S27), el proceso de recepción de paquete de solicitud está completado.
- Si hubiera cambios en relación de conexión (“Sí” en la etapa S27), la sección de suministro de información 23 genera un paquete de respuesta y hace que la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 transmita el paquete de respuesta (etapa S28). La sección de suministro de información 23 genera el paquete de respuesta que incluye la información que indica un puerto vinculado del propio conmutador, identificando la información el conmutador, y el número de identificación del puerto que el conmutador ha usado para recibir el paquete de solicitud. La sección de suministro de información 23 también actualiza el último número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida definida en el paquete de solicitud que se ha introducido, en el número de identificación del puerto de recepción de paquete de solicitud, y reserva adicionalmente el orden de reorganización de los números de identificación de puerto en la lista de puertos de salida. Después de esta reorganización, la sección de suministro de información 23 define la lista de puertos de salida en el paquete de respuesta. La sección de suministro de información 23 define también la longitud de la lista de puertos de salida y un valor inicial del recuento de puertos, en el paquete de respuesta, y a continuación hace que la sección de transmisión/recepción de

paquetes específicos 21 transmita el paquete de respuesta. La sección de transmisión/recepción de paquete específico 21 transmite el paquete de respuesta desde el puerto indicado mediante el primer número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida. El proceso de recepción de paquete de solicitud llega a su fin tras la finalización de la etapa S28.

5 De esta manera, sometido a que el conmutador se está cambiando en relación de conexión, se genera y transmite un paquete de respuesta, en el cual se suprime un aumento en tráfico asociado con la transmisión y recepción de paquetes de respuesta que no afectan a la información de topología.

10 Si el paquete específico recibido no es un paquete de solicitud ("No" en la etapa S21), la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 determina si el propio conmutador que recibió el paquete específico es el destino del paquete específico (etapa S29). Si el propio el conmutador es el destino ("Sí" en la etapa S29), la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 discrimina el tipo de este paquete específico (etapa S30).

15 Si el paquete específico es un paquete de configuración, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 emite el paquete de configuración a la sección de almacenamiento de ruta 24 (etapa S31). La sección de almacenamiento de ruta 24 actualiza el último número de identificación de puerto en la lista de puertos de salida definida en el paquete de configuración, en el número de identificación del puerto a través del que se ha recibido el paquete de configuración. Después de esto, la sección de almacenamiento de ruta 24 reorganiza los números de identificación de puerto en la lista de puertos de salida, en orden inverso, y almacena la lista de puertos de salida editada como la información que indica la ruta que se hace un canal de control (etapa S32).

20 Si el paquete específico es un paquete de túnel, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 emite el paquete de túnel a la sección de tunelización de mensaje de control 25 (etapa S33). La sección de tunelización de mensaje de control 25 desencapsula el mensaje de control desde el paquete de túnel y decodifica el mensaje de control desencapsulado (etapa S34). El conmutador lleva a cabo un proceso apropiado para el mensaje de control.

25 Si el propio conmutador que recibió el paquete específico no es el destino de este paquete ("No" en la etapa S29), la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 actualiza, todos los números de identificación de puerto en la lista de puertos de salida, correspondiendo únicamente el número de identificación de puerto a la posición dictada desde el recuento de puertos, en el número de identificación del puerto a través del que se ha recibido el paquete específico. La sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 también añade 1 al recuento de puertos en el paquete específico (etapa S35). Después de esto, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos 21 transmite el paquete específico (etapa S36).

30 El proceso de recepción de paquete específico está completado después de que se haya finalizado cualquier etapa S32, S34 o S36.

40 De acuerdo con la presente invención, los canales de control entre la unidad de control y cada conmutador se establecen mediante la red de comunicaciones que los conmutadores usan para transferir paquetes de datos. En otras palabras, la red de comunicaciones que los conmutadores usan para transferir paquetes de datos, y los canales de control se realizan con una clase de red de comunicaciones. Esto, a su vez, produce los siguientes efectos ventajosos.

45 En primer lugar, mejora de redundancia y tolerancia a fallos. Esto es puesto que, incluso en el caso de que tenga lugar un fallo en parte de la red de comunicaciones a través de la que los conmutadores transfieren paquetes de datos, los canales de control pueden establecerse si se aseguran las rutas desde la unidad de control 10 a los conmutadores. Por ejemplo, en la topología mostrada en la Figura 2, incluso si tiene lugar un fallo entre la unidad de control 10 y el conmutador 20b, un paquete de solicitud que ha transmitido la unidad de control 10 al conmutador 20a puede alcanzar cada conmutador. Esto, a su vez, posibilita el establecimiento de los canales de control entre la unidad de control 10 y cada conmutador.

50 Las comparaciones contra el sistema de comunicación general mostrado a modo de ejemplo en la Figura 20 se analizan a continuación. Como se muestra en la Figura 20, en una configuración con una red de comunicaciones de control 93 proporcionada independientemente de una red de comunicaciones de transferencia de paquetes 94, incluso si existen las rutas que posibilitan que un paquete alcance los conmutadores 92 desde una unidad de control 91 físicamente, estas rutas no se usan para control. Por consiguiente, un fallo en la red de comunicaciones de control 93 provocará un fallo de control en la unidad de control 91, reduciendo por lo tanto la tolerancia a fallos. La presente invención, en contraste, mejora la redundancia y tolerancia a fallos por las razones anteriores.

55 En segundo lugar, puesto que no hay necesidad de proporcionar una red de comunicaciones especial para los canales de control, no hay necesidad de gestionar una red de comunicaciones especial de este tipo, y por lo tanto el sistema de comunicación puede reducirse en costes de gestión. Si el número de conmutadores se aumenta o reduce, la transmisión de paquetes de solicitud por la unidad de control 10 también posibilita la creación de la última

información de topología, y por lo tanto el establecimiento de los canales de control que conducen a cada conmutador.

5 Las comparaciones contra el sistema de comunicación general mostrado a modo de ejemplo en la Figura 20 se analizan a continuación. En el sistema de comunicación mostrado a modo de ejemplo en la Figura 20, aumentan los costes de gestión puesto que la red de comunicaciones de control 93 y la red de comunicaciones de transferencia de paquetes 94 ambas necesitan gestión. Por ejemplo, si la topología del grupo de conmutadores se cambia añadiendo conmutadores, surge la necesidad de añadir un enlace tanto a la red de comunicaciones de control 93 como la red de comunicaciones de transferencia de paquetes 94, para adecuar/adaptar el cambio. En la presente invención, sin embargo, el uso de la secuencia anterior reduce el coste requerido para la gestión del sistema de comunicación.

15 En tercer lugar, incluso después de que se haya aumentado el número de conmutadores, la unidad de control 10 puede crear la última información de topología transmitiendo un paquete de solicitud, como se ha descrito anteriormente. En este momento, puesto que únicamente la unidad de control 10 es el origen de transmisión del paquete de solicitud, el tráfico asociado con los intercambios de paquetes específicos bajo el aumento en el número de conmutadores puede suprimirse a un nivel inferior que en casos tales como adoptar BPDU en STP. Esta ventaja, a su vez, hace posible evitar que el sistema de comunicación gaste demasiado tiempo antes de empezar la creación de información de topología, y de cargar de manera intensa la línea de comunicaciones.

20 Las comparaciones contra el sistema de comunicación general mostrado a modo de ejemplo en la Figura 20 se analizan a continuación. En el sistema de comunicación mostrado a modo de ejemplo en la Figura 20, si se cambia la topología de los conmutadores, puesto que se intercambia una trama de control (por ejemplo, BPDU en STP) que el sistema de comunicación ha de usar para reconocer la nueva topología entre los conmutadores, usando demasiados conmutadores conducirá a generación frecuente de una trama de control de este tipo y da como resultado que se requiera una gran cantidad de tiempo para mejora de este estado, o que se cargue de manera intensa la línea de comunicaciones. En la presente invención, sin embargo, puesto que puede suprimirse el tráfico asociado con los intercambios de paquetes específicos bajo el aumento en el número de conmutadores, como se ha descrito anteriormente, a un nivel inferior que en casos tales como adoptar BPDU en STP, puede conseguirse escalabilidad con respecto a una escala del sistema de comunicación.

30 Adicionalmente, cada conmutador ejecuta la inundación de paquetes de solicitud, de modo que la unidad de control 10, transmitiendo un paquete de solicitud desde un puerto, puede recopilar un paquete de respuesta usado para identificar una topología de una cadena de conmutadores conectados a ese puerto. La unidad de control 10, por lo tanto, necesita únicamente transmitir un paquete de solicitud desde un puerto durante una sesión de búsqueda de topología periódica. Esto minimiza un tiempo de recopilación de paquete de respuesta.

35 A continuación, se describen más adelante ejemplos de configuraciones mínimas de la presente invención. La Figura 17 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración mínima del sistema de comunicación de acuerdo con la presente invención. La Figura 18 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de unidad de control mínima en la presente invención. La Figura 19 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de unidad de transferencia de paquetes mínima en la presente invención.

45 El sistema de comunicación de acuerdo con la presente invención incluye una pluralidad de unidades de transferencia de paquetes 90 (por ejemplo, los conmutadores 20a a 20d) y una unidad de control 80 (por ejemplo, la unidad de control 10) que controla cada unidad de transferencia de paquetes 90.

50 La unidad de control 80 incluye el medio de transmisión de solicitud de respuesta 81, el medio de recepción de respuesta 82, y el medio de creación de información de topología 83 (véanse las Figuras 17, 18).

El medio de transmisión de solicitud de respuesta 81 (por ejemplo, una parte que incluye la sección de búsqueda de topología 12 y la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos del lado de la unidad de control 11) transmite una solicitud de respuesta (por ejemplo, un paquete de solicitud) a la unidad de transferencia de paquetes.

55 El medio de recepción de respuesta 82 (por ejemplo, la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos del lado de la unidad de control 11) recibe una respuesta (por ejemplo, un paquete de respuesta) que incluye información sobre puertos proporcionados en la unidad de transferencia de paquetes, desde la unidad de transferencia de paquetes.

60 El medio de creación de información de topología 83 (por ejemplo, la sección de búsqueda de topología 12) usa las respuestas transmitidas desde cada unidad de transferencia de paquetes, para crear información de topología que incluye información sobre interconexión entre un puerto proporcionado en la unidad de control y cada puerto de las unidades de transferencia de paquetes.

65 La unidad de transferencia de paquetes 90 incluye el medio de transferencia 91 y el medio de transmisión de respuesta 92 (véanse las Figuras 17, 19).

El medio de transferencia 91 (por ejemplo, una parte que incluye la sección de control de inundación 22 y la sección de transmisión/recepción de paquete específico 21), tras recibir una solicitud de respuesta, transfiere la solicitud de respuesta desde un puerto distinto a través del que se ha recibido la solicitud de respuesta.

- 5 El medio de transmisión de respuesta 92 (por ejemplo, una parte que incluye la sección de suministro de información 23 y la sección de transmisión/recepción de paquetes específicos del lado del conmutador 21), tras recibir una solicitud de respuesta, devuelve una respuesta que incluye información sobre puertos de la unidad de transferencia de paquetes local, transmitiéndose la respuesta a través de una ruta para la unidad de control.
- 10 Esta solicitud reivindica prioridad basándose en la Solicitud de Patente Japonesa N. ° 2009-298853, presentada el 28 de diciembre de 2009.

Aplicabilidad industrial

- 15 La presente invención se aplica adecuadamente a un sistema de comunicación que incluye una pluralidad de unidades de transferencia de paquetes y una unidad de control que controla cada unidad de transferencia de paquetes.

Lista de signos de referencia

- 20
- 10 unidad de control
 - 11 sección de transmisión/recepción de paquetes específicos del lado de la unidad de control
 - 12 sección de búsqueda de topología
 - 13 sección de almacenamiento de topología
- 25
- 14 sección de determinación de ruta de canal de control
 - 15 sección de tunelización de mensaje de control del lado de la unidad de control
 - 20, 20a a 20d, 20A a 20D conmutadores (unidades de transferencia de paquetes)
 - 21 sección de transmisión/recepción de paquetes específicos del lado del conmutador
 - 22 sección de control de inundación
- 30
- 23 sección de suministro de información
 - 24 sección de almacenamiento de ruta
 - 25 sección de tunelización de mensaje de control del lado del conmutador

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de comunicación que comprende:

- 5 una pluralidad de conmutadores (20a, 20b, 20c, 20d); y
 una unidad de control (10) que controla cada uno de los conmutadores, estando dicho sistema de
 comunicaciones **caracterizado por que** la unidad de control incluye
 un medio de transmisión de solicitud de respuesta (11) que transmite una solicitud de respuesta al conmutador,
 10 un medio de recepción de respuesta (11) que recibe una respuesta que incluye información sobre puertos
 proporcionados en el conmutador, desde el conmutador,
 un medio de creación de información de topología (12) que crea información de topología, basándose en la
 respuesta transmitida desde cada conmutador, incluyendo la información de topología información de
 interconexión de puerto con relación a puertos proporcionados en la unidad de control y cada puerto de los
 conmutadores, y
 15 un medio de determinación de canal de control (14) que determina un canal de control para mensajes de control,
 usando una red de comunicación que los conmutadores usan para transferir paquetes, basándose en la
 información de topología; y
 el conmutador incluye
 20 un medio de transferencia (21) que transfiere la solicitud de respuesta desde un puerto distinto a través del
 que se ha recibido la solicitud de respuesta, cuando se recibe la solicitud de respuesta, y
 un medio de transmisión de respuesta (21) que devuelve la respuesta que incluye información sobre los
 puertos del conmutador, transmitiéndose la respuesta a través de una ruta para la unidad de control, cuando
 se recibe la solicitud de respuesta; y
 25 la unidad de control transmite mensajes de control a cada conmutador y recibe mensajes de control desde
 cada conmutador, mediante el canal de control que se determina que usa la red de comunicación.

2. El sistema de comunicación de acuerdo con la reivindicación 1,
 donde: el medio de transmisión de solicitud de respuesta transmite una solicitud de respuesta al conmutador
 30 periódicamente, incluyendo la solicitud de respuesta información de identificación de recuento de transmisión que
 indica el número de veces de transmisión de solicitud de respuesta; y
 la transferencia significa una solicitud de respuesta desde un puerto distinto a través del que ha recibido el medio de
 transferencia la solicitud de respuesta, cuando el número incluido en la información de identificación de recuento de
 transmisión en la solicitud de respuesta recibida es el número que no se ha recibido aún.

3. El sistema de comunicación de acuerdo con la reivindicación 2,
 donde: el medio de transmisión de respuesta devuelve una respuesta en respuesta a la solicitud de respuesta
 recibida, si una relación de conexión del propio conmutador que ha recibido la solicitud de respuesta, con respecto a
 cualquier otro conmutador, se cambia desde un momento cuando se transmitió la respuesta en respuesta a una
 40 solicitud de respuesta transmitida desde la unidad de control en el pasado.

4. El sistema de comunicación de acuerdo con la reivindicación 2 o 3,
 donde: el medio de creación de información de topología actualiza la información de topología basándose en la
 respuesta, cuando el medio de creación de información de topología recibió una respuesta en respuesta a la
 45 solicitud de respuesta transmitida después de la creación de información de topología.

5. El sistema de comunicación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,
 donde:

- 50 el medio de determinación de canal de control determina el canal de control que es la ruta entre la unidad de
 control y cada conmutador basándose en información de topología, y
 la unidad de control incluye
 un medio de transmisión de aviso de canal de control (11) que transmite un aviso de canal de control para
 notificar al conmutador del canal de control; y
 55 el conmutador incluye

- un medio de almacenamiento de canal de control (24) que almacena el canal de control formado entre la unidad
 de control y el conmutador, basándose en el aviso de canal de control, cuando se recibe el aviso de canal de
 60 control.

6. Una unidad de control (10) que controla una pluralidad de conmutadores (20a, 20b, 20c, 20d),
 estando dicha unidad de control **caracterizada por que** comprende:

- 65 un medio de transmisión de solicitud de respuesta (11) que transmite una solicitud de respuesta al conmutador,
 un medio de recepción de respuesta (11) que recibe una respuesta que incluye información sobre puertos

proporcionados en el conmutador, desde el conmutador,
 un medio de creación de información de topología (12) que crea información de topología, basándose en la
 respuesta transmitida desde cada conmutador, incluyendo la información de topología información de
 interconexión de puerto con relación a puertos proporcionados en la unidad de control y cada puerto de los
 5 conmutadores,
 un medio de determinación de canal de control (14) que determina un canal de control para mensajes de control,
 usando una red de comunicación que los conmutadores usan para transferir paquetes, basándose en la
 información de topología, y
 un medio (15) que transmite mensajes de control a cada conmutador y recibe mensajes de control desde cada
 10 conmutador, mediante el canal de control que se determina que usa la red de comunicación.

7. La unidad de control de acuerdo con la reivindicación 6,
 donde: el medio de transmisión de solicitud de respuesta transmite una solicitud de respuesta al conmutador
 periódicamente, incluyendo la solicitud de respuesta información de identificación de recuento de transmisión que
 15 indica el número de veces de transmisión de solicitud de respuesta.

8. Un conmutador (20a, 20b, 20c, 20d) controlado por una unidad de control (10) que usa el protocolo openflow, en
 un sistema de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 1, estando dicho conmutador
caracterizado por que
 20 comprende:

un medio de transferencia (21) que transfiere la solicitud de respuesta desde un puerto distinto a través del que
 se ha recibido la solicitud de respuesta, cuando se recibe la solicitud de respuesta desde la unidad de control,
 un medio de transmisión de respuesta (21) que devuelve la respuesta que incluye información sobre los puertos
 25 del conmutador, transmitiéndose la respuesta a través de una ruta para la unidad de control, cuando se recibe la
 solicitud de respuesta desde la unidad de control, y
 un medio (25) que transmite y recibe mensajes de control mediante un canal de control que se determina
 mediante la unidad de control usando una red de comunicación que el conmutador usa para transferir paquetes,
 basándose en información de topología.

9. Un método de control implementado mediante una unidad de control (10) que controla una pluralidad de
 conmutadores (20a, 20b, 20c, 20d), en un sistema de comunicaciones de acuerdo con la reivindicación 1,
 estando dicho método **caracterizado por que**
 35 la unidad de control ejecuta las etapas de:

transmitir una solicitud de respuesta a cada conmutador;
 recibir, desde el conmutador, una respuesta que incluye información sobre puertos proporcionados en el
 conmutador;
 crear información de topología, basándose en la respuesta transmitida desde cada conmutador, incluyendo la
 40 información de topología información de interconexión de puerto con relación a puertos proporcionados en la
 unidad de control y cada puerto de los conmutadores; y
 determinar un canal de control para mensajes de control, usando una red de comunicación que los
 conmutadores usan para transferir paquetes, basándose en la información de topología.

10. Un programa de uso de unidad de control instalado en un ordenador que es una unidad de control (10) que
 controla una pluralidad de conmutadores (20a, 20b, 20c, 20d), estando dicho programa de uso de unidad de control
caracterizado por que, cuando se ejecuta por un ordenador provoca que dicho ordenador ejecute las etapas de:

transmitir una solicitud de respuesta a cada conmutador;
 50 recibir, desde el conmutador, una respuesta que incluye información sobre puertos proporcionados en el
 conmutador;
 crear información de topología, basándose en la respuesta transmitida desde cada conmutador, incluyendo la
 información de topología información de interconexión de puerto con relación a puertos proporcionados en la
 unidad de control y cada puerto de los conmutadores;
 55 determinar un canal de control para mensajes de control, usando una red de comunicación que los
 conmutadores usan para transferir paquetes, basándose en la información de topología;
 y
 transmitir mensajes de control a cada conmutador y recibir mensajes de control desde cada conmutador,
 mediante el canal de control que se determina que usa la red de comunicación.

FIG. 1 (a)



FIG. 1 (b)



FIG. 1 (c)

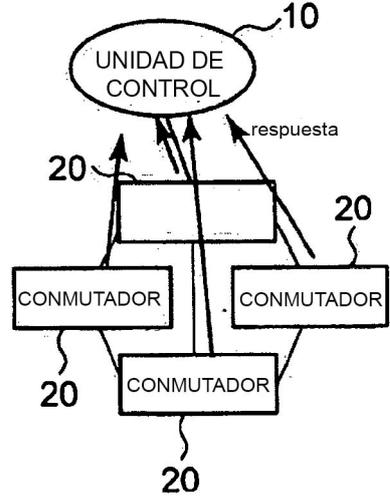


FIG. 1 (d)

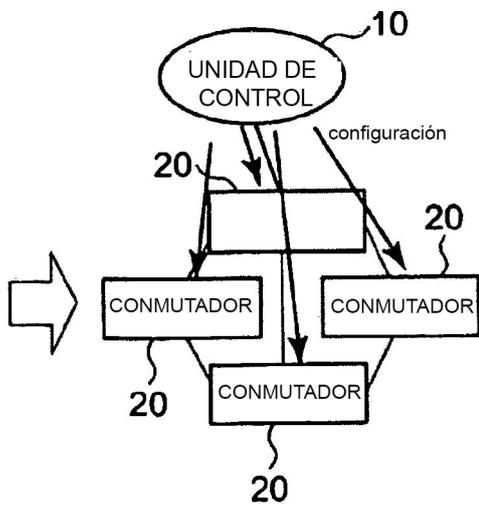


FIG. 1 (e)

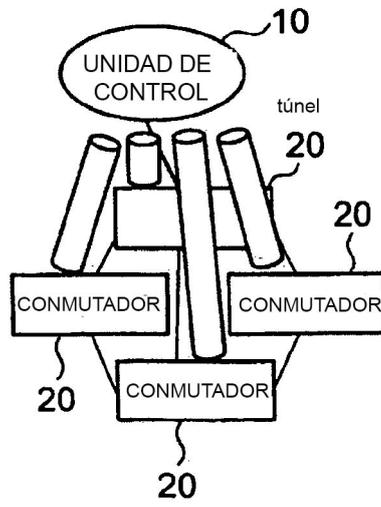


FIG. 2

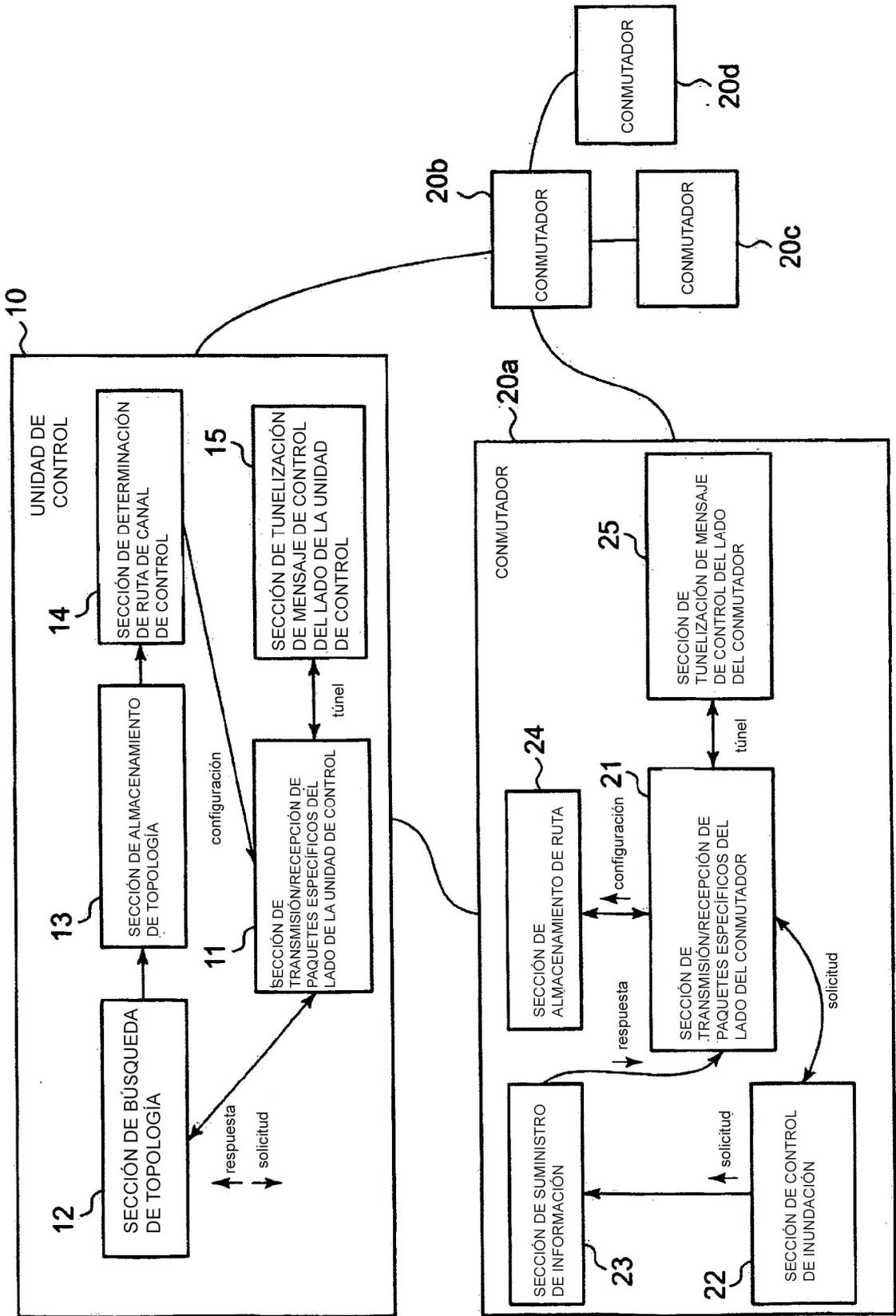


FIG. 3

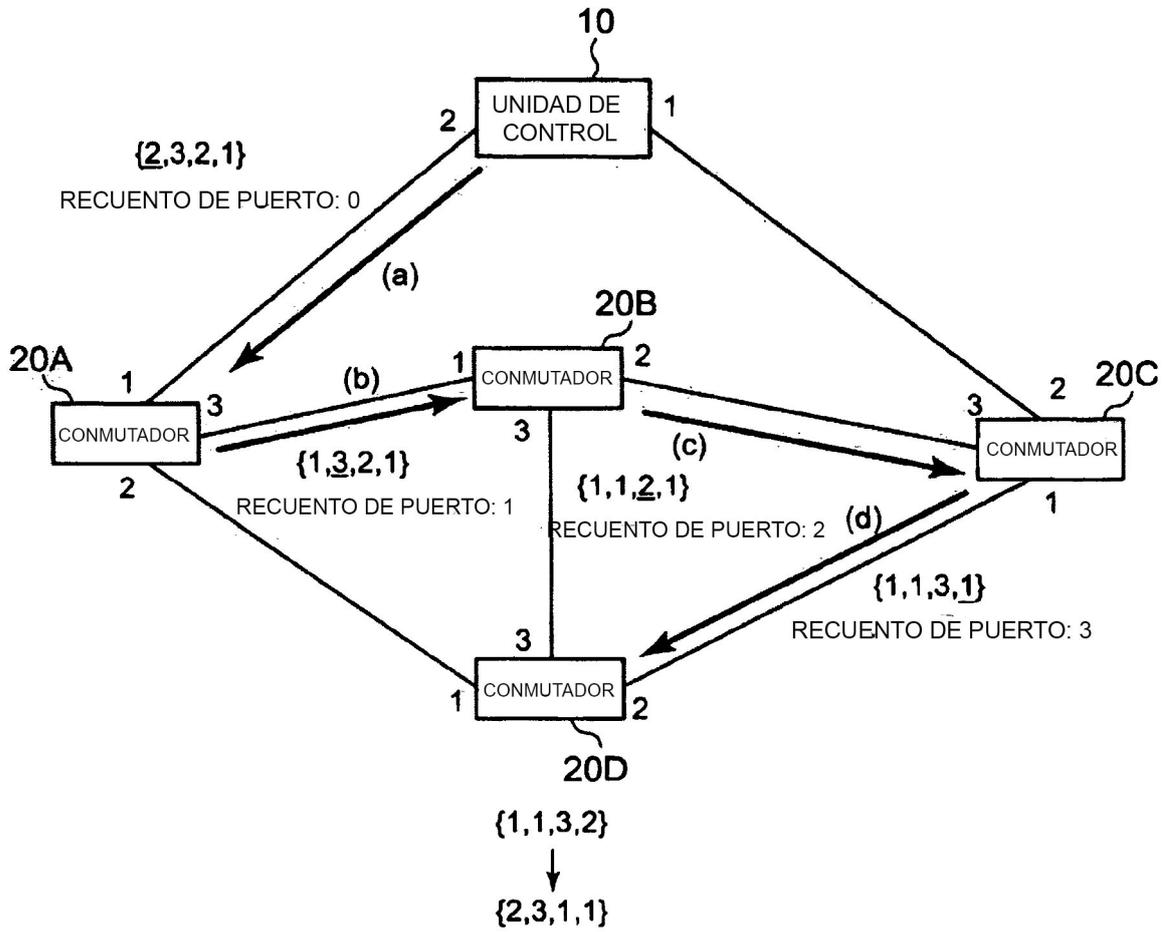


FIG. 4

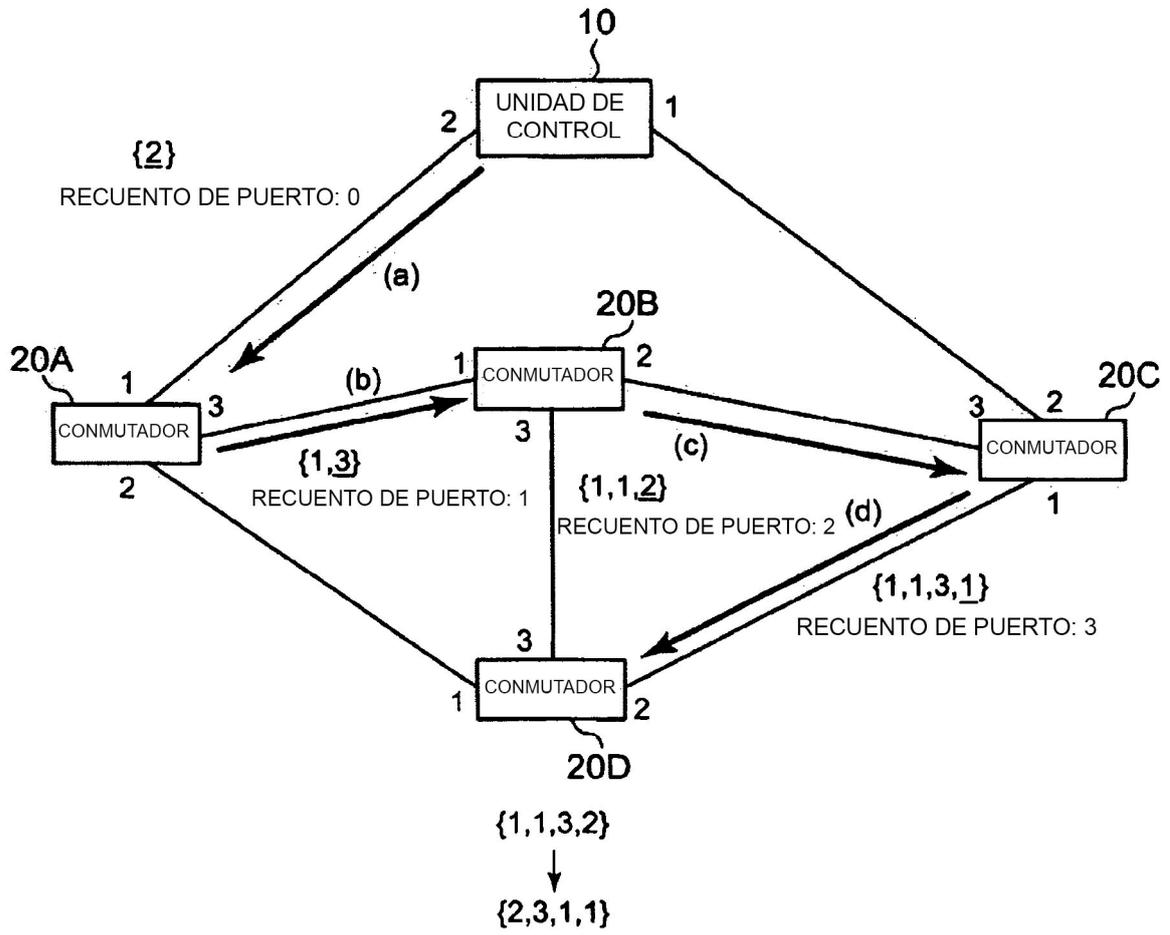


FIG. 5

FORMATO DE TRAMA DE ETHERNET

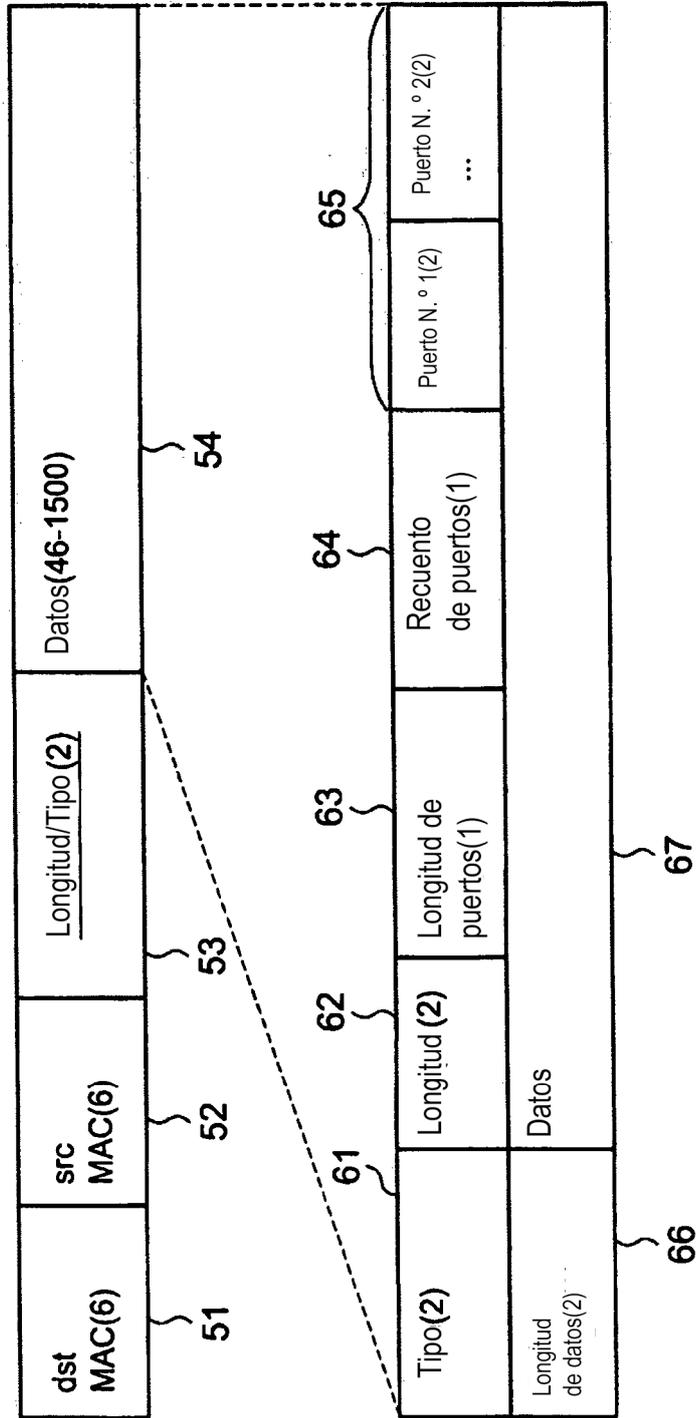


FIG. 6

Tipo(2) = solicitud	Longitud(2)	Longitud de puertos(1)	Recuento de puertos(1)	Puerto N.º 1(2) ...	Puerto N.º 2(2)
Número de secuencia (2)	Longitud de datos(2)	Datos = NULOS			

61 { 62 { 63 { 64 { 65 {
 68 { 66 { 67 {

FIG. 7

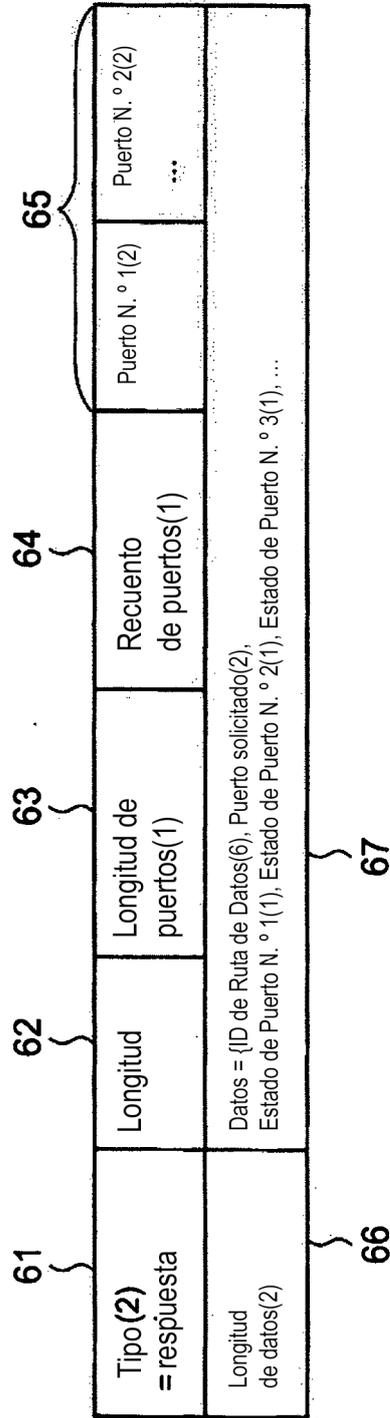


FIG. 8

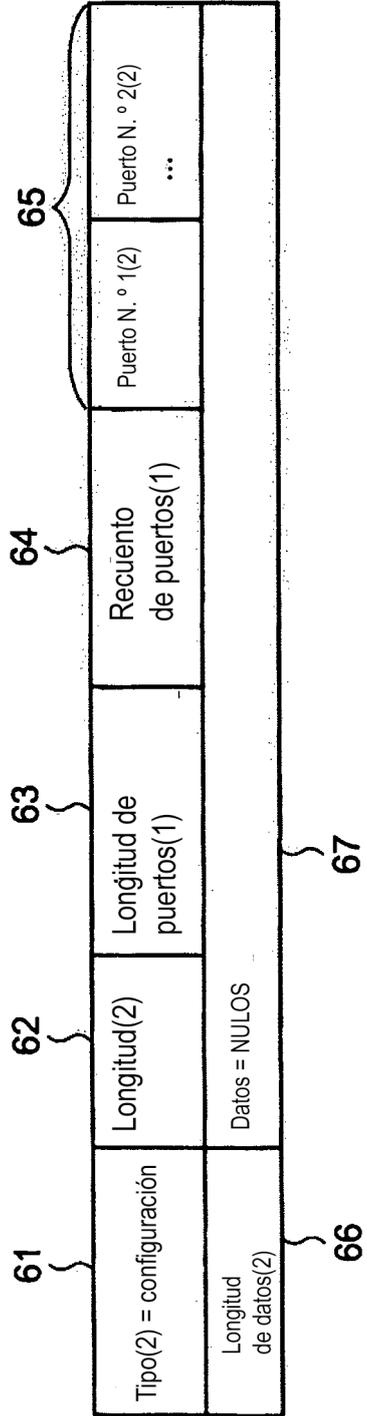


FIG. 9

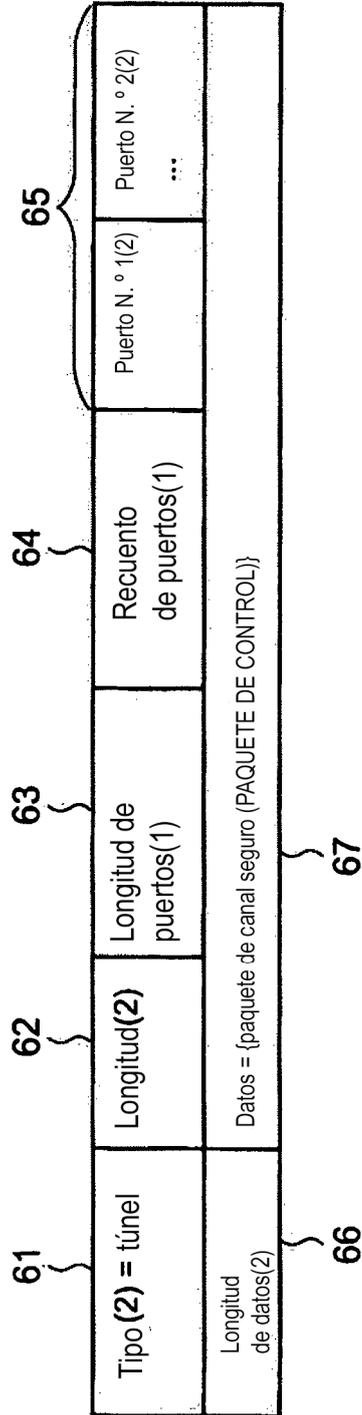


FIG. 10(a)

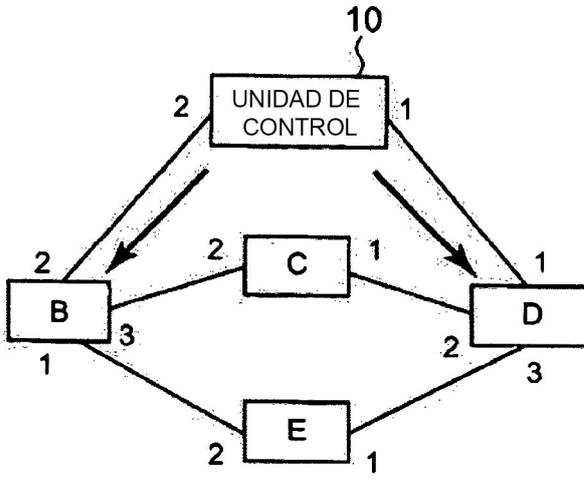


FIG. 10(b)

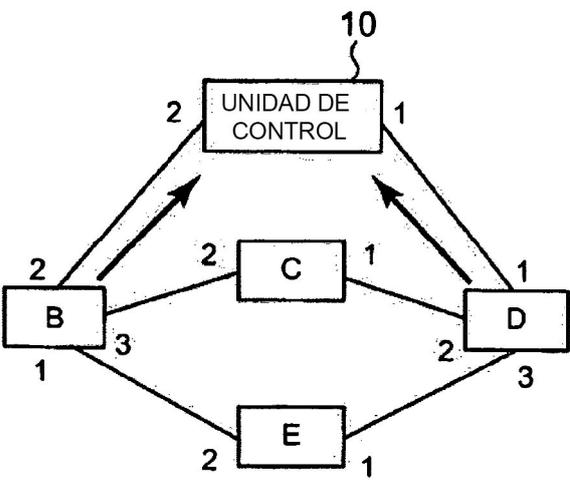


FIG. 10(c)

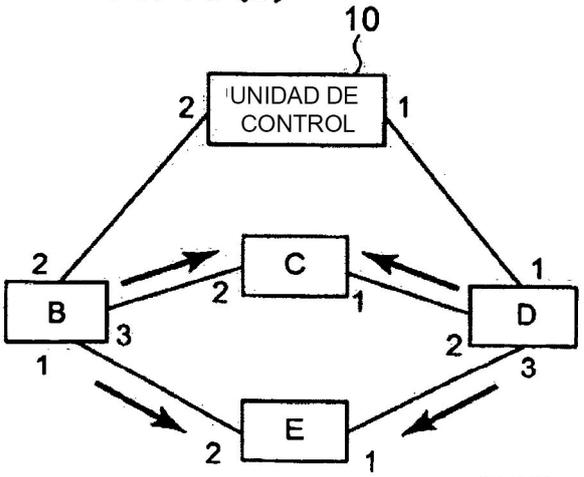


FIG. 10(d)

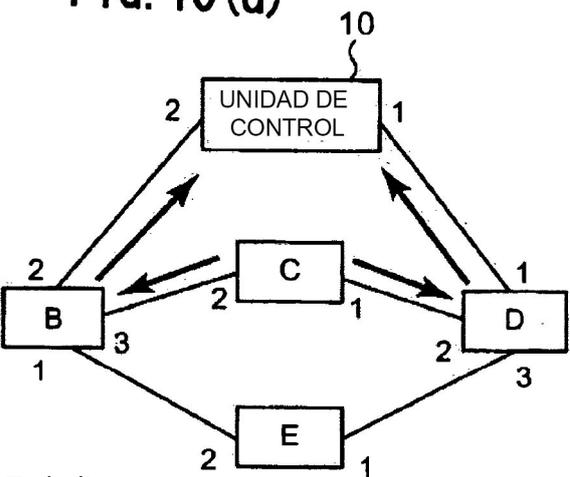


FIG. 10(e)

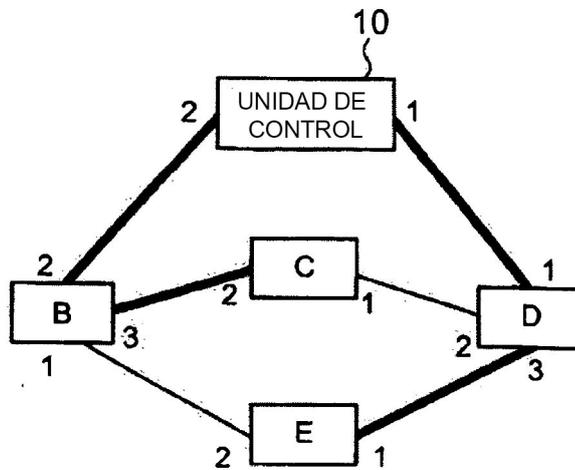


FIG. 11

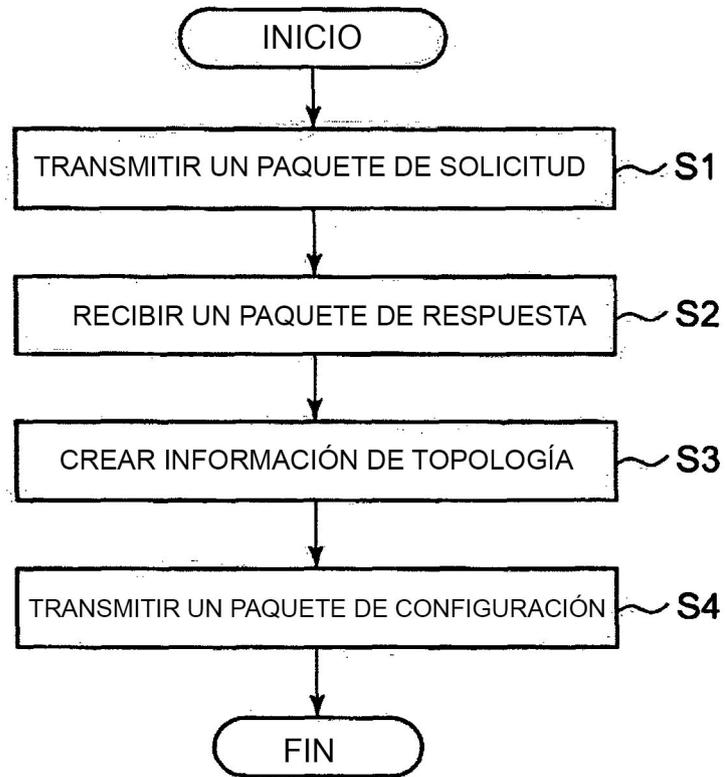


FIG. 12

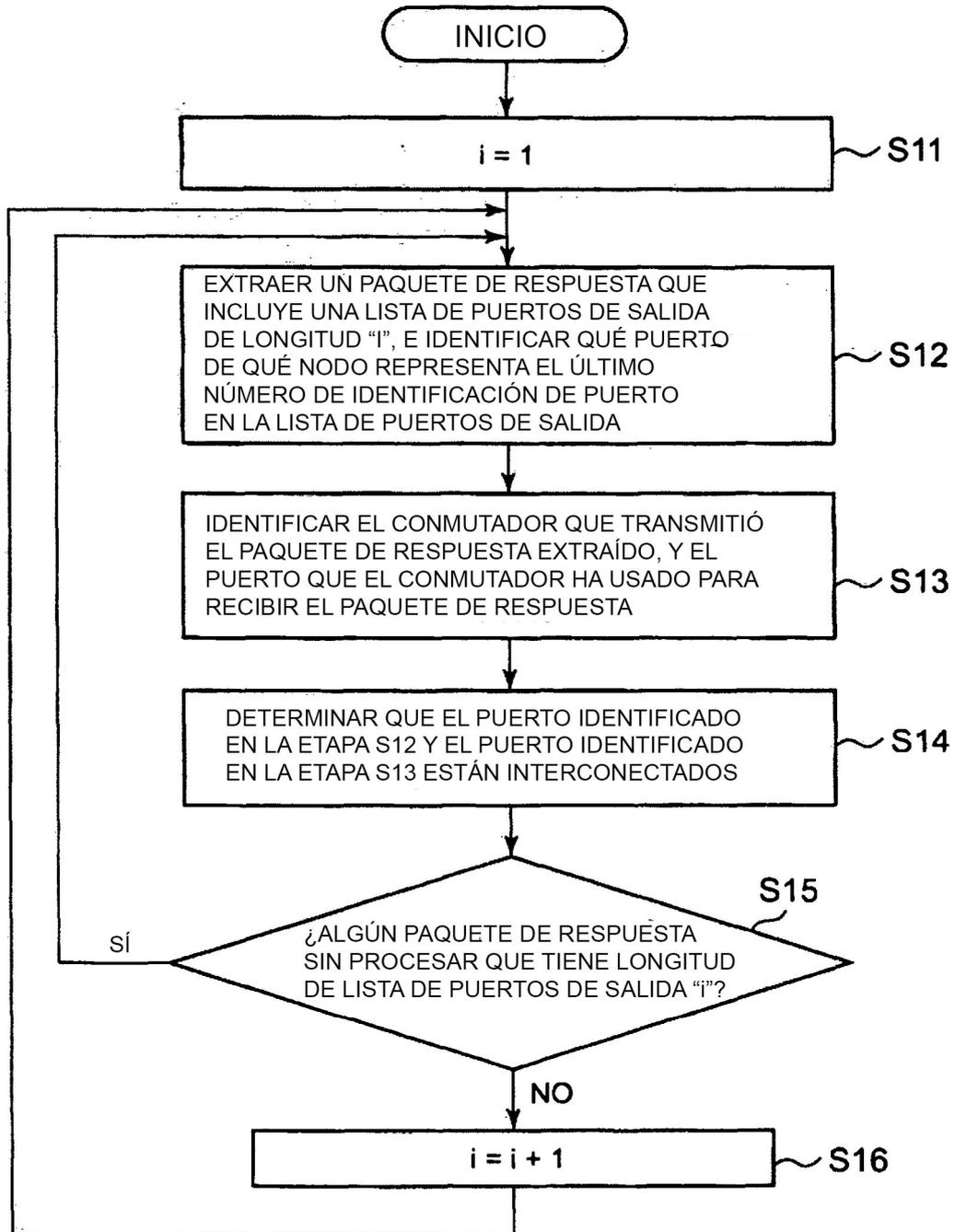


FIG. 13

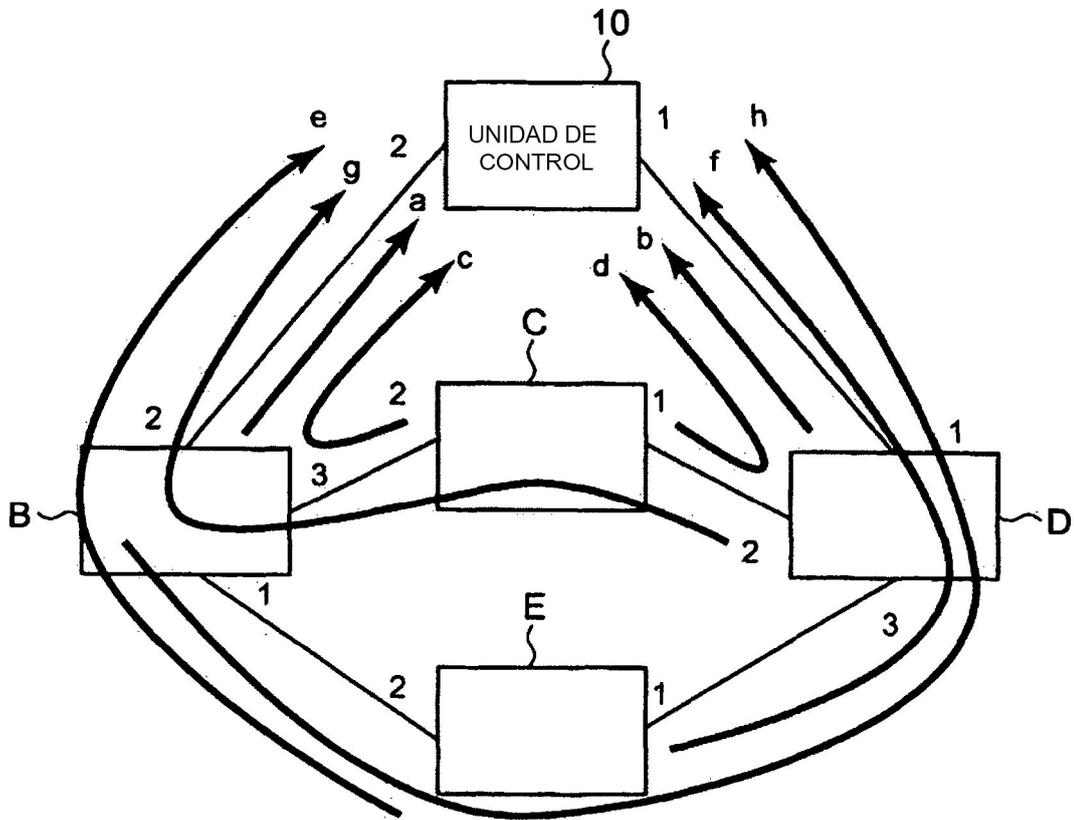


FIG. 14

- a: (src: N. ° 2@B, puertos: (N. ° 2))
- b: (src: N. ° 1@D, puertos: (N. ° 1))
- c: (src: N. ° 2@C, puertos: (N. ° 2, N. ° 3))
- d: (src: N. ° 1@C, puertos: (N. ° 1, N. ° 2))
- e: (src: N. ° 2@E, puertos: (N. ° 2, N. ° 1))
- f: (src: N. ° 1@E, puertos: (N. ° 1, N. ° 3))
- g: (src: N. ° 2@D, puertos: (N. ° 2, N. ° 3, N. ° 1))
- h: (src: N. ° 1@B, puertos: (N. ° 1, N. ° 3, N. ° 2))

FIG. 15

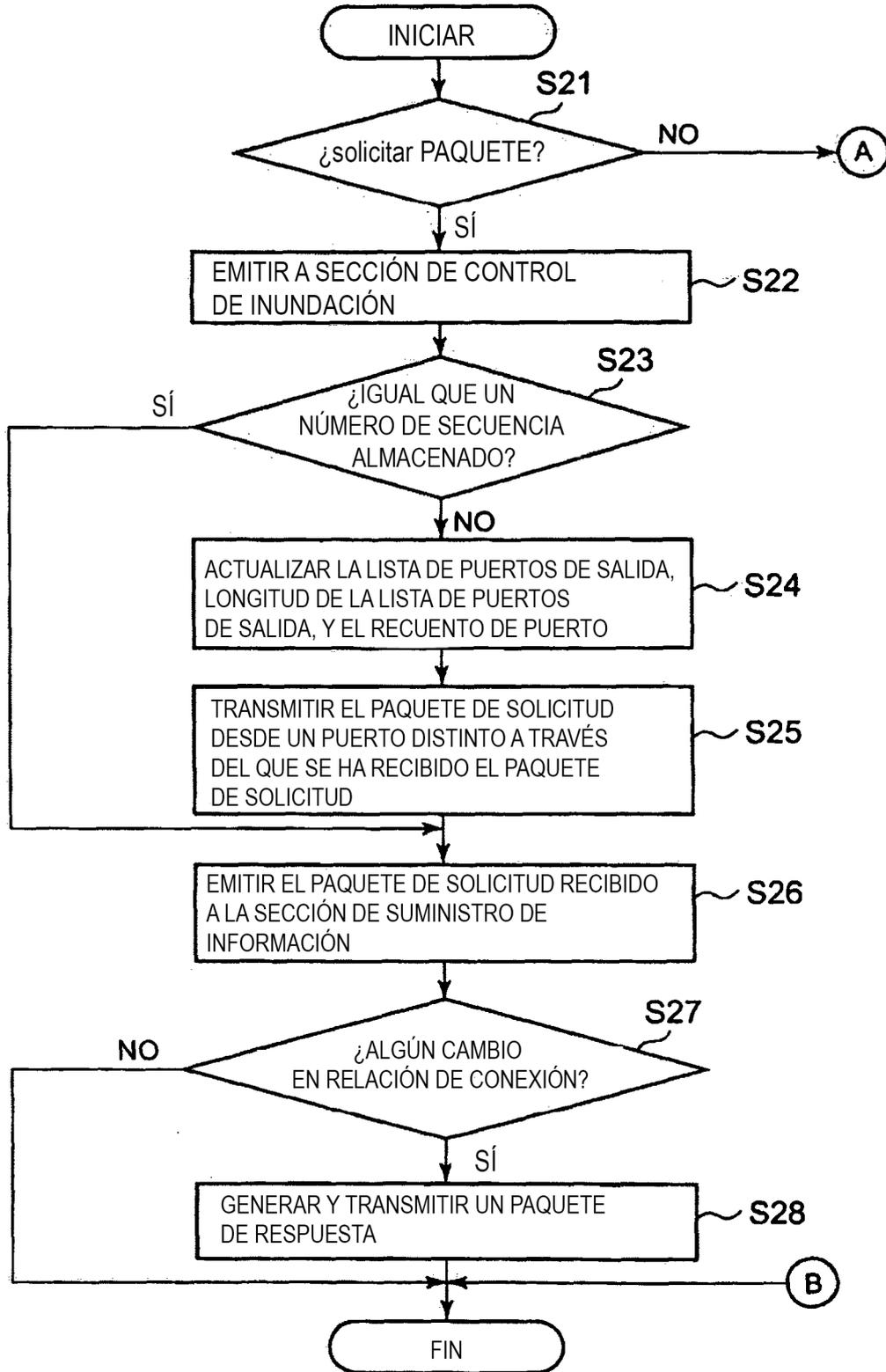


FIG. 16

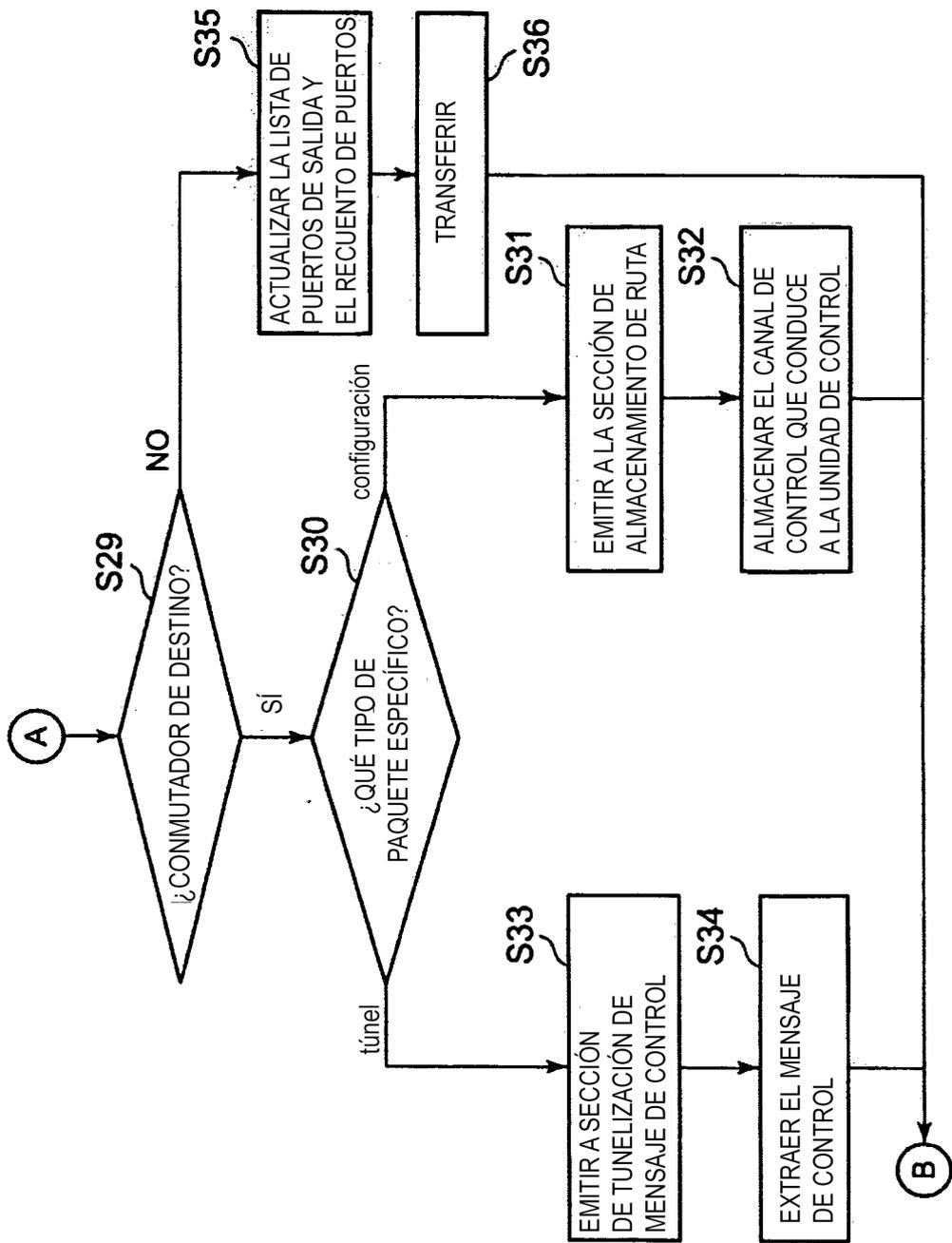


FIG. 17

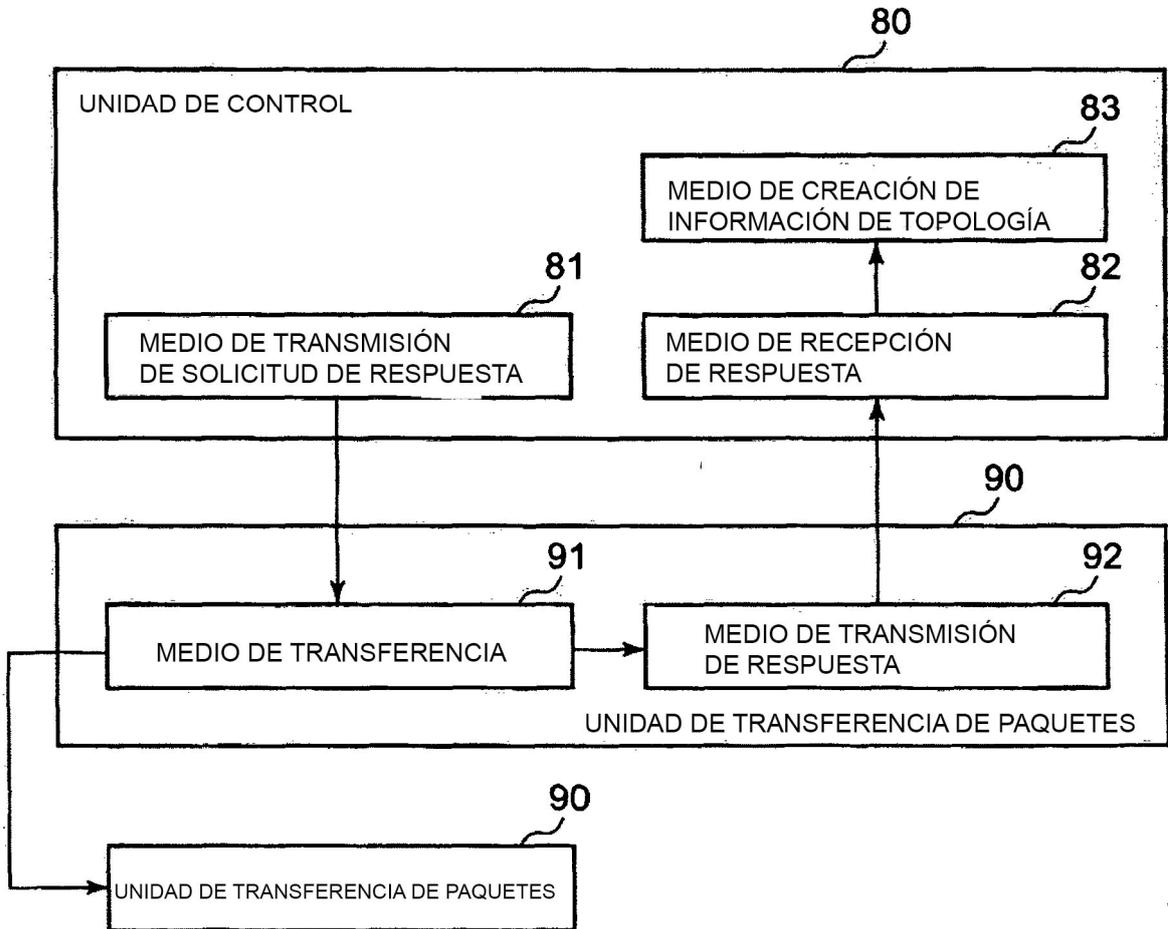


FIG. 18

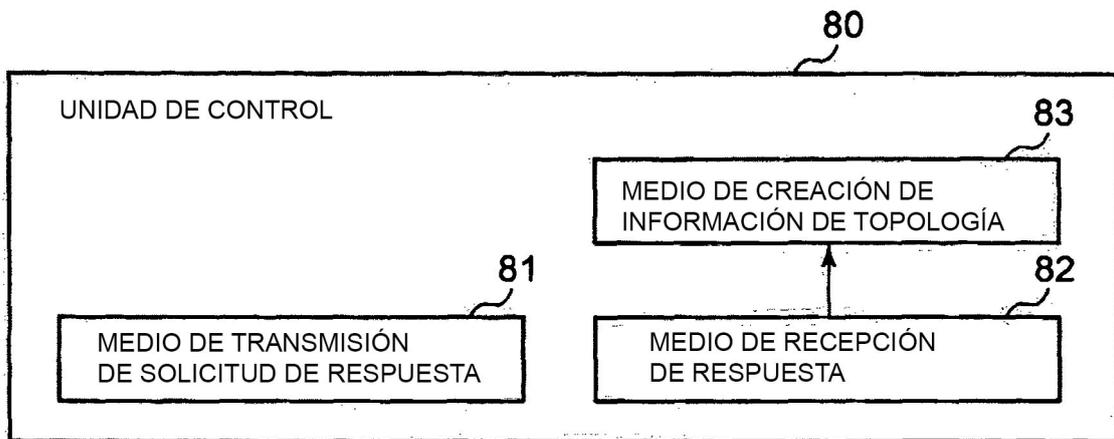


FIG. 19

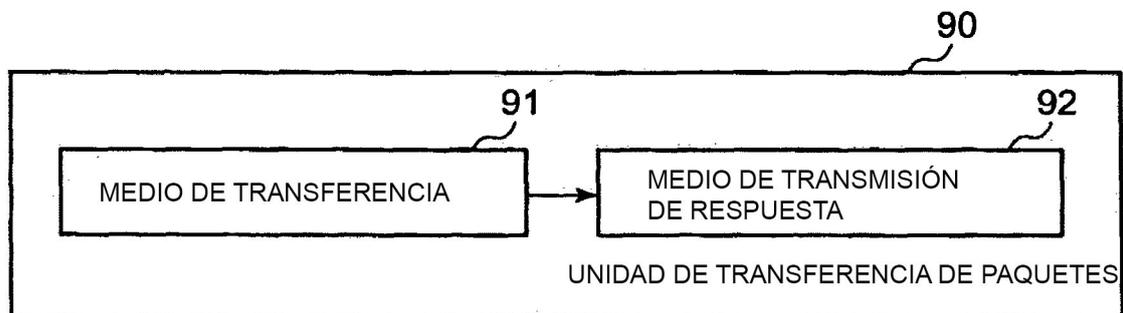


FIG. 20

