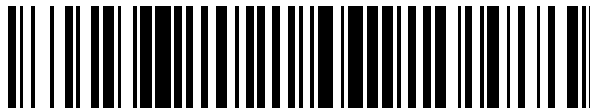


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 818**

51 Int. Cl.:

**H04L 29/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2012 PCT/US2012/058601**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2013 WO13055555**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2012 E 12775587 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2749011**

54 Título: **Procedimiento para la gestion de asignacion de direccion de protocolo de red con un controlador**

30 Prioridad:

**14.10.2011 US 201113274157**

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

**22.02.2017**

73 Titular/es:

**BIG SWITCH NETWORKS, INC. (100.0%)  
430 Cowper St., Suite 250  
Palo Alto, CA 94301, US**

72 Inventor/es:

**JIANG, KANZHE;  
ZHOU, SHUDONG;  
ADAMS, ROBERT, EDWARD;  
DIIAMI, MANDEEP, SINGH y  
REIMERS, ALEXANDER, STAFFORD DAVID**

74 Agente/Representante:

**DURÁN MOYA, Luis Alfonso**

ES 2 602 818 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la gestión de asignación de dirección de protocolo de red con un controlador

5 Antecedentes

Este documento se refiere a las redes de comunicación y, más concretamente, a la utilización de un controlador para controlar el tráfico de la red asociado con la asignación de dirección de red en una red.

10 Las redes basadas en paquetes tales como internet y las redes de datos locales que están conectadas a internet incluyen conmutadores de red. Se utilizan conmutadores de red en el envío de paquetes desde los orígenes de los paquetes a los destinos de los paquetes. Los paquetes se pueden denominar, en ocasiones, tramas (frames, en inglés).

15 Puede ser difícil o imposible controlar los conmutadores de un proveedor utilizando el equipo de otro proveedor. Esto se debe a que el equipo de conmutación de un proveedor puede utilizar un sistema operativo y un conjunto de procedimientos de control diferentes de los del equipo de conmutación de otro proveedor. Para abordar los problemas asociados con el control de diferentes tipos de plataformas de conmutación, se han desarrollado protocolos de plataforma cruzada. Estos protocolos permiten el control centralizado de conmutadores que de otro modo son incompatibles.

20 Los clientes del controlador de plataforma cruzada pueden estar incluidos en los conmutadores de una red. Los clientes del controlador son capaces de comunicarse con un servidor del controlador correspondiente a través de rutas de red. Debido a que los clientes del controlador pueden ser implementados con diferente hardware de conmutador, es posible que un solo controlador controle el equipo de conmutación que de otro modo podría ser incompatible.

25 Las estaciones finales en la red se pueden comunicar enviando paquetes de red a través de los conmutadores. Cada uno de los paquetes de red tiene campos de cabecera de paquete que incluyen información de la dirección del Protocolo de Internet (IP) de origen y/o información de la dirección de otro protocolo. La información de la dirección IP de origen de un paquete de red dado identifica qué estación final envió dicho paquete de red. Para comunicarse con otras estaciones finales, cada estación final debe obtener primero una dirección IP correspondiente de la red. La red puede incluir uno o varios servidores que distribuyen direcciones IP a estaciones finales en la red. Los servidores pueden distribuir direcciones IP utilizando el Protocolo de configuración dinámica de estación (DHCP, Dynamic Host Configuration Protocol). Para obtener una dirección IP, una estación final inunda la red con paquetes de petición de obtención de DHCP que pueden llegar a cada una de las otras estaciones finales en la red. Los servidores de DHCP que reciben la petición de obtención pueden responder con un paquete de oferta de DHCP que informa a la estación final de una dirección IP disponible para que la utilice. La estación final puede aceptar una dirección IP disponible de entre los paquetes de oferta de DHCP, inundando la red con un paquete de petición de oferta de DHCP que informa a los servidores de DHCP de cuál de las direcciones IP ofrecidas fue aceptada por la estación final.

30 Inundar una red para enviar peticiones de DHCP puede cargar la red de manera no deseada con un tráfico de red innecesario, debido a que las peticiones de DHCP pueden ser enviadas a estaciones finales que no son servidores de DHCP. El envío de peticiones de DHCP innecesarias puede afectar al rendimiento de los conmutadores de la red. Sería, por lo tanto, deseable, poder proporcionar mejoras para realizar la asignación de dirección a las estaciones finales en una red.

35 El documento EP 1 615 405 A2 da a conocer el ahorro de energía en redes inalámbricas basadas en paquetes mediante un filtrado selectivo de la difusión. El documento EP 1 613 023 A2 da a conocer un dispositivo de puentes de red y un procedimiento para el dispositivo de puentes de red. El documento DE 10 2005 006889 A1 da a conocer un procedimiento para el establecimiento de un enlace de comunicaciones, al menos, en una red de comunicaciones.

55 Características de la invención

La presente invención proporciona un procedimiento tal como el definido en la reivindicación 1 independiente. Se puede utilizar un controlador tal como un servidor de controlador, para controlar los conmutadores en una red. El controlador puede ayudar a reducir el tráfico de red que está asociado con la difusión general de peticiones del Protocolo de configuración dinámica de estaciones (DHCP) (por ejemplo, u otras peticiones que solicitan la asignación de una dirección de protocolo a una estación final) identificando los paquetes de red que están asociados con el protocolo DHCP, y procesando los paquetes de red identificados. El controlador puede identificar cuales de los paquetes de red son paquetes de petición de DHCP, recuperando la información de los campos de cabecera de paquete de los paquetes de red.

65 En respuesta a la identificación de que un paquete de red recibido de una estación final es un paquete de petición de DHCP, el controlador puede procesar el paquete de petición de DHCP identificando un servidor apropiado (por

ejemplo, un servidor DHCP o un agente de retransmisión de DHCP) que es capaz de asignar una dirección de protocolo a la estación final, y remitir el paquete de petición de DHCP al servidor. El servidor puede ser identificado seleccionando el servidor de una base de datos de servidores. La base de datos se puede actualizar en base a los paquetes de respuesta de DHCP que son recibidos por el controlador de los servidores en la red. Por ejemplo, el controlador puede almacenar información de dirección tal como direcciones de hardware y direcciones de protocolo de los servidores que son recuperadas de los campos de cabecera de paquete de los paquetes de respuesta de DHCP. La información de dirección almacenada se puede utilizar para identificar servidores para cumplimentar paquetes de petición de DHCP futuros.

El controlador puede modificar el paquete de petición de DHCP para convertir el paquete de petición de DHCP de un paquete de difusión general en un paquete de unidifusión que está destinado al servidor. Para convertir el paquete de petición de DHCP en un paquete de unidifusión, el controlador puede modificar los campos de la cabecera de dirección del paquete, tales como direcciones de Ethernet y direcciones de Protocolo de Internet (IP). Por ejemplo, el controlador puede almacenar una dirección de hardware del servidor en un campo de dirección de destino del paquete. El controlador puede determinar si modifica las direcciones de Ethernet o las direcciones IP del paquete en base a la información de la topología de red. Por ejemplo, el controlador puede modificar un campo de dirección de destino de Ethernet del paquete, en respuesta a la determinación de que la estación final y el servidor estén situados en la misma subred. Como ejemplo adicional, el controlador puede modificar un campo de dirección de destino de IP del paquete en respuesta a la determinación de que la estación final y el servidor estén situados en diferentes subredes. El controlador puede remitir el paquete de petición de DHCP modificado al servidor, proporcionando reglas de reenvío de paquetes, tales como entradas de tablas de flujo a los conmutadores, o mediante la remisión del paquete de petición de DHCP modificado a través del controlador a un conmutador que está acoplado al servidor.

Otras características de la presente invención, su naturaleza y diversas ventajas, resultarán más evidentes a partir de los dibujos que se acompañan y de la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama que muestra una red que incluye un controlador y un sistema de reenvío de paquetes, según una realización de la presente invención.

La figura 2 es un diagrama que muestra cómo se puede implementar un sistema de reenvío de paquetes utilizando un equipo basado en microprocesadores que ejecuta un motor de procesamiento de paquetes, según una realización de la presente invención.

La figura 3 es un diagrama de un sistema de reenvío de paquetes y el controlador asociado, en el que el sistema de reenvío de paquetes incluye una unidad de control y circuitos integrados de conmutación asociados, según una realización de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama de una red, en la que un sistema de reenvío de paquetes tiene controladores maestro y subordinado, y en la que un servidor del controlador puede ser implementado en un equipo informático remoto o en una tarjeta de línea en el sistema de reenvío de paquetes, según una realización de la presente invención.

La figura 5 es un diagrama de un servidor del controlador y de un cliente del controlador que se pueden comunicar a través de una conexión de red, según una realización de la presente invención.

La figura 6A es un diagrama que muestra una tabla de flujo del tipo que puede ser utilizado por un sistema de procesamiento de paquetes, según una realización de la presente invención.

La figura 6B es un diagrama que muestra una tabla de flujo del tipo que puede ser utilizado por un sistema de procesamiento de paquetes que muestra tres tipos de reenvío de paquetes que pueden ser realizados en base a las entradas de la tabla de flujo, según una realización de la presente invención.

La figura 6C es un diagrama que muestra una tabla de flujo en la que se reenvían paquetes con una dirección concreta al tercer puerto físico en un conmutador, según una realización de la presente invención.

La figura 6D es un diagrama que muestra una tabla de flujo en la que se reenvían paquetes con una dirección concreta al quinto puerto físico en un conmutador, según una realización de la presente invención.

La figura 7 es un diagrama de flujo que muestra las etapas implicadas en el procesamiento de paquetes en un sistema de procesamiento de paquetes, según una realización de la presente invención.

La figura 8 es un diagrama que muestra una red en la que una estación final puede solicitar una dirección de Protocolo de Internet (IP) de los servidores de Protocolo de configuración dinámica de estaciones (DHCP), según una realización de la presente invención.

La figura 9A muestra un paquete de petición de obtención de DHCP que puede ser enviado por una estación final para solicitar una dirección IP de los servidores de DHCP, según una realización de la presente invención.

5 La figura 9B muestra un paquete de petición de obtención de DHCP modificado mediante un controlador, que puede ser reenviado directamente a un servidor DHCP, según una realización de la presente invención.

La figura 9C muestra un paquete de respuesta a la oferta del servidor DHCP que puede ser enviado por un servidor DHCP para ofrecer una dirección IP a una estación final, con una realización de la presente invención.

10 La figura 9D muestra un paquete de petición de oferta de DHCP que puede ser enviado por una estación final en respuesta a la oferta del servidor DHCP, según una realización de la presente invención.

15 La figura 9E muestra un paquete de petición de oferta de DHCP modificado mediante un controlador, que puede ser reenviado directamente a un servidor DHCP, según una realización de la presente invención.

La figura 9F muestra un paquete de respuesta de acuse de recibo de DHCP que puede ser enviado por un servidor DHCP para confirmar la asignación de una dirección IP a una estación final, según una realización de la presente invención.

20 La figura 10 es un diagrama que muestra etapas que pueden ser realizadas utilizando un controlador para reenviar una petición de DHCP de una estación final a un servidor DHCP conocido, según una realización de la presente invención.

25 La figura 11 es un diagrama que muestra una red, en la que una estación final ubicada en una primera subred puede solicitar una dirección IP desde un servidor DHCP que está situado en una segunda subred, según una realización de la presente invención.

30 La figura 12 muestra un paquete de petición de obtención de DHCP modificado mediante un controlador que puede estar creado por un servidor del controlador y enviado a un agente de retransmisión.

La figura 13 muestra un paquete de petición de obtención de DHCP modificado mediante un controlador, que puede estar creado por un controlador que tiene una funcionalidad incorporada de agente de retransmisión, según una realización de la presente invención.

35 La figura 14 muestra un diagrama que muestra etapas implicadas con la cumplimentación de peticiones de DHCP con un servidor del controlador que tiene una funcionalidad incorporada de agente de retransmisión, según una realización de la presente invención.

40 La figura 15 muestra un diagrama de flujo de etapas que pueden ser realizadas mediante un controlador para controlar el flujo de paquetes de DHCP entre estaciones finales y servidores de DHCP, según una realización de la presente invención.

45 La figura 16 muestra un diagrama de flujo de etapas que pueden ser realizadas por un controlador para crear un paquete de petición de DHCP modificado mediante el controlador en base a información de la topología de red, según una realización de la presente invención.

La figura 17 es un diagrama que muestra una red, en la que un controlador puede estar distribuido en conmutadores en la red, según una realización de la presente invención.

50 Descripción detallada

Redes tales como internet y las redes locales y regionales que están acopladas a internet se basan en conmutadores basados en paquetes. Estos conmutadores, que se denominan en ocasiones en esta memoria conmutadores de red, sistemas de procesamiento de paquetes o sistemas de reenvío de paquetes, pueden reenviar paquetes en base a información de la dirección. De esta manera, los paquetes de datos que son transmitidos por el origen de los paquetes pueden ser entregados a un destino de paquetes. En términos de red, los orígenes y los destinos de paquetes se denominan en ocasiones estaciones finales. Ejemplos de estaciones finales son ordenadores personales, servidores y otros equipos informáticos.

60 Los conmutadores de red varían, en capacidad desde conmutadores Ethernet relativamente pequeños y puntos de acceso inalámbricos hasta grandes sistemas basados en "rack", que incluyen varias tarjetas de línea, fuentes de alimentación duplicadas y capacidades de supervisión. No es infrecuente que las redes incluyan equipos de varios proveedores. Los conmutadores de red de diferentes proveedores pueden estar interconectados para crear una red de reenvío de paquetes, pero puede resultar difícil de gestionar de una manera centralizada, debido a incompatibilidades entre sus sistemas operativos y sus protocolos de control.

65

5 Estas potenciales incompatibilidades se pueden superar mediante la incorporación de un módulo común de control de plataforma cruzada (denominado en ocasiones en esta memoria cliente del controlador) en cada conmutador de red. Un servidor del controlador de plataforma cruzada centralizado puede interactuar con cada uno de los clientes de control a través de los respectivos enlaces de red. La utilización de un servidor del controlador de plataforma cruzada y de los correspondientes clientes del controlador permiten potencialmente gestionar de manera centralizada diversos equipos de conmutación de red.

10 A modo de configuración ilustrativa, que se describe en ocasiones en esta memoria como ejemplo, se prevé un control centralizado mediante uno o varios servidores del controlador tales como el servidor -18- del controlador de la figura 1. El servidor -18- de control puede ser implementado en un ordenador independiente, en un grupo de ordenadores, en un conjunto de ordenadores distribuidos entre varias ubicaciones, en hardware incorporado en un conmutador de red, o en otro equipo informático -12- adecuado. El servidor -18- del controlador se puede ejecutar como un solo proceso en un único ordenador, o puede estar distribuido en varias estaciones por duplicidad. La utilización de una disposición distribuida puede ayudar a proporcionar a la red -10- cierta resistencia frente a particiones inesperadas de la red (por ejemplo, una situación en la que un enlace de red entre dos campus se interrumpe).

20 En disposiciones distribuidas del controlador, los nodos del controlador pueden intercambiar información utilizando un protocolo interno de los controladores. Por ejemplo, si una estación final nueva esta conectada a un hardware de red (por ejemplo, un conmutador) que solo está conectado a un primer nodo controlador, dicho primer nodo controlador puede utilizar el protocolo interno de los controladores para informar a otros nodos controladores de la presencia de la nueva estación final. Si se desea, un conmutador u otro componente de red puede conectarse a varios nodos controladores. En esta memoria, en ocasiones, se describen a modo de ejemplo disposiciones en las que se utiliza un solo servidor de controlador para controlar una red de conmutadores asociados.

30 El servidor -18- del controlador de la figura 1 puede reunir información acerca de la topología de la red -10-. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede enviar los paquetes de prueba del Protocolo de obtención de capa de enlace (LLDP) a través de la red para obtener la topología de la red -10-. El servidor -18- del controlador puede utilizar información acerca de la topología de red e información sobre las capacidades de equipo de red para decidir rutas apropiadas para los paquetes que circulan por la red. Una vez que se han identificado las rutas apropiadas, el servidor -18- del controlador puede enviar los datos de configuración correspondientes al hardware de la red -10- para asegurar que los paquetes circulan por la red según se desea. Los procedimientos de configuración de la red como estos pueden ser realizados durante los procedimientos de configuración del sistema, de manera continua en segundo plano, o en respuesta a la aparición de paquetes de datos recién transmitidos (es decir, paquetes para los que no se ha establecido una ruta preexistente).

40 El servidor -18- del controlador puede ser utilizado para implementar reglas -20- de configuración de red. Las reglas -20- pueden especificar qué servicios están disponibles para varias entidades de red. Por ejemplo, las reglas -20- pueden especificar qué usuarios (o tipo de usuarios) de la red -10- pueden acceder a un servidor concreto. Las reglas -20- pueden, por ejemplo, estar guardadas en una base de datos en el equipo informático -12-.

45 El servidor -18- del controlador y los clientes -30- del controlador en los respectivos conmutadores -14- de red pueden utilizar pilas de protocolo de red para comunicarse a través de los enlaces -16- de red.

50 Cada conmutador -14- (sistema de reenvío de paquetes) puede tener puertos -34- de entrada-salida. Se pueden utilizar cables para conectar partes del equipo a los puertos -34-. Por ejemplo, las estaciones finales tales como ordenadores personales, servidores web y otros equipos informáticos pueden ser conectados en los puertos -34-. Asimismo, se pueden utilizar los puertos -34- para conectar uno de los conmutadores -14- a otros conmutadores -14-.

55 Se pueden utilizar circuitos -32- de procesamiento de paquetes en el reenvío de paquetes desde uno de los puertos -34- a otro de los puertos -34-, y pueden ser utilizados para realizar otras acciones adecuadas en paquetes entrantes. Se puede implementar el circuito -32- de procesamiento de paquetes utilizando uno o varios circuitos integrados tales como circuitos de conmutación de alta velocidad dedicados, y puede servir como ruta de datos de hardware. Si se desea, se puede utilizar software -26- de procesamiento de paquetes que se ejecuta en la unidad -24- de control, en la implementación de una ruta de datos de software.

60 La unidad de control -24- puede incluir circuitos de procesamiento y de memoria (por ejemplo, uno o varios microprocesadores, chips de memoria y otros circuitos de control) para almacenar y ejecutar software de control. Por ejemplo, la unidad de control -24- puede almacenar y ejecutar software tal como el software -26- de procesamiento de paquetes, puede almacenar la tabla -28- de flujo y puede ser utilizada para dar soporte al procedimiento de los clientes -30- del controlador.

65 Los clientes -30- del controlador y el servidor -18- del controlador pueden ser compatibles con un protocolo de conmutación de red tal como el protocolo "OpenFlow" (véase, por ejemplo, la versión 1.0.0 de la Especificación de

conmutación de OpenFlow). Uno o varios clientes de entre los clientes -30- del controlador pueden ser compatibles asimismo con otros protocolos (por ejemplo, el Protocolo simple de administración de la red del inglés "Simple Network Management Protocol). Utilizando el protocolo OpenFlow u otros protocolos adecuados, el servidor -18- del controlador puede proporcionar a los clientes -30- del controlador datos que determinan cómo va a procesar el conmutador -14- los paquetes entrantes de los puertos -34- de entrada-salida.

Con una disposición adecuada, se pueden almacenar los datos de la tabla de flujo del servidor -18- del controlador en una tabla de flujo tal como la tabla -28- de flujo. Las entradas de la tabla -28- de flujo se pueden utilizar en la configuración del conmutador -14- (por ejemplo, las funciones de los circuitos -32- de procesamiento de paquetes y/o el software -26- de procesamiento de paquetes). En un escenario normal, la tabla -28- de flujo sirve como memoria caché para las entradas de la tabla de flujo, y una versión correspondiente de estas entradas de la tabla de flujo se incluye en la configuración guardada por la circuitería de los circuitos -32- de procesamiento de paquetes. Sin embargo, esto es meramente ilustrativo. La tabla -28- de flujo puede servir como almacenamiento exclusivo para las entradas de la tabla de flujo en el conmutador -14-, o puede ser suprimida en favor de los recursos de almacenamiento de la tabla de flujo dentro de los circuitos -32- de procesamiento de paquetes. En general, las entradas de la tabla de flujo se pueden almacenar utilizando cualquier estructura de datos adecuada (por ejemplo, una o varias tablas, listas, etc.). Para mayor claridad, los datos de la tabla -28- de flujo (ya sea si están guardados en la base de datos en la unidad -24- de control o si están incluidos en la configuración de los circuitos -32- de procesamiento de paquetes) se denominan en esta memoria, como entradas de la tabla de flujo de formación (por ejemplo, filas en la tabla -28- de flujo).

El ejemplo de las tablas -28- de flujo que almacenan datos que determina cómo va a procesar el conmutador -14- los paquetes entrantes, es meramente ilustrativo. Se puede utilizar cualquier motor de decisión de reenvío de paquetes para ayudar al sistema -14- de reenvío de paquetes a tomar decisiones acerca de cómo reenviar paquetes de red. Por ejemplo, los motores -28- de decisión de reenvío de paquetes pueden ordenar al sistema -14- de reenvío de paquetes que reenvíe paquetes de red a puertos predeterminados, en base a las características de los paquetes de red (por ejemplo, en base a las cabeceras del protocolo de red).

Si se desea, el conmutador -14- puede ser implementado utilizando una plataforma de procesamiento de uso general que ejecuta software de control y que suprime los circuitos -32- de procesamiento de paquetes de la figura 2. Este tipo de configuración se muestra en la figura 2. Tal como se muestra en la disposición ilustrativa de la figura 2, el servidor -18- del controlador en el equipo informático -12- puede comunicarse con los clientes -30- del controlador en el conmutador (sistema de reenvío de paquetes) -14- a través del enlace -16- de red. El servidor -18- del controlador puede, por ejemplo, enviar entradas de la tabla de flujo a los clientes -30- del controlador que están guardadas en la tabla -28- de flujo. El software -40- de procesamiento de paquetes puede utilizar la interfaz -38- de red para reenviar y procesar paquetes de otro modo (por ejemplo, paquetes transmitidos y recibidos utilizando los puertos -34-). La interfaz -38- de red se puede implementar utilizando una o varias tarjetas de interfaz de red que están conectadas en una placa del sistema en el conmutador -14- (a modo de ejemplo).

Los conmutadores de red tales como el conmutador -14- de red de la figura 1 se pueden implementar utilizando circuitos de control que están acoplados a uno o varios circuitos integrados de conmutación de alta velocidad ("CI del conmutador"). Este tipo de configuración se muestra en la figura 3. Tal como se muestra en la figura 3, el servidor -18- del controlador en el equipo informático -12- se puede comunicar con el conmutador -14- de red a través de la ruta -16-. El conmutador -14- puede incluir los circuitos -24- de procesamiento y uno o varios CI -32- de conmutador asociados, tales como el CI -32-1- de conmutador... CI -32-N- de conmutador. Los circuitos -24- de control pueden estar basados, por ejemplo, en un microprocesador y una memoria. Los CI -32-1-... -32-N- de conmutador pueden ser circuitos de conmutación dedicados capaces de manejar tareas de procesamiento de paquetes a altas velocidades. Como ejemplo, los circuitos -24- de control pueden estar basados en un microprocesador de 500 MHz y los CI -32-1- ... -32-N- del conmutador pueden ser capaces de manejar datos de 48 de los puertos -34- de entrada-salida, cada uno de los cuales tiene una velocidad de datos asociada de 1-10 Gbps (a modo de ejemplo).

En la figura 4, se muestra otra arquitectura de conmutador ilustrativa, que puede ser utilizada en la implementación del conmutador -14- de red de la figura 1. En el ejemplo de la figura 4, el conmutador -14- (sistema de reenvío de paquetes) puede incluir un procesador maestro, tal como el procesador -24-1-, y uno o varios procesadores subordinados asociados, tal como el procesador subordinado -24-2-. Los CI -32- del conmutador y los procesadores subordinados tal como el procesador -24-2- se pueden implementar en tarjetas de línea tales como la tarjeta -48- de línea. Una o varias tarjetas de línea, tales como la tarjeta -50- de línea, puede o pueden contener circuitos de procesamiento (por ejemplo, un microprocesador y una memoria). Las tarjetas -48- y -50- de línea se pueden interconectar utilizando el panel -52- trasero.

Con una disposición del tipo mostrada en la figura 4, el servidor del controlador se puede implementar utilizando los recursos de procesamiento de la tarjeta de línea. Por ejemplo, el servidor del controlador se puede implementar en la tarjeta -50- de línea, tal como muestra el servidor -18-B- del controlador de la figura 4. Si se desea, el servidor del controlador se puede implementar en el equipo informático -12- (por ejemplo, tal como el servidor -18-A- del controlador de la figura 4). El servidor -18-A- del controlador o el servidor -18-B- del controlador se puede comunicar

con los clientes -30- del controlador que están implementados utilizando procesadores tales como el procesador -24-1- y/o -24-2-. Las comunicaciones entre el servidor -18-A- del controlador y los clientes del controlador pueden tener lugar a través de la conexión -16- de red. Las comunicaciones entre el servidor -18-B- del controlador y los clientes del controlador pueden tener lugar en el panel -52- trasero (por ejemplo, a través de una conexión de red que utiliza un protocolo tal como el TCP/IP).

Tal como se muestra en la figura 5, el servidor -18- del controlador y el cliente -30- del controlador se pueden comunicar a través de la ruta -66- de red utilizando pilas del protocolo de red tales como la pila -58- de protocolo de red y la pila -60- de protocolo de red. Las pilas -58- y -60- pueden ser, por ejemplo, las pilas TCP/IP de Linux o la pila TCP/IP en el sistema operativo VxWorks (a modo de ejemplos). La ruta -66- puede ser, por ejemplo, una ruta que soporta una conexión de red entre el conmutador -14- y un equipo externo (por ejemplo, la ruta -16- de red de la figura 1), o puede ser una ruta que soporta una conexión de red en el panel -52- trasero en el conmutador -14-, tal como se muestra en la figura 4. En esta memoria, se describen en ocasiones, a modo de ejemplo, disposiciones en las que la ruta -66- es una ruta de red tal como la ruta -16-.

La pila -56- del protocolo de control sirve de interfaz entre la pila -58- del protocolo de red y el software -54- de control. La pila -62- del protocolo de control sirve de interfaz entre la pila -60- del protocolo de red y el software -64- de control. Durante el funcionamiento, cuando el servidor -18- del controlador se está comunicando con el cliente -30- del controlador, las pilas -56- del protocolo de control generan y analizan los mensajes de control (por ejemplo, los mensajes de control para activar un puerto o para instalar una entrada concreta de la tabla de flujo en la tabla -28- de flujo). Utilizando las disposiciones del tipo mostrado en la figura 5, se crea una conexión de red en el enlace entre el servidor -18- del controlador y el cliente -30- del controlador. El servidor -18- del controlador y el cliente -30- del controlador se pueden comunicar utilizando el Protocolo de control de transmisión (TCP) o el Protocolo de datagramas de usuario (UDP) a través de la conexión de red del Protocolo de Internet (IP). Ejemplos de protocolos de control que se pueden utilizar cuando existe comunicación entre el servidor -18- del controlador y los clientes -30- del controlador a través de la conexión de red, incluyen SNMP y la versión 1.0.0 de la pila de protocolo OpenFlow de (a modo de ejemplos).

La tabla -28- de flujo contiene entradas de la tabla de flujo (por ejemplo, filas en la tabla) que tienen varios campos (en ocasiones denominados campos de cabecera). Los campos en un paquete que ha sido recibido por el conmutador -14- se pueden comparar con los campos de la tabla de flujo. Cada entrada de la tabla de flujo puede tener acciones asociadas. Cuando existe una coincidencia entre los campos en un paquete y los campos en una entrada de la tabla de flujo, se puede realizar la acción correspondiente para esa entrada de la tabla de flujo.

Una tabla de flujo ilustrativa se muestra en la figura 6. Tal como se muestra en la figura 6A, la tabla -28- puede tener entradas -68- (filas) de tabla de flujo. Cada entrada de la tabla de flujo puede estar asociada con la cabecera -70-, la acción -72- y las estadísticas -74-. Las cabeceras -70- pueden incluir, cada una, campos -76- de cabecera. La acción en cada entrada de la tabla de flujo indica qué acción va a realizar el conmutador -14- en el paquete cuando se detecta una coincidencia entre los campos en el paquete y los campos correspondientes en la cabecera de dicha entrada de la tabla de flujo. El conmutador -14- puede guardar los datos estadísticos (valores de contador) en la porción estadística de la tabla -28- de flujo que puede ser interrogada por el servidor -18- del controlador cuando se desea obtener información acerca del funcionamiento del conmutador -14-.

Los campos de cabecera en la cabecera -70- (y los correspondientes campos en cada paquete entrante) pueden incluir los siguientes campos: puerto de entrada (es decir, la identidad del puerto físico en el conmutador -14- a través del cual se está recibiendo el paquete), la dirección de origen Ethernet, la dirección de destino Ethernet, el tipo de Ethernet, la identificación de la red de área local virtual (VLAN), la prioridad de la VLAN, la dirección IP origen, la dirección IP destino, el protocolo IP, los bits de "ToS" (tipo de servicio) de IP, el puerto de origen de transporte / Tipo de protocolo de mensajes de control de Internet (ICMP) (en ocasiones denominado puerto TCP origen), y el puerto de destino de transporte/código ICMP (en ocasiones denominado puerto TCP destino). Si se desea, se pueden utilizar otros campos. Por ejemplo, se puede utilizar un campo de protocolo de red y un campo de puerto de protocolo.

Cada entrada de la tabla de flujo (entrada de flujo) está asociada a cero o más acciones que deciden cómo maneja el conmutador los paquetes coincidentes. Si no existen acciones de reenvío, el paquete preferiblemente se descarta. Las acciones que el conmutador -14- puede tomar cuando se detecta una coincidencia entre los campos de un paquete y los campos de la cabecera en una entrada de la tabla de flujo pueden incluir las siguientes acciones: reenvío (por ejemplo, TODOS para enviar el paquete en todas las interfaces, no incluyendo la interfaz de entrada, CONTROLADOR para encapsular y enviar el paquete al servidor del controlador, LOCAL para enviar el paquete a la pila de red local del conmutador, TABLA para realizar acciones en la tabla -28- de flujo, PUERTO\_ENTRADA para sacar el paquete del puerto de entrada, NORMAL para procesar el paquete con una ruta de reenvío por defecto que está soportada por el conmutador, utilizando, por ejemplo, el nivel 2 tradicional, la VLAN y el procesamiento de nivel 3, INUNDACIÓN para inundar el paquete a lo largo del árbol de expansión mínima, no incluyendo la interfaz de entrada). Las acciones adicionales que el conmutador -14- puede realizar incluyen: una acción de puesta en cola para reenviar un paquete a través de una cola unida a un puerto, y una acción de descartar (por ejemplo, descartar un paquete que coincide con una entrada de la tabla de flujo sin ninguna acción específica). Las acciones de

modificación de campo pueden ser asimismo soportadas por el conmutador -14-. Ejemplos de acciones de modificación de campo que se pueden realizar incluyen: Establecer la identificación de la VLAN, Establecer prioridad de la VLAN, Separar la cabecera de la VLAN, Modificar la dirección MAC (Control de acceso a medios) de origen Ethernet, Modificar la dirección MAC de destino Ethernet, Modificar dirección de origen IPv4, Modificar bits de ToS de IPv4, Modificar el puerto de destino de transporte.

La figura 6B es una tabla de flujo ilustrativa que tiene tres entradas en la tabla de flujo. Las entradas incluyen campos con asteriscos (por ejemplo, símbolos “\*”). Cuando existe un asterisco en un campo particular, se considerará que todos los paquetes entrantes crean una “coincidencia” con respecto al campo, independientemente del valor concreto del campo en el paquete entrante.

La entrada de la primera fila de la tabla de la figura 6B indica el conmutador en el que la entrada de la tabla de flujo está operando para realizar una conmutación de Ethernet. En concreto, los paquetes entrantes con direcciones con destino Ethernet coincidentes son reenviados al puerto 3.

La entrada de la segunda fila de la tabla de la figura 6B muestra cómo se puede configurar un conmutador para realizar el encaminamiento de internet (es decir, los paquetes son reenviados en base a su dirección IP de destino).

La tercera fila de la tabla de la figura 6B contiene una entrada que muestra cómo se puede configurar un conmutador para realizar la función de cortafuegos. Cuando se recibe un paquete que tiene un valor del puerto IP de destino de 80, ese paquete se descarta (es decir, el conmutador se configura para actuar como un cortafuegos que bloquea el tráfico del puerto 80).

Las entradas de la tabla de flujo del tipo mostrado en la figura 6B pueden ser cargadas en un conmutador -14- por el servidor -18- del controlador durante las operaciones de ajuste del sistema, o pueden ser proporcionadas a un conmutador -14- desde el servidor -18- del controlador en tiempo real, en respuesta a la recepción y el procesamiento de paquetes en el servidor -18- del controlador del conmutador -14-. En una red con numerosos conmutadores -14-, cada conmutador puede ser provisto de entradas apropiadas de la tabla de flujo para crear una ruta a través de la red.

Se considera, a modo de ejemplo, una red que contiene un primer y un segundo conmutador conectados en serie entre las estaciones finales respectivas. Cuando se envía tráfico desde la primera de las estaciones finales a la segunda de las estaciones finales, puede ser deseable encaminar el tráfico a través del primer y segundo conmutador. Si el segundo conmutador está conectado al puerto 3 del primer conmutador, si la segunda estación final está conectada al puerto 5 del segundo conmutador, y si la dirección IP destino de la segunda estación final es 172.12.3.4, el servidor -18- del controlador puede proporcionar al primer conmutador la entrada de la tabla de flujo de la figura 6C, y puede proporcionar al segundo conmutador la entrada de la tabla de flujo de la figura 6D. Cuando los paquetes con dirección IP destino 172.12.3.4 son recibidos en el primer conmutador, estos son reenviados al segundo conmutador de acuerdo con la acción “reenviar al puerto 3” en la tabla de la figura 6C. Cuando estos paquetes son recibidos en el segundo conmutador, son reenviados a la segunda estación final que está conectada al puerto 5 del segundo conmutador de acuerdo con la acción “reenviar al puerto 5” en la figura 6D.

En la figura 7 se muestran etapas ilustrativas que el conmutador -14- puede realizar en el procesamiento de paquetes que se reciben en los puertos -34- de entrada-salida. En la etapa -78-, el conmutador -14- recibe un paquete en uno de sus puertos (por ejemplo, uno de los puertos -34- de entrada-salida de la figura 1).

En la etapa -80-, el conmutador -14- compara los campos del paquete recibido con los campos de las entradas de la tabla de flujo en la tabla -28- de flujo de dicho conmutador para determinar si existe una coincidencia. Algunos campos en una entrada de la tabla de flujo pueden contener valores completos (es decir, direcciones completas). Otros campos pueden contener asteriscos (es decir, campos marcados con el carácter de “no considerar” representado por el asterisco “\*”). Otros campos adicionales pueden tener entradas parcialmente completas (es decir, una dirección parcial que tiene un asterisco parcial). Algunos campos pueden utilizar rangos (por ejemplo, restringiendo un número de puerto TCP a un valor entre 1 y 4096) y, en efecto, utilizar el rango para implementar un tipo de asterisco parcial. Realizando comparaciones campo a campo entre el paquete recibido y las entradas de la tabla de flujo, el conmutador -14- puede tener en cuenta si cada campo en la entrada de la tabla de flujo contiene o no un valor completo sin ningún asterisco, un valor parcial con asterisco, o un carácter con asterisco (es decir, un campo completamente con asterisco).

Si durante las operaciones de la etapa -80- se determina que no existe ninguna coincidencia entre los campos del paquete y los correspondientes campos de las entradas de la tabla de flujo, el conmutador -14- puede enviar el paquete al servidor -18- del controlador a través del enlace -16- (etapa -84-).

Si durante las operaciones de la etapa -80- se determina que existe una coincidencia entre el paquete y una entrada de la tabla de flujo, el conmutador -14- puede realizar la acción que está asociada con dicha entrada de la tabla de flujo, y puede actualizar el valor del contador en el campo de estadísticas de dicha entrada de la tabla de flujo (etapa



-82-). El procedimiento puede, a continuación, volver atrás a la etapa -78-, de tal manera que el conmutador -14- puede procesar otro paquete, tal como se indica mediante la línea -86-.

Un controlador (por ejemplo, un servidor del controlador u otros controladores implementados en un equipo informático) que controla una red de conmutadores puede reunir o monitorizar información de red, tal como la topología de red o información asociada con estaciones finales. El controlador puede incluir uno o varios servidores del controlador o puede estar distribuido en uno o varios conmutadores (por ejemplo, partes del controlador pueden estar implementadas en los circuitos de almacenamiento y de procesamiento de varios conmutadores). El controlador puede monitorizar las ubicaciones de red de las estaciones finales o monitorizar las conexiones entre los conmutadores en la red. El controlador puede reducir la carga de tráfico de red en la red mediante la utilización de información de red para controlar el flujo del tráfico de red entre las estaciones finales. La figura 8 muestra un escenario ilustrativo en el que el servidor -18- del controlador puede utilizar información de red para reducir el tráfico innecesario de red, en la red -100-.

Tal como se muestra en la figura 8, la red -100- puede incluir estaciones finales -102- que están conectadas a conmutadores en la red -100-. Los conmutadores pueden tener puertos a los que están conectadas las estaciones finales u otros conmutadores. El conmutador -SW1- puede tener puertos A y B conectados a la estación final -EH1- y al puerto E del conmutador -SW3-, respectivamente. El conmutador -SW2- puede tener puertos C y D conectados al puerto F del conmutador -SW3- y al servidor S1 DHCP, respectivamente. El ejemplo de los conmutadores -SW1- y -SW2- conectados a un único conmutador -SW3- es meramente ilustrativo. Si se desea, el conmutador -SW1- puede estar conectado al conmutador -SW2- a través de cualquier número de conmutadores intermedios (por ejemplo, decenas, cientos, miles o más) que crean la parte -104- de red.

Las estaciones finales -102- pueden incluir servidores DHCP tales como el servidor S1 DHCP y el servidor S2 DHCP que proporcionan direcciones de Protocolo de Internet (IP) a otras estaciones finales en la red -100-. Al servidor S1 DHCP y al servidor S2 DHCP se les puede asignar una parte respectiva de las direcciones IP disponibles (por ejemplo, un administrador de red puede asignar direcciones IP a cada servidor DHCP de un grupo de direcciones IP posibles). Por ejemplo, al servidor S1 DHCP se le pueden asignar direcciones IP entre 192.168.1.0 a 192.168.1.255. En este escenario, el servidor S1 DHCP puede proporcionar a la estación final -EH1- la dirección IP 192.168.1.1. La estación final -EH1- puede comunicarse, entonces, con otras estaciones finales de la red -100- utilizando la dirección IP 192.168.1.1. Por ejemplo, los paquetes de red enviados desde la estación final -EH1- pueden incluir campos de cabecera indicando que los paquetes de red fueron enviados desde la dirección IP 192.168.1.1. Otras estaciones finales en la red -100- pueden enviar paquetes de red a la estación final -EH1- enviando los paquetes de red a la dirección IP 192.168.1.1.

Para obtener una dirección IP, la estación final -EH1- se puede comunicar con servidores DHCP utilizando el Protocolo de configuración dinámica de estaciones (DHCP). Las figuras 9A, 9B, 9C, 9D, 9E y 9F muestran paquetes de red DHCP ilustrativos que se pueden utilizar para asignar una dirección IP a la estación final -EH1-.

Cuando la estación final -EH1- se conecta inicialmente a la red -100-, la estación final -EH1- puede tener ya una dirección de hardware correspondiente (por ejemplo, una dirección MAC u otra dirección de Ethernet). Para comunicarse con otras estaciones finales, la estación final -EH1- puede necesitar obtener una dirección IP de un servidor DHCP.

La figura 9A muestra un paquete de petición de obtención de DHCP -112A- que la estación final -EH1- puede utilizar para solicitar una dirección IP de los servidores DHCP en la red -100-. Tal como se muestra en la figura 9A, la petición -112A- de obtención DHCP puede incluir una dirección origen de Ethernet, una dirección destino de Ethernet, una dirección de hardware de cliente y, opcionalmente, una dirección IP preferente u otras opciones deseadas. La dirección origen de Ethernet y la dirección de hardware de cliente pueden ser la dirección de hardware (por ejemplo, dirección MAC) de la estación final -EH1-. La dirección destino de Ethernet puede ser una dirección de difusión general (por ejemplo, indicando que la petición -112A- de obtención de DHCP debe inundar toda la red -100-). El paquete de petición -112A- de obtención DHCP se puede denominar paquete de difusión general, debido a que el paquete está dirigido a todas las estaciones finales de la red -100-.

La estación final -EH1- puede indicar una dirección IP preferente 192.168.1.1 en la petición -112A- de obtención DHCP. Este ejemplo es meramente ilustrativo. Si se desea, la estación final -EH1- puede incluir cualquier dirección IP preferente (por ejemplo, 192.168.1.99, 192.168.1.30, etc.) y puede, opcionalmente, incluir otra información, tal como información relativa a un tipo de hardware o firmware de la estación final -EH1-. La estación final -EH1- puede enviar la petición -112A- de obtención de DHCP a un conmutador del cliente conectado a la estación final -EH1- (por ejemplo, el conmutador -SW1- del cliente). En respuesta a la recepción de la petición -112A- de obtención de DHCP, el conmutador -SW1- del cliente puede reenviar la petición -112A- de obtención de DHCP al servidor -18- del controlador. En respuesta a la recepción de la petición -112A- de obtención de DHCP, el servidor -18- del controlador puede identificar si un servidor DHCP adecuado es conocido para el servidor 18- del controlador -.

El servidor -18- del controlador puede identificar un servidor DHCP adecuado recuperando la información del servidor DHCP de una base de datos. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede recuperar información de

dirección (por ejemplo, una dirección de red y una dirección de hardware) del servidor S1 DHCP de una base de datos almacenada en un almacenamiento -170-. La base de datos puede incluir información relativa a los servidores DHCP identificados previamente.

5 En respuesta a la identificación de un servidor DHCP adecuado para cumplimentar la petición -112A- de obtención de DHCP, un servidor -18- del controlador puede crear la petición -112B- de obtención de DHCP modificada por el controlador de la figura 9B. La petición -112B- de obtención de DHCP modificada por el controlador se puede crear sustituyendo la dirección destino de Ethernet de difusión general de la petición -112A- de obtención de DHCP por una dirección de hardware del servidor DHCP identificado (por ejemplo, una dirección de hardware recuperada de la base de datos). El servidor -18- del controlador puede utilizar la dirección de hardware y otra información de dirección recuperada para generar una ruta de reenvío de paquetes desde la estación final -EH1- al servidor S1 DHCP. El servidor -18- del controlador puede generar la ruta de reenvío de paquetes entre la estación final -EH1- y el servidor S1 DHCP a través de los conmutadores del cliente -SW1-, -SW3- y -SW2- (por ejemplo, proporcionando entradas apropiadas de la tabla de flujo u otras reglas de reenvío de paquetes que ordenan a los conmutadores del cliente reenviar paquetes de red entre la estación final -EH1- y el servidor S1 DHCP). El servidor -18- del controlador puede, a continuación, ordenar al conmutador -SW1- de cliente que reenvíe la petición -112B- de obtención de DHCP modificada por el controlador al servidor S1 DHCP a lo largo de la ruta generada de reenvío de paquetes. Mediante la creación de una ruta de reenvío de paquetes que encamina directamente la petición -112B- de obtención de DHCP modificada por el controlador hacia el servidor S1 DHCP, el servidor -18- del controlador puede ayudar a evitar un tráfico innecesario en la red asociado con la difusión general de la petición -112A- de obtención de DHCP.

La petición -112B- de obtención de DHCP modificada por el controlador se puede denominar paquete de unidifusión, debido a que el paquete está dirigido a una sola estación final (por ejemplo, el servidor S1 DHCP).

25 En respuesta a la recepción de la petición -112B- de obtención de DHCP modificada por el controlador, el servidor S1 DHCP puede asignar una dirección IP disponible a la estación final -EH1- (por ejemplo, una dirección IP que no esté actualmente asignada a otra estación final o a un dispositivo de red), y responder a la petición enviando el paquete de respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP de la figura 9C.

30 La respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP puede incluir una dirección origen Ethernet, una dirección destino Ethernet, una dirección IP origen, una dirección IP ofrecida, una dirección de hardware de cliente, duración opcional de concesión y otras opciones relativas al ofrecimiento de una dirección IP a la estación final -EH1-. La dirección origen Ethernet puede ser la dirección de hardware (por ejemplo, la dirección Ethernet) del servidor S1 DHCP, la dirección destino Ethernet y la dirección de hardware de cliente pueden ser la dirección de hardware de cliente recuperada de una petición -112- de obtención de DHCP correspondiente, la dirección IP origen puede ser la dirección IP del servidor S1 DHCP y la dirección IP ofrecida puede ser la dirección IP que ha sido asignada por el servidor S1 DHCP a la estación final -EH1-. La duración opcional de concesión puede identificar una duración condicional asociada con la oferta (por ejemplo, la duración condicional que debe ser aceptada por la estación final -EH1- antes de que la dirección IP ofrecida sea asignada a la estación final -EH1-). Por ejemplo, la duración opcional de concesión puede incluir un periodo del tiempo durante el cual la dirección IP será asignada a la estación final -EH1- (por ejemplo, un día). En este escenario, la asignación de la dirección IP 192.168.1.1 a la estación final -EH1- expira al cabo de un día.

45 El servidor S1 DHCP puede enviar la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP al conmutador -SW2- del cliente. Si no existe una ruta de reenvío de paquetes para la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP, el conmutador -SW2- del cliente puede reenviar la respuesta -114 a la oferta del servidor DHCP - al servidor -18- del controlador. Si ya se ha generado una ruta de reenvío de paquetes (por ejemplo, en respuesta a la petición -112- de obtención de DHCP), el conmutador -SW2- del cliente puede reenviar la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP a la estación final -EH1- a lo largo de la ruta de reenvío de paquetes generada previamente.

50 En respuesta a la recepción de la respuesta -114- a la oferta de servidor DHCP, el servidor -18- del controlador puede generar una ruta de reenvío de paquetes entre el servidor S1 DHCP y la estación final -EH1- y ordenar al conmutador -SW2- del cliente que reenvíe la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP directamente a la estación final -EH1- a lo largo de la ruta de reenvío de paquetes.

55 El servidor -18- del controlador puede utilizar información recuperada de los paquetes de DHCP tal como la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP para almacenar información del servidor DHCP (por ejemplo, en una base de datos en un almacenamiento -170-). Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede recuperar información del servidor DHCP tal como direcciones de red y una dirección de hardware del servidor DHCP a partir de la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP, y almacenar la información del servidor DHCP recuperada. El servidor -18- del controlador puede utilizar la información del servidor DHCP almacenada para responder a futuros paquetes de peticiones de DHCP. Por ejemplo, en respuesta a la recepción de la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP desde el servidor S1 DHCP, el servidor -18- del controlador puede almacenar la dirección IP y la dirección MAC del servidor S1 DHCP (es decir, 192.168.1.100 y 10, respectivamente). En este escenario, el servidor -18- del controlador puede responder a futuras peticiones de obtención de DHCP mediante el reenvío de las futuras

5 peticiones de obtención de DHCP al servidor S1 DHCP (por ejemplo, debido a que el servidor S1 DHCP es conocido).

5 En respuesta a la recepción de la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP desde el servidor S1 DHCP, la estación final -EH1- puede responder con la petición -116A- de oferta de DHCP de la figura 9D. La petición -116A- de oferta de DHCP puede indicar que la estación final -EH1- acepta la dirección IP que el servidor S1 DHCP le ofreció a través de la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP.

10 Tal como se muestra en la figura 9D, la petición -116A- de oferta de DHCP puede incluir una dirección origen Ethernet (por ejemplo, la dirección MAC de la estación final -EH1-), una dirección destino Ethernet, una dirección IP del servidor DHCP y una dirección IP de la estación final. La dirección destino Ethernet puede ser una dirección de difusión general. La dirección IP del servidor DHCP puede ser la dirección IP del servidor DHCP que envió la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP. La estación final -EH1- puede recuperar la dirección IP del servidor DHCP del campo de dirección IP origen de la respuesta 114- a la oferta del servidor DHCP -. La dirección IP de la estación final puede ser recuperada del campo de dirección IP ofrecida que está siendo aceptada (por ejemplo, la dirección IP de la estación final puede ser recuperada del campo de dirección IP ofrecida de la respuesta -114- a la oferta del servidor DHCP). La estación final -EH1- puede enviar la petición -116A- de oferta de DHCP al conmutador -SW1- del cliente y el conmutador -SW1- del cliente puede reenviar la petición -116A- de oferta de DHCP al servidor -18- del controlador.

20 En respuesta a la recepción de la petición -116A- de oferta de DHCP, el servidor -18- del controlador puede crear el paquete de petición -116B- de obtención de DHCP modificado por el controlador de la figura 9E sustituyendo la dirección de difusión general por la dirección Ethernet del servidor S1 DHCP. El servidor -18- del controlador puede reenviar la petición -116B- de obtención de DHCP modificada por el controlador al servidor S1 DHCP en lugar del paquete de petición -116A- de oferta de DHCP (por ejemplo, proporcionando entradas apropiadas de la tabla de flujo a los conmutadores del cliente).

30 En respuesta a la recepción de la petición -116B- de oferta de DHCP, el servidor S1 DHCP puede responder con la respuesta -118- de acuse de recibo de DHCP de la figura 9F. Tal como se muestra en la figura 9F, la respuesta -118- de acuse de recibo de DHCP puede incluir la misma dirección origen Ethernet que la establecida para la dirección de hardware del servidor S1 DHCP, y la misma dirección destino Ethernet que la establecida para la dirección de hardware de la estación final -EH1-. La respuesta -118- de acuse de recibo de DHCP puede confirmar la asignación de la dirección IP asignada a la estación final -EH1- mediante un campo de tipo mensaje (por ejemplo, el tipo de mensaje puede ser "confirmar" o "acuse de recibo"). Si ya se ha generado una ruta de reenvío de paquetes, el conmutador -SW2- del cliente puede reenviar la respuesta -118- de acuse de recibo de DHCP a la estación final -EH1-. Si no se ha generado ninguna ruta de reenvío de paquetes, el servidor -18- del controlador puede recibir una respuesta -118- de acuse de recibo de DHCP (por ejemplo, a través del conmutador -SW2- del cliente) y reenviar la respuesta -118- de acuse de recibo de DHCP directamente a la estación final -EH2-.

40 Los campos de paquete mostrados en las figuras 9A-9F son meramente ilustrativos. Si se desea, se pueden incluir otros campos de paquete tales como los campos de datos DHCP, los campos de cabecera IP, los campos de cabecera Ethernet, etc, en los paquetes DHCP tales como las peticiones de DHCP y las respuestas de DHCP. Por ejemplo, se pueden enviar paquetes DHCP utilizando el Protocolo de datagramas de usuario (UDP). En este escenario, los paquetes DHCP pueden incluir campos de cabecera UDP tales como las direcciones IP origen y destino. Los paquetes de petición de DHCP de las estaciones finales a las que aún no se les ha asignado una dirección IP pueden incluir direcciones IP origen no válidas, tales como 0.0.0.0. Los paquetes de respuesta de DHCP a las estaciones finales a las que aún no se les ha asignado una dirección IP pueden incluir direcciones IP de destino de difusión general tales como 255.255.255.255 o direcciones IP ofrecidas de estación final.

50 La figura 10 muestra un diagrama ilustrativo de cómo puede el servidor -18- del controlador reenviar una petición de DHCP (por ejemplo, la petición -112- de obtención de DHCP de la figura 9A o la petición -116- de oferta de DHCP de la figura 9C) directamente desde la estación final -EH1- al servidor S1 DHCP.

55 En la etapa -122-, la estación final -EH1- puede enviar la petición de DHCP al puerto A del conmutador -SW1- del cliente. La estación final -EH1- puede indicar que la petición de DHCP debe ser enviada por difusión general a través de la red -100- (por ejemplo, proporcionando una dirección de difusión general en un campo de dirección destino Ethernet de la petición de DHCP).

60 En la etapa -124-, el conmutador del cliente puede recibir la petición de DHCP de la estación final -EH1- y examinar una tabla de flujo correspondiente para determinar cómo procesar la petición de DHCP. En respuesta a la determinación de que no existe ninguna entrada de la tabla de flujo para la petición de DHCP o que las entradas de la tabla de flujo ordenan al conmutador -SW1- del cliente que reenvíe la petición de DHCP al servidor -18- del controlador, el servidor -SW1- del cliente puede reenviar la petición de DHCP al servidor -18- del controlador.

65 En la etapa -126-, el servidor -18- del controlador puede identificar un servidor DHCP apropiado. El servidor -18- del controlador puede identificar un servidor DHCP apropiado recuperando la información del servidor DHCP (por ejemplo, la dirección de red, la dirección de hardware, etc.) de una base de datos. El servidor -18- del controlador

puede crear una petición modificada por el controlador (por ejemplo, la petición -112B- de obtención de DHCP modificada por el controlador de la figura 9B) utilizando la información recuperada del servidor DHCP.

5 En la etapa -128-, el servidor -18- del controlador puede crear una ruta de reenvío de paquetes proporcionando entradas de la tabla de flujo a los conmutadores del cliente que ordenan a los conmutadores de cliente reenviar la petición de DHCP modificada por el controlador al servidor DHCP identificado. El servidor -18- del controlador puede proporcionar entradas de la tabla de flujo a los conmutadores -SW1-, -SW2- y -SW3- de cliente que ordenen al conmutador -SW1- de cliente reenviar la petición de DHCP modificada por el controlador, del puerto A al puerto B, que ordenen al conmutador -SW3- del cliente a reenviar la petición de DHCP modificada por el controlador desde el conmutador -SW1- de cliente al conmutador -SW2- de cliente, y que ordenen al conmutador -SW2- de cliente reenviar la petición de DHCP modificada por el controlador, del puerto C al puerto D.

10 En la etapa -130-, la petición de DHCP modificada por el controlador puede ser reenviada desde la estación final -EH1- al servidor S1 DHCP a lo largo de la ruta de reenvío de paquetes a través de los conmutadores. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede proporcionar la petición de DHCP modificada por el controlador al conmutador -SW1- de cliente y dar instrucciones al conmutador -SW1- de cliente para reenviar la petición de DHCP modificada por el controlador a lo largo de la ruta de reenvío de paquetes.

15 Mediante la creación de una ruta de reenvío de paquetes que reenvía paquetes directamente entre la estación final -EH1- y el servidor S1 DHCP, el servidor -18- del controlador puede evitar la difusión general innecesaria de paquetes DHCP. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede evitar que las peticiones de DHCP sean reenviadas por los conmutadores al servidor S2 DHCP, incluso aunque las peticiones puedan estar creadas por estaciones finales con direcciones destino Ethernet de difusión general.

20 El ejemplo de la figura 10 en el que el servidor -18- del controlador crea una ruta de reenvío de paquetes a través de los conmutadores es meramente ilustrativo. Si se desea, el servidor -18- del controlador puede reenviar peticiones y/o respuestas de DHCP a través del servidor -18- del controlador. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede recibir la petición -112- de obtención de DHCP desde la estación final -EH1-, enviar la petición -112- de obtención de DHCP al conmutador -SW2- del cliente (por ejemplo, a través de las rutas -66- de red de la figura 8), y ordenar al conmutador -SW2- del cliente a reenviar la petición 112- de obtención de DHCP - al servidor S1 DHCP a través del puerto D.

25 Las peticiones de DHCP tales como la petición -112A- de obtención de DHCP pueden ser enviadas por estaciones finales a servidores DHCP específicos. Por ejemplo, si una estación final desea renovar una concesión (por ejemplo, debido a la expiración de una duración de una concesión), la estación final puede enviar una petición de obtención de DHCP que está destinada para un servidor DHCP determinado (por ejemplo, una petición de obtención de DHCP con una dirección IP destino específica, en lugar de una dirección IP de difusión general). Si se desea, el servidor -18- del controlador puede ser configurado por un administrador de red para permitir que las peticiones de DHCP lleguen a servidores DHCP autorizados, y para impedir que peticiones de DHCP lleguen a servidores DHCP no autorizados. Los servidores DHCP autorizados pueden ser proporcionados por el administrador de red al servidor -18- del controlador como una lista de servidores DHCP autorizados. La lista de servidores DHCP autorizados puede ser almacenada en el almacenamiento -170- del servidor -18- del controlador. El servidor -18- del controlador puede estar configurado por el administrador de red en un modo estático, en el que el servidor -18- del controlador permite peticiones basadas en la lista de servidores DHCP autorizados, y en un modo normal, en el que el servidor -18- del controlador permite todas las peticiones de DHCP con direcciones IP destino específicas.

30 Una red puede, en ocasiones, estar dividida en subredes (en ocasiones, denominadas subredes). Cada subred puede incluir un encaminador (por ejemplo, un sistema de reenvío de paquetes que reenvía paquetes en base a los campos de cabecera IP de los paquetes). Los encaminadores pueden, en ocasiones, denominarse conmutadores de tres capas. La figura 11 muestra una red -140- ilustrativa con subredes -142A- y -142B- que están asociadas con los respectivos encaminadores -R1- y -R2-. La red -140- puede incluir conmutadores de cliente tales como -SW4- y -SW5- que están controlados por el servidor -18- del controlador a través de las rutas -66- de la red.

35 Cada subred puede estar asociada con un rango de direcciones IP. A los dispositivos de red en una subred determinada se les pueden asignar direcciones IP en el rango de direcciones IP correspondiente a dicha subred. La subred -142A- puede estar asociada con direcciones IP entre 192.168.1.0 y 192.168.1.255, mientras que la subred -142B- puede estar asociada con direcciones IP entre 192.168.2.0 y 192.168.2.255. A la estación final -EH2- y al encaminador -R1-, que están asociados con la subred -142A-, se les pueden asignar direcciones IP de 192.168.1.10 y 192.168.1.1 (por ejemplo, direcciones IP que están dentro del rango correspondiente a la subred -142A-). Al servidor S3 DHCP y al encaminador -R2- que están asociados con la subred -142B- se les pueden asignar direcciones IP de 192.168.2.100 y 192.168.2.1. Las direcciones IP de los encaminadores y los servidores DHCP pueden preconfigurarse (por ejemplo, por un administrador de red).

40 Cada encaminador puede reenviar paquetes entre una subred correspondiente y otras subredes. Los paquetes de red pueden ser reenviados por los encaminadores en base a los campos de cabecera IP tales como las direcciones IP destino. Por ejemplo, los paquetes de red enviados desde una estación final en la subred -142A- con una

dirección IP destino asociada con la subred -142B- pueden ser reenviados desde el encaminador -R1- al encaminador -R2-.

Un servidor DHCP puede estar configurado para asignar direcciones IP a estaciones finales de varias subredes. No obstante, cada encaminador impide que los paquetes de red que tienen direcciones destino de difusión general alcancen subredes que no están asociadas con el encaminador. Por ejemplo, el encaminador -R1- puede bloquear los paquetes de red Ethernet de difusión general que son enviados por la estación final -EH1- para que no alcancen la subred -142B-. En algunos escenarios, los encaminadores pueden impedir que los paquetes de difusión general DHCP alcancen el servidor DHCP.

Por ejemplo, un paquete de una petición de obtención de DHCP que es difundido a nivel general por la estación final -EH2- puede ser bloqueado por el encaminador -R1- antes de que alcance el servidor S3 DHCP (por ejemplo, debido a que todos los paquetes de red de la subred -142A- deben pasar a través del encaminador -R1- para alcanzar la subred -142B-). En este escenario, el encaminador -R1- puede estar configurado con un agente de retransmisión -144A- que convierte el paquete de petición de obtención de DHCP difundido a nivel general en un paquete de petición de obtención DHCP dirigido (por ejemplo, creando un paquete de red dirigido con una dirección IP origen que es la dirección IP del encaminador -R1- y con una dirección IP destino que es la dirección IP del servidor S3 DHCP). El paquete de obtención de DHCP dirigido se puede denominar en ocasiones paquete IP de unidifusión, porque el paquete de obtención de DHCP dirigido puede estar dirigido hacia una sola dirección IP destino.

El servidor -18- del controlador puede estar provisto de información relativa a los agentes de transmisión en la red -140- (por ejemplo, un administrador de red puede proporcionar información relativa al agente de retransmisión -144A- al servidor -18- del controlador). Para ayudar a reducir la carga de red debida a la difusión general de paquetes de DHCP (por ejemplo, debido a los conmutadores que difunden los paquetes de DHCP a través de una subred correspondiente), el servidor -18- del controlador puede interceptar los paquetes de petición de DHCP y convertir los paquetes de petición de DHCP en paquetes de petición de DHCP modificados que están destinados a agentes de retransmisión DHCP apropiados.

Se debe tener en cuenta el escenario en el que la estación final -EH2- envía un paquete de petición de obtención de DHCP que solicita la asignación de una dirección IP a la estación final -EH2-. El conmutador -SW4- de cliente puede recibir el paquete de petición de obtención de DHCP y reenviar el paquete de petición de obtención de DHCP al servidor -18- del controlador. En respuesta a la recepción del paquete de petición de obtención de DHCP, el servidor -18- del controlador puede crear una petición -112C- de obtención de DHCP modificada por el controlador mostrada en la figura 12.

Tal como se muestra en la figura 12, la petición -112C- de obtención de DHCP modificada por el controlador puede incluir una dirección origen Ethernet, una dirección destino Ethernet y una dirección de hardware de cliente. La dirección origen Ethernet y la dirección de hardware de cliente puede ser la dirección de hardware de la estación final -EH2- (por ejemplo, la dirección MAC de la estación final -EH2-). La dirección destino Ethernet puede ser la dirección de hardware del encaminador -R1- (por ejemplo, el encaminador asociado con el agente de retransmisión -144A- que está dentro de la misma subred que la estación final -EH2-). El servidor -18- del controlador puede determinar la dirección Ethernet del agente de retransmisión -144A- a partir de una base de datos proporcionada por un administrador del sistema.

Si se desea, el servidor -18- del controlador puede ser creado con un agente retransmisión -144B- que proporciona al servidor -18- del controlador la capacidad de crear paquetes de petición de DHCP modificados por el controlador que pueden ser reenviados entre las subredes. El agente de retransmisión -144B- puede estar asociado con una dirección IP reservada (por ejemplo, 192.168.1.20) y una dirección MAC (por ejemplo, 10). Si se desea, el agente de retransmisión -144B- puede estar creado en lugar del agente de retransmisión -144A-, porque las funciones realizadas por el agente de retransmisión -144A- pueden ser realizadas por un servidor del controlador con el agente de retransmisión -144B-. La figura 13 muestra una petición -112D- de obtención de DHCP modificada por el controlador que puede ser creada por el servidor -18- del controlador que tiene un agente de retransmisión -144B- en respuesta a un paquete de petición de obtención de DHCP enviado por la estación final -EH2-.

Tal como se muestra en la figura 13, la petición -112D- de obtención de DHCP modificada por el controlador puede incluir direcciones Ethernet origen y destino, direcciones IP origen y destino, una dirección IP de puerta de enlace y una dirección de hardware de cliente. Las direcciones origen Ethernet e IP pueden ser la dirección MAC y la dirección IP del agente de retransmisión -144B-. La dirección destino Ethernet puede ser la dirección Ethernet del encaminador -R1-. La dirección IP destino puede ser la dirección IP del servidor S3 DHCP. La dirección IP de puerta de enlace puede ser la dirección IP del agente de retransmisión -144B-. La dirección de hardware de cliente puede ser la dirección de hardware de cliente de la estación final -EH2-.

La figura 14 muestra etapas ilustrativas implicadas en la utilización del servidor -18- del controlador que tiene un agente de retransmisión -144B- correspondiente para generar paquetes de petición de DHCP modificados por el

controlador, tales como el paquete de petición -112D- modificado por el controlador que puede ser reenviado entre subredes.

5 En la etapa -152-, la estación final -EH2- puede enviar un paquete de petición de DHCP que solicita la asignación de una dirección IP a la estación final -EH2- (por ejemplo, un paquete de petición -112A- de obtención de DHCP con una dirección origen Ethernet de 2). En la etapa -154-, el conmutador -SW4- puede reenviar el paquete de petición de DHCP al servidor -18- del controlador.

10 En la etapa -156-, el servidor -18- del controlador puede recibir el paquete de petición de DHCP y crear un paquete de petición modificado por el controlador utilizando información tal como información de dirección IP del agente de retransmisión -144B-. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede crear el paquete de petición modificado por el controlador de la figura 12 con campos de cabecera de paquete adicionales que identifican una dirección IP origen correspondiente al agente de retransmisión -144B- (por ejemplo, 192.168.1.20) y una dirección IP destino que corresponde al servidor S3 DHCP (por ejemplo, 192.168.2.100). Al crear el paquete de petición de DHCP modificado por el controlador con información del agente de retransmisión apropiada e información de dirección IP, el servidor -18- del controlador puede proporcionar información de encaminamiento apropiada a los encaminadores -R1- y -R2- (por ejemplo, porque los encaminadores -R1- y -R2- reenvían paquetes de red en base a la información de dirección IP).

20 En la etapa -158-, el servidor -18- del controlador puede enviar el paquete de petición de DHCP modificado por el controlador y entradas apropiadas de la tabla de flujo al conmutador -SW4-. El conmutador -SW4- puede reenviar el paquete de petición de DHCP modificado por el controlador a lo largo de una ruta de reenvío de paquetes apropiada (por ejemplo, utilizando las entradas de la tabla de flujo).

25 En la etapa -160- el paquete de petición de DHCP modificado por el controlador puede ser reenviado a través de la ruta de reenvío de paquetes (por ejemplo, a través de los encaminadores -R1- y -R2- y el conmutador -SW5-) al servidor S3 DHCP. El servidor S3 DHCP puede recuperar la dirección de hardware de la estación final -EH2- y la dirección IP del agente de retransmisión -144B- (por ejemplo, del campo de dirección de hardware de cliente y del campo de dirección IP de puerta de enlace) y asignar una dirección IP apropiada a la estación final -EH2- en base a la información recuperada.

La figura 15 muestra un diagrama de flujo de etapas ilustrativas que pueden ser realizadas por el servidor -18- del controlador para gestionar peticiones para las asignaciones de direcciones de red en una red.

35 En la etapa -202-, el servidor -18- del controlador puede recibir un nuevo paquete de una estación final. Por ejemplo, el nuevo paquete puede ser reenviado por un conmutador de cliente de una estación final al servidor -18- del controlador. El servidor -18- del controlador puede identificar un tipo de paquete (por ejemplo, si el paquete es o no una petición de DHCP, una respuesta de DHCP u otros tipos de paquetes). Para identificar el tipo del paquete, el servidor -18- del controlador puede recuperar la información de paquete de los campos de cabecera del paquete (por ejemplo, campos de cabecera de Ethernet, campos de cabecera IP, etc.).

45 En respuesta a la identificación de que el paquete no está asociado con el DHCP (por ejemplo, que el paquete es un paquete no DHCP), el servidor -18- del controlador puede realizar las operaciones de la etapa -204-. En respuesta a la identificación de que el paquete es un paquete de petición de DHCP, el servidor -18- del controlador puede realizar las operaciones de la etapa -206-. En respuesta a la identificación de que el paquete es un paquete de respuesta de DHCP, el servidor -18- del controlador puede realizar las operaciones de la etapa -210-.

50 En la etapa -204-, el servidor -18- del controlador puede procesar el paquete con normalidad. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede crear una ruta de reenvío de paquetes para el paquete para reenviarlo entre orígenes de paquete y destinos de paquete (por ejemplo, si el paquete tiene una dirección IP destino específica). Como ejemplo adicional, el servidor -18- del controlador puede ordenar a los conmutadores de cliente a difundir a nivel general el paquete (por ejemplo, si el paquete tiene una dirección IP destino de difusión general).

55 En la etapa -206-, el servidor -18- del controlador puede identificar un servidor DHCP apropiado para complementar el paquete de petición de DHCP. El servidor -18- del controlador puede identificar el servidor DHCP apropiado recuperando la información del servidor DHCP de una base de datos o de otras formas de almacenamiento. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede utilizar direcciones de hardware y de red almacenadas en una base de datos para identificar un servidor DHCP apropiado. Si el servidor -18- del controlador no puede identificar un servidor DHCP apropiado, se pueden realizar las operaciones de la etapa -204- para difundir a nivel general la petición de DHCP en toda la red. Si el servidor del controlador puede identificar un servidor DHCP apropiado, se pueden realizar las operaciones de la etapa -208-.

65 En la etapa -208-, el servidor -18- del controlador puede crear un paquete de DHCP modificado por el controlador a partir de la petición de DHCP utilizando información recuperada para el servidor DHCP identificado. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede crear la petición -116B- de oferta de DHCP modificada por el controlador a partir

de la petición -116A- de oferta de DHCP reemplazando la dirección destino Ethernet de difusión general de la petición -116A- de oferta de DHCP con la dirección de hardware del servidor DHCP identificado.

5 El servidor -18- del controlador puede reenviar el paquete de DHCP modificado por el controlador directamente al servidor DHCP identificado. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede proporcionar entradas de la tabla de flujo a los conmutadores del cliente para crear una ruta de reenvío de paquetes entre la estación final y el servidor DHCP identificado. Como ejemplo adicional, el servidor -18- del controlador puede reenviar el paquete de petición de DHCP a través del servidor -18- del controlador a un conmutador de cliente conectado al servidor DHCP, y dar instrucciones al conmutador de cliente para reenviar el paquete de petición de DHCP al servidor DHCP identificado.  
10 El proceso puede, entonces, opcionalmente, volver a la etapa -202- a través de la ruta -220- para procesar nuevos paquetes de estaciones finales.

15 En la etapa -210- el servidor -18- del controlador puede identificar un modo de funcionamiento. Los modos de funcionamientos pueden incluir un modo estático y un modo normal. En otras palabras, el servidor -18- del controlador puede determinar si el servidor del controlador está configurado en un modo estático o en un modo normal. El modo normal puede en ocasiones denominarse modo de inundación o de reenvío. El modo de funcionamiento puede configurarse por un administrador de red. En respuesta a la determinación de que el servidor -18- del controlador está configurado en un modo normal, se pueden realizar las operaciones de la etapa -202-. En respuesta a la determinación de que el servidor -18- del controlador está configurado en un modo estático, se  
20 pueden realizar las operaciones de la etapa -216-.

25 En la etapa -212-, el servidor -18- del controlador puede almacenar información del servidor DHCP que envió el paquete de respuesta de DHCP. La información almacenada puede incluir información de direcciones de red y hardware asociadas con el servidor DHCP (por ejemplo, información de dirección IP, información de dirección Ethernet, etc.). La información almacenada puede, por ejemplo, almacenarse en una base de datos en el servidor -18- del controlador y puede ser recuperada en la etapa -206- para identificar servidores DHCP apropiados para cumplimentar peticiones de DHCP futuras.

30 En la etapa -214-, el servidor -18- del controlador puede reenviar el paquete de respuesta de DHCP directamente a una estación final destino. El servidor -18- del controlador puede recuperar la información de la estación final de destino de los campos de cabecera del paquete de respuesta de DHCP. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede identificar la estación final de destino de una dirección de hardware recuperada de un campo de dirección destino Ethernet del paquete de respuesta de DHCP. El servidor -18- del controlador puede reenviar el paquete de respuesta de DHCP proporcionando entradas adecuadas de la tabla de flujo a los conmutadores del cliente para  
35 encaminar el paquete del servidor DHCP que envió el paquete de respuesta a la estación final de destino. Si se desea, el paquete de respuesta de DHCP puede ser reenviado a través del servidor del controlador (por ejemplo, reenviado por el servidor del controlador directamente a un conmutador del cliente conectado a la estación final de destino). El proceso puede volver, a continuación, a la etapa -202- a través de la ruta -220- para procesar nuevos paquetes de estaciones finales.

40 En la etapa -216-, el servidor -18- del controlador puede identificar si el servidor DHCP que envió el paquete de respuesta de DHCP está autorizado a enviar respuestas de DHCP. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede haber sido configurado por un administrador de red con una lista de servidores DHCP autorizados. En este escenario, el servidor -18- del controlador puede comparar atributos (por ejemplo, direcciones IP, direcciones de hardware, etc.) del servidor DHCP con entradas en la lista de servidores DHCP autorizados. Si se encuentra una  
45 coincidencia, el servidor -18- del controlador puede determinar que el servidor DHCP está autorizado a enviar respuestas de DHCP y se pueden realizar las operaciones de la etapa -212-. Si no se encuentra ninguna coincidencia, el servidor -18- del controlador puede determinar que el servidor DHCP no está autorizado a enviar respuestas de DHCP y se pueden realizar las operaciones de la etapa -218-.

50 En la etapa -218-, el servidor -18- del controlador puede descartar el paquete de respuesta de DHCP (por ejemplo, de tal manera que el paquete de respuesta de DHCP no se reenvía a una estación final destino). El proceso, a continuación, puede volver a la etapa -202- a través de la ruta -220- para procesar nuevos paquetes de estaciones finales.  
55

La utilización de uno o más controladores centralizados, tales como el servidor -18- del controlador, para controlar conmutadores de red es meramente ilustrativa. Si se desea, se puede utilizar cualquier tipo de controlador (por ejemplo, un controlador implementado en un equipo informático) que controle una red de sistemas de reenvío de paquetes, para procesar paquetes de red tales como peticiones de DHCP (por ejemplo, para realizar las etapas del diagrama de flujo de la figura 15).  
60

Las operaciones de la etapa -208- se pueden llevar a cabo en base a la información de la topología de red. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede reunir información de la topología de red relativa a la partición de la red en subredes y sus respectivos rangos de direcciones IP. Como ejemplo adicional, un administrador de la red puede proporcionar al servidor -18- del controlador información de la topología de red. La figura 16 muestra un diagrama de flujo de etapas ilustrativas que pueden ser llevadas a cabo por el servidor -18- del controlador utilizando  
65

la información de la topología de red para crear un paquete de petición de obtención de DHCP modificado por el controlador y reenviar el paquete de petición de obtención de DHCP modificado por el controlador a un servidor DHCP identificado. Las etapas ilustrativas de la figura 16 pueden ser llevadas a cabo como parte de la etapa -208- de la figura 15.

5 En la etapa -232-, el servidor -18- del controlador puede determinar si un servidor DHCP identificado o un agente de retransmisión de DHCP (por ejemplo, un servidor DHCP identificado en la etapa -206- de la figura 15) está en la misma subred que la estación final que envió la petición de DHCP. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede utilizar información de la topología de red recuperada del almacenamiento tal como el almacenamiento -170- del servidor -18- del controlador para identificar si la estación final está en la misma subred que el servidor DHCP. Si el servidor -18- del controlador determina que la estación final está asociada con una subred diferente a la del servidor DHCP, el procedimiento puede realizar las operaciones de la etapa -234-. Si el servidor -18- del controlador determina que la estación final está asociada con la misma subred que el servidor DHCP, el procedimiento puede realizar las operaciones de la etapa -236-.

15 En la etapa -234-, el servidor -18- del controlador puede crear un paquete de petición de DHCP modificado por el controlador con campos de dirección IP de puerta de entrada y con campos de cabecera IP apropiados (por ejemplo, para convertir el paquete de petición de DHCP en un paquete IP unidifusión). Para determinar la dirección IP de la puerta de enlace apropiada, el servidor -18- del controlador puede utilizar información de la topología de red e información del agente de retransmisión. Por ejemplo, el servidor -18- del controlador puede configurarse con un agente de retransmisión que tiene unas direcciones IP y MAC correspondientes. En este escenario, el servidor -18- del controlador puede crear el paquete modificado mediante un controlador con la información de dirección del agente de retransmisión. Si se desea, el servidor -18- del controlador puede recuperar la información de dirección de hardware del agente de retransmisión de la base de datos y crear el paquete modificado por el controlador con la información de dirección recuperada.

20 Los campos de la cabecera IP pueden ser proporcionados por el servidor -18- del controlador, de tal manera que los encaminadores que reciben el paquete de petición de DHCP modificado por el controlador encaminan correctamente el paquete al servidor DHCP (por ejemplo, debido a que el campo de dirección IP destino puede ser ajustado a la dirección IP del servidor DHCP).

25 En la etapa -236-, el servidor -18- del controlador puede crear un paquete de petición de DHCP modificado por el controlador sin una dirección IP de puerta de enlace (por ejemplo, proporcionando una dirección IP de puerta de enlace de 0.0.0.0). Como ejemplo, el servidor -18- del controlador puede crear la petición -112B- de obtención de DHCP modificada por el controlador de la figura 9A.

30 En la etapa -238-, el servidor -18- del controlador puede reenviar el paquete de petición de DHCP modificado por el controlador creado en cualquiera de las etapas -234- ó -236- al servidor DHCP o al agente de retransmisión de DHCP (por ejemplo, proporcionando a los conmutadores de cliente en la red reglas apropiadas de reenvío de paquetes, o reenviando el paquete de petición de DHCP modificado por el controlador). El procedimiento puede entonces volver a la etapa -202- de la figura 15, para procesar nuevos paquetes recibidos de las estaciones finales.

35 La figura 17 muestra un ejemplo ilustrativo en el que los controladores -302- pueden estar distribuidos en los conmutadores -14- a lo largo de la red -300-. Los controladores -302- pueden estar distribuidos en algunos o en todos los conmutadores -14- de la red. Los clientes de controlador tales como el cliente -30- del controlador se pueden comunicar con uno o varios de los controladores -302- a través de los enlaces de comunicaciones de red (por ejemplo, los controladores -302- pueden enviar instrucciones al cliente -30- del controlador a través de los enlaces de comunicaciones). Los controladores -302- se pueden comunicar entre sí para controlar conjuntamente los conmutadores -14- o pueden controlar individualmente los conmutadores -14-.

40 Como ejemplo, los controladores -302- pueden controlar conjuntamente la red -300- comunicándose entre sí. Los controladores -302- pueden compartir información relativa a la topología de red, al tráfico de red, a las estaciones finales conectadas a los conmutadores -14-, etc. Al compartir la información de la red, los conmutadores -302- pueden reunir la información del servidor DHCP y utilizar la información del servidor DHCP para procesar paquetes de DHCP.

45 De acuerdo con una realización, un procedimiento para la utilización de un controlador para controlar el tráfico de red a través de conmutadores de red, el procedimiento está previsto de modo que incluye identificar con el controlador si un paquete de red enviado desde una estación final es un paquete de difusión general del Protocolo de configuración dinámica de estaciones; y, en respuesta a la identificación de que el paquete de red es un paquete de difusión general del Protocolo de configuración dinámica de estaciones, modificar el paquete de red con el controlador.

50 Según otra realización, la modificación del paquete de red incluye modificar un campo de dirección destino del paquete de red.



Según otra realización, el procedimiento incluye recuperar información de dirección de un servidor del Protocolo de configuración dinámica de estaciones de una base de datos, modificando el campo de dirección de destino del paquete de red, lo que incluye almacenar información de la dirección del servidor del Protocolo de configuración dinámica de estaciones en el campo de dirección de destino.

5 Según una realización, un procedimiento para controlar el tráfico en una red de conmutadores, el procedimiento está previsto que incluya, recibir un paquete de petición del Protocolo de configuración dinámica de estaciones con el controlador, que es enviado desde una estación final; y en base a la información de topología de red asociada con la red de conmutadores, modificar el paquete de petición del Protocolo de configuración dinámica de estaciones con el controlador.

10 Según otra realización, la red está dividida en subredes asociadas con respectivos rangos de dirección y en la que la estación final está asociada con una subred determinada, el procedimiento incluye además identificar con el controlador un servidor para cumplimentar el paquete de petición del Protocolo de configuración dinámica de estaciones, identificar con el controlador si el servidor está asociado con la subred determinada en base a la información de topología de red; en respuesta a la identificación de que el servidor está asociado con la subred dada, modificar un campo de dirección Ethernet del paquete de petición del Protocolo de configuración dinámica de estaciones; y, en respuesta a la identificación de que el servidor no está asociado con la subred determinada, modificar un campo de dirección del Protocolo de Internet del paquete de petición del Protocolo de configuración dinámica de estaciones.

20 Según otra realización, identificar si el servidor está asociado con la subred incluye comparar una dirección del Protocolo de Internet del servidor con un rango de direcciones de la subred determinada.

25 Según otra realización, modificar el campo de dirección del Protocolo de Internet del paquete de petición del Protocolo de configuración dinámica de estaciones incluye modificar un campo de dirección del Protocolo de Internet de la puerta de enlace del paquete de petición del Protocolo de configuración dinámica de estaciones.

30 Lo anterior es meramente ilustrativo del espíritu de esta invención, y los expertos en la materia pueden realizar varias modificaciones sin apartarse del alcance de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de utilización de un controlador (18) para controlar conmutadores en una red, comprendiendo el procedimiento:
- 5 controlar con el controlador (18), los conmutadores de la red proporcionando reglas de reenvío de paquetes a los conmutadores;
- 10 identificar (202) con el controlador (18), si un paquete de red que se ha enviado desde una estación final está solicitando la asignación de una dirección de protocolo para la estación final;
- en respuesta a identificar que el paquete de red solicita la asignación de una dirección de protocolo para la estación final, procesar el paquete de red con el controlador (18); y
- 15 controlar con el controlador (18), los conmutadores proporcionando al menos a uno de los conmutadores el paquete de red que ha sido procesado por el controlador, en el que el procesamiento del paquete de red con el controlador comprende:
- 20 identificar (206) con el controlador, un servidor que tiene capacidades de asignación de direcciones de protocolo; y reenviar (208) con el controlador (18), el paquete de red al servidor, estando el procedimiento **caracterizado porque** el reenvío del paquete de red al servidor comprende proporcionar reglas de reenvío de paquetes a los conmutadores que ordenan los conmutadores a reenviar el paquete de red de la estación final al servidor.
- 25 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la identificación (202) de que el paquete de red está solicitando la asignación de una dirección de protocolo a la estación final comprende:
- recuperar la información de los campos de cabecera de paquete del paquete de red.
- 30 3. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la identificación (202) de que el paquete de red está solicitando la asignación de una dirección de protocolo a la estación final comprende:
- identificar que el paquete de red es una petición del Protocolo de configuración dinámica de estaciones.
- 35 4. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la identificación (206) de que el servidor tiene capacidades de asignación de direcciones de protocolo comprende:
- seleccionar un servidor del Protocolo de configuración dinámica de estaciones de una base de datos.
- 40 5. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el reenvío (208) del paquete de red al servidor comprende reenviar el paquete de red a través del controlador (18) a un conmutador conectado al servidor.
6. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el procesamiento del paquete de red con el controlador (18) comprende, además:
- 45 crear un paquete modificado, modificando al menos un campo de cabecera del paquete de red, en el que el reenvío del paquete de red al servidor comprende reenviar el paquete modificado al servidor.
7. Procedimiento, según la reivindicación 6, en el que la modificación de al menos un campo de cabecera del paquete de red comprende:
- 50 modificar al menos un campo de dirección Ethernet del paquete de red.

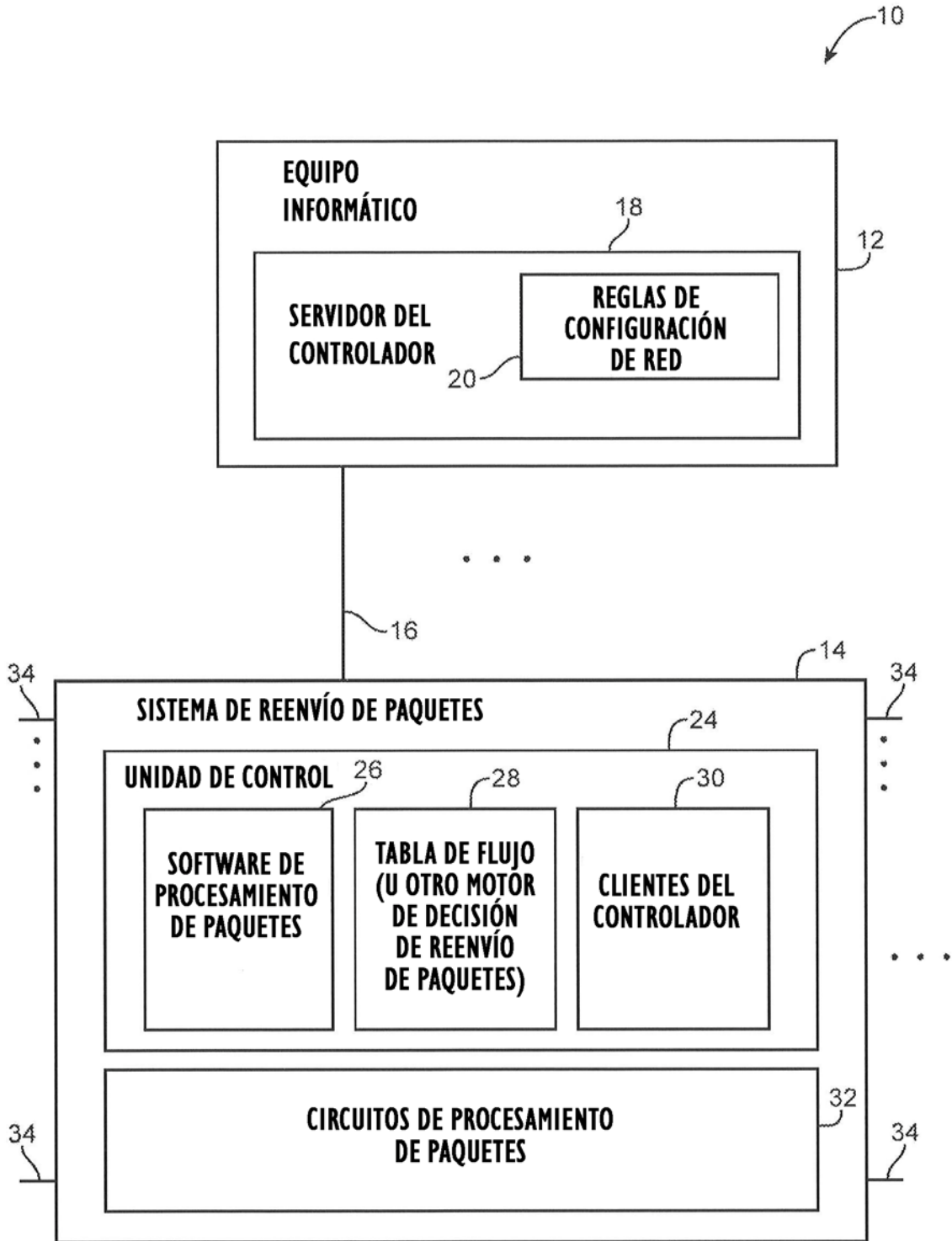


FIG. 1

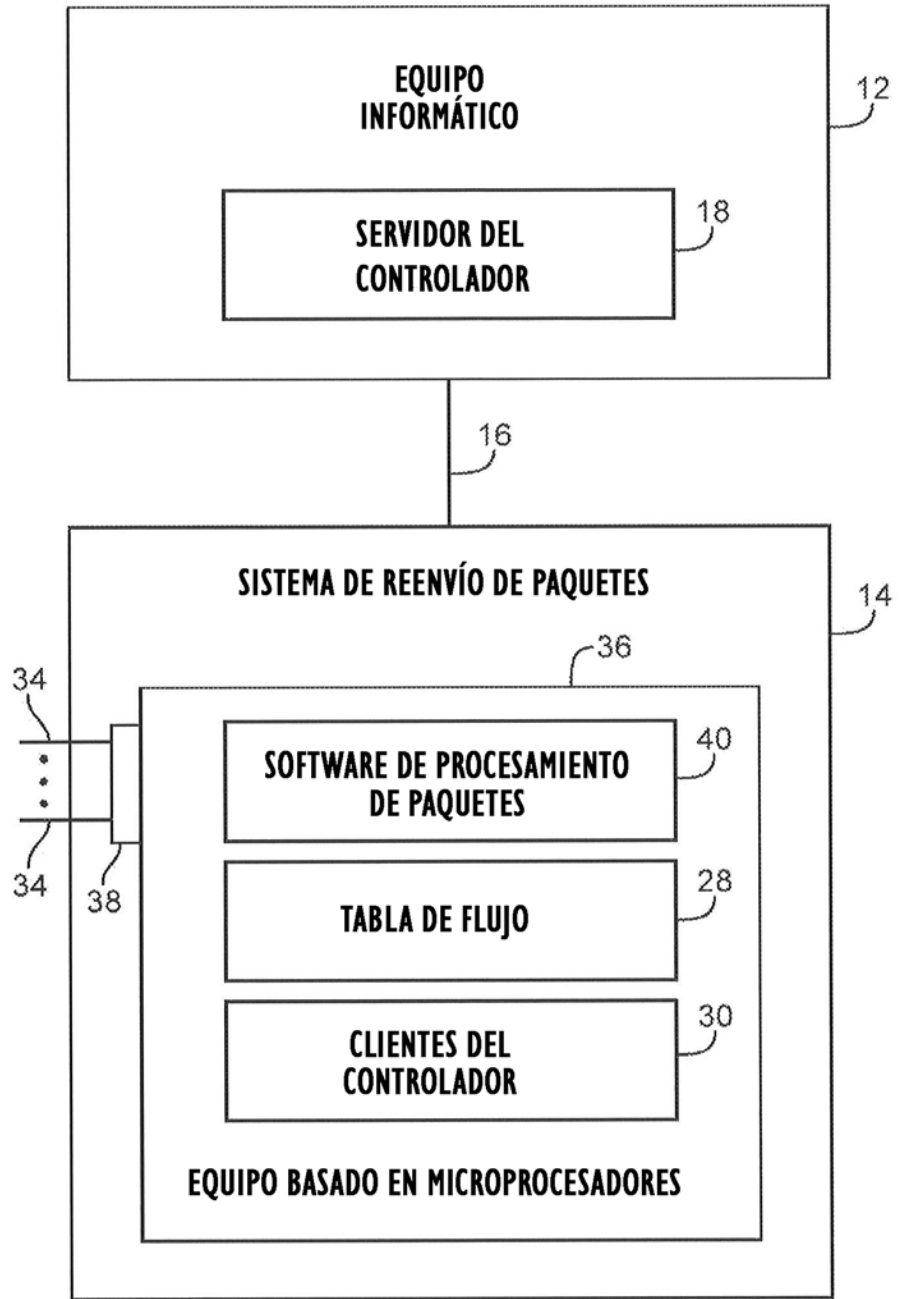


FIG. 2

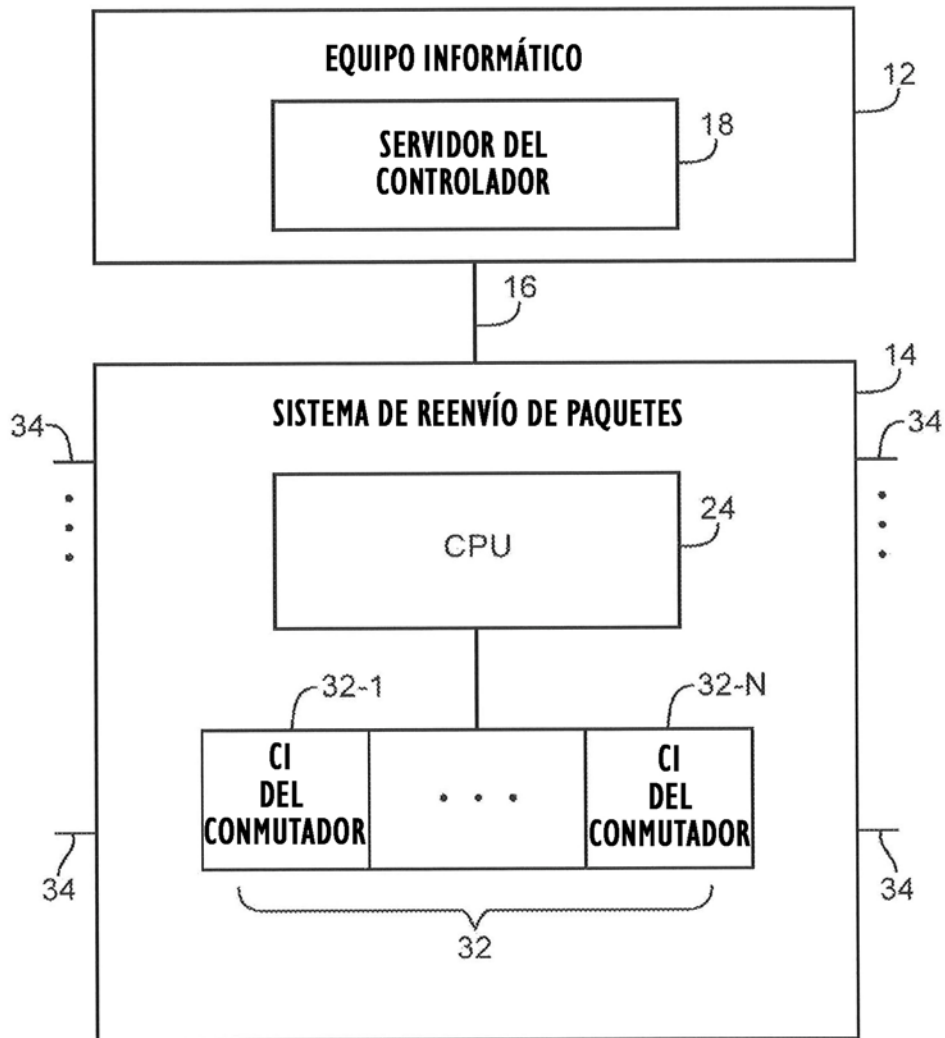


FIG. 3

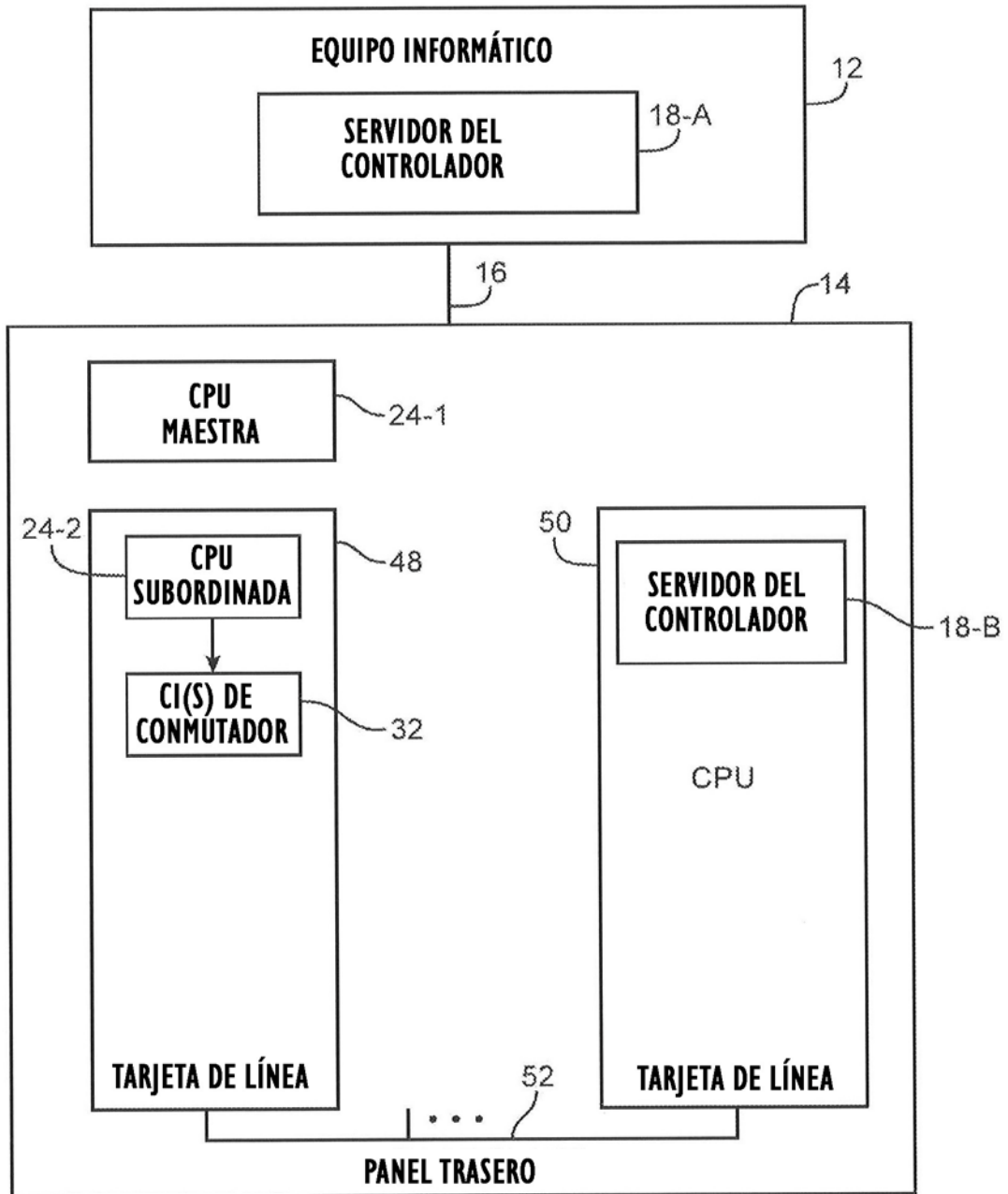


FIG. 4

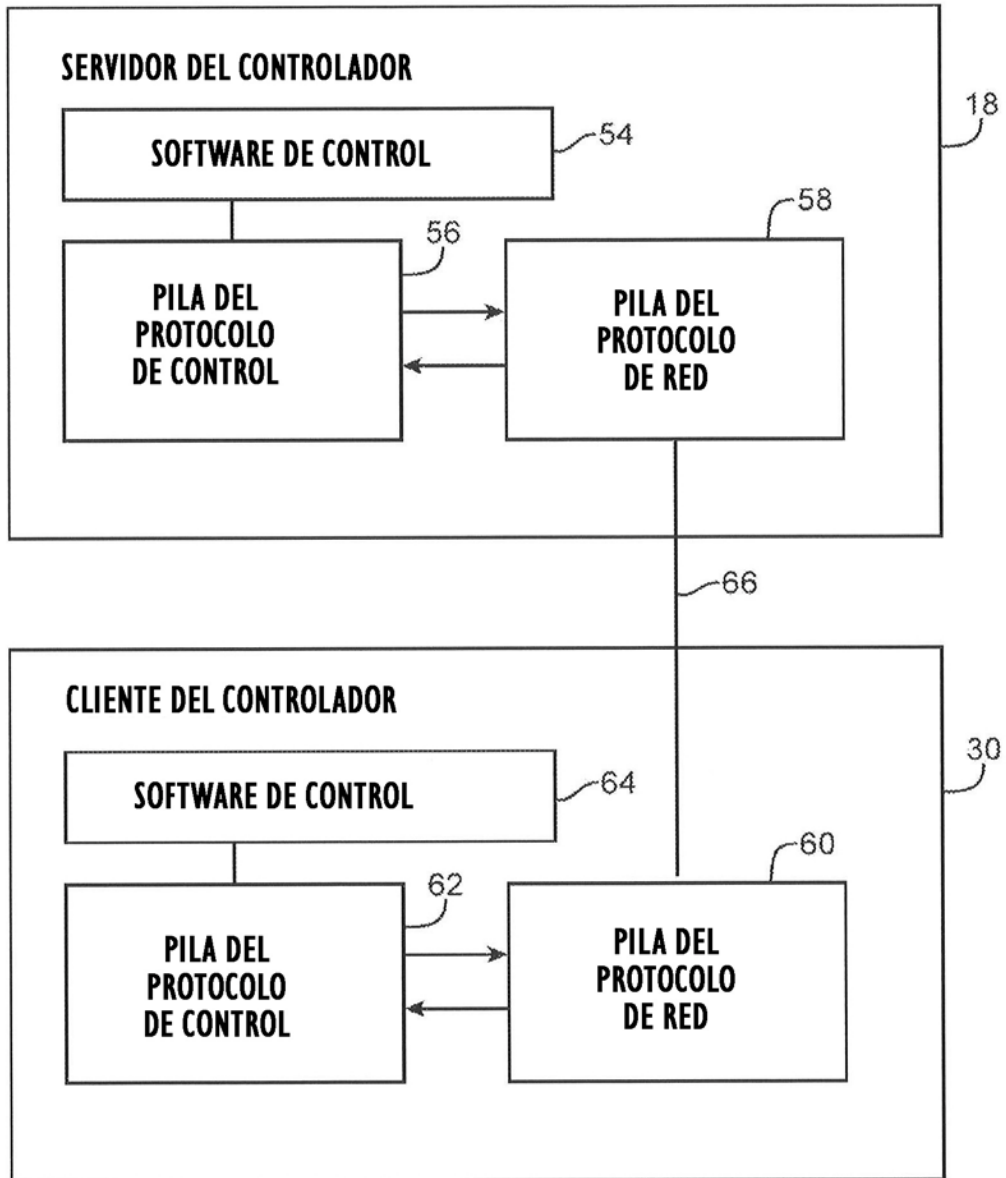


FIG. 5

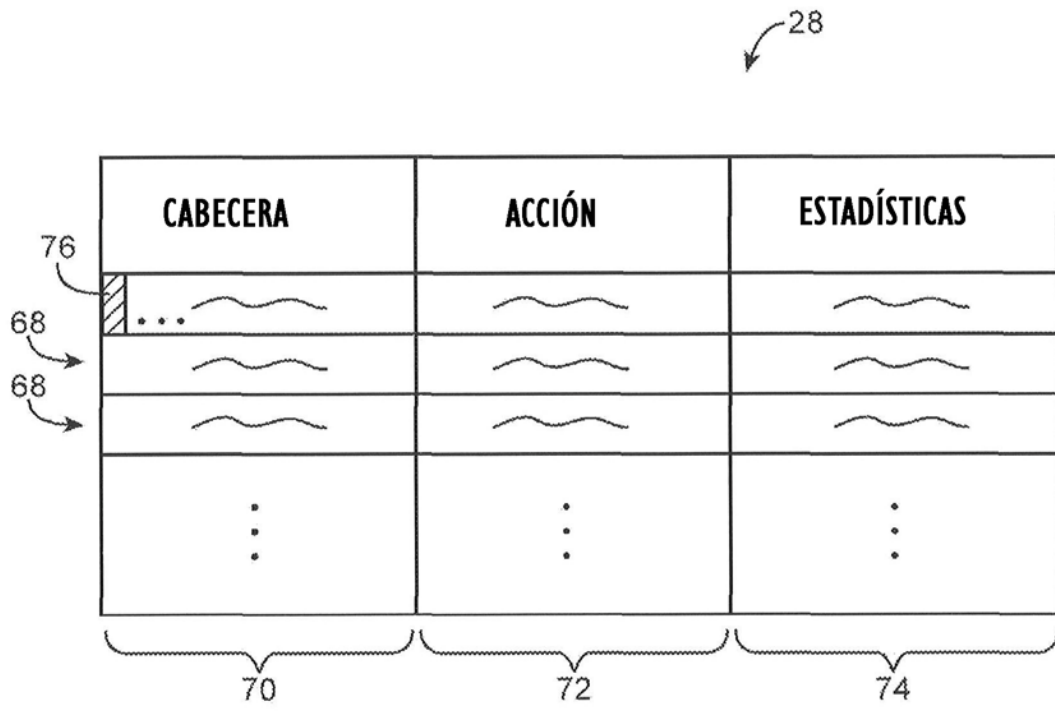


FIG. 6A



PUERTO DE ENTRADA FÍSICO	DIRECCIÓN DE ETHERNET ORIGEN	DIRECCIÓN DE ETHERNET DESTINO	DIRECCIÓN IP ORIGEN	DIRECCIÓN IP DESTINO	PUERTO TCP ORIGEN	PUERTO TCP DESTINO	ACCIÓN
*	*	00:1FAB	*	*	*	*	ENVIAR AL PUERTO 3
*	*	*	*	172.12.3.4	*	*	ENVIAR AL PUERTO 4
*	*	*	*	*	*	80	DESCARTAR

FIG. 6B

...	<b>DIRECCIÓN IP DESTINO</b>	...	<b>ACCIÓN</b>
...	172.12.3.4	...	<b>ENVIAR AL PUERTO 3</b>

FIG. 6C

...	<b>DIRECCIÓN IP DESTINO</b>	...	<b>ACCIÓN</b>
...	172.12.3.4	...	<b>ENVIAR AL PUERTO 5</b>

FIG. 6D

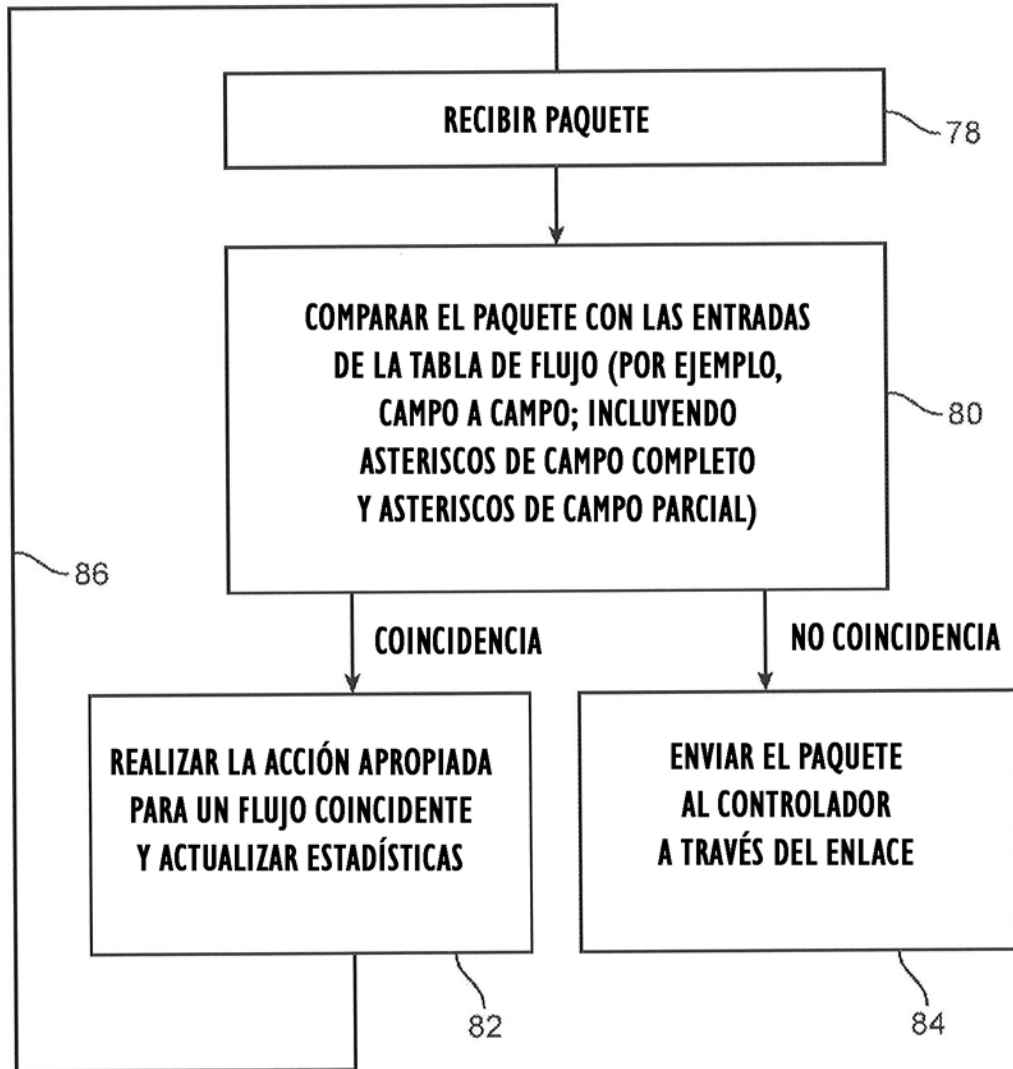


FIG. 7

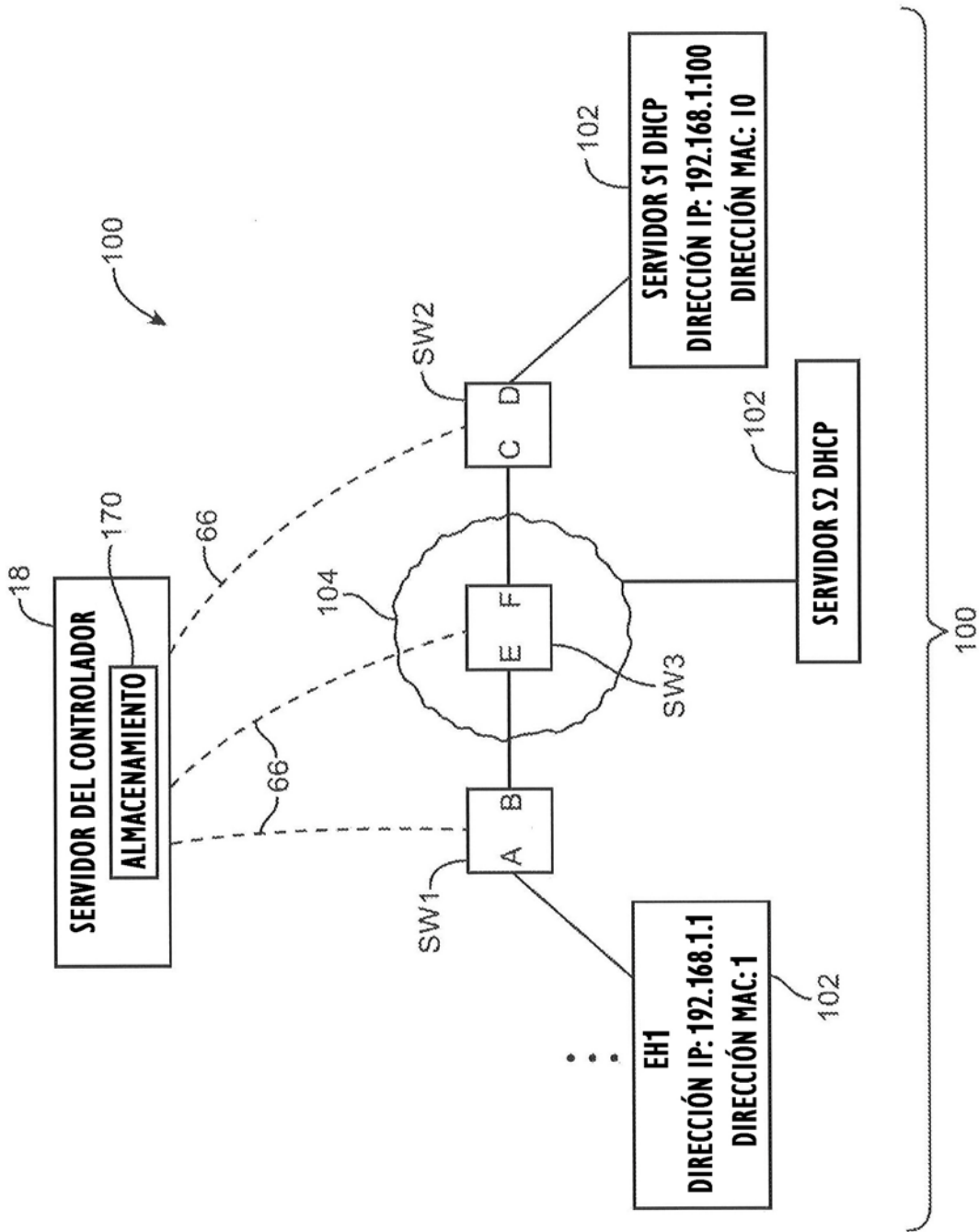
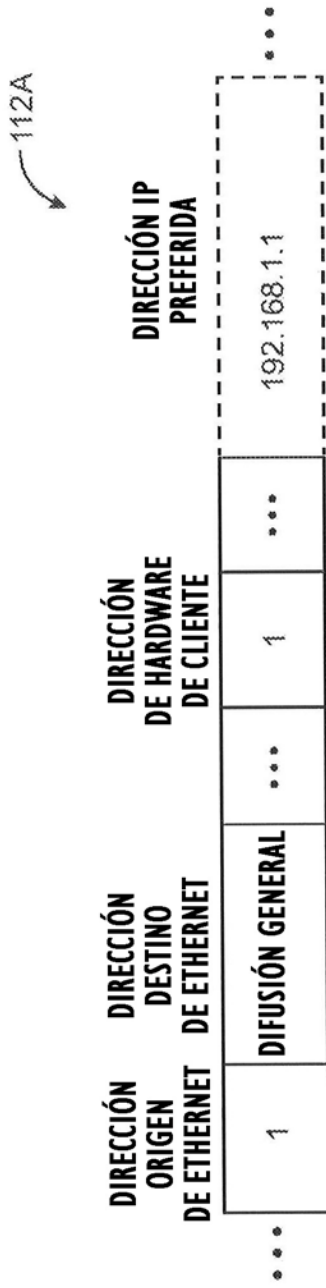
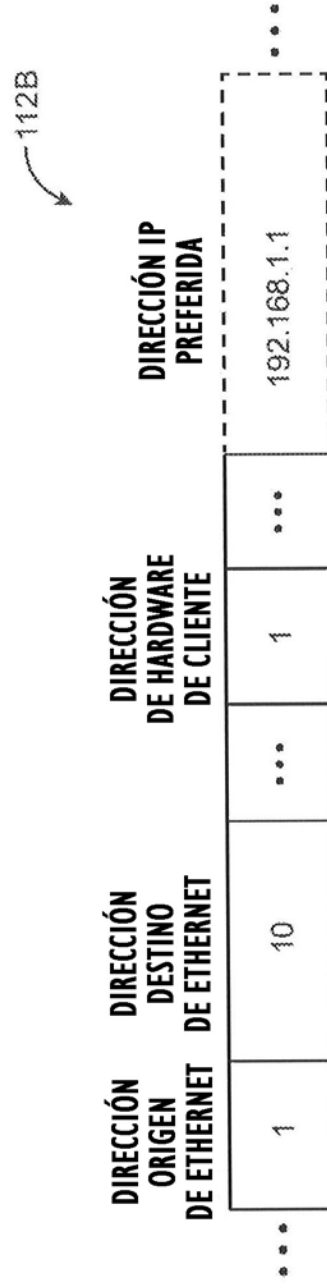


FIG. 8



PETICIÓN DE OBTENCIÓN DE DHCP

FIG. 9A



PETICIÓN DE OBTENCIÓN DE DHCP MODIFICADO POR EL CONTROLADOR

FIG. 9B

114

DIRECCIÓN ORIGEN DE ETHERNET	DIRECCIÓN DESTINO DE ETHERNET	DIRECCIÓN IP ORIGEN	DIRECCIÓN IP OFRECIDA	DIRECCIÓN DE HARDWARE DE CLIENTE	DURACIÓN DE LA CONCESIÓN OFRECIDA			
...	10	1	192.168.1.100	...	192.168.1.1	1	1 DÍA	...

**RESPUESTA A LA OFERTA DEL SERVIDOR DE DHCP**

FIG. 9C

116A

...	DIRECCIÓN ORIGIN DE ETHERNET	DIRECCIÓN DESTINO DE ETHERNET	DIRECCIÓN IP DEL SERVIDOR DHCP	DIRECCIÓN IP DE LA ESTACIÓN FINAL
1	DIFUSIÓN GENERAL	...	192.168.1.100	192.168.1.1
...				...

PETICIÓN DE OFERTA DE DHCP

FIG. 9D

116B

...	DIRECCIÓN ORIGIN DE ETHERNET	DIRECCIÓN DESTINO DE ETHERNET	DIRECCIÓN IP DEL SERVIDOR DHCP	DIRECCIÓN IP DE LA ESTACIÓN FINAL
1	10	...	192.168.1.100	192.168.1.1
...				...

PETICIÓN DE OFERTA DE DHCP MODIFICADA POR EL CONTROLADOR

FIG. 9E

118

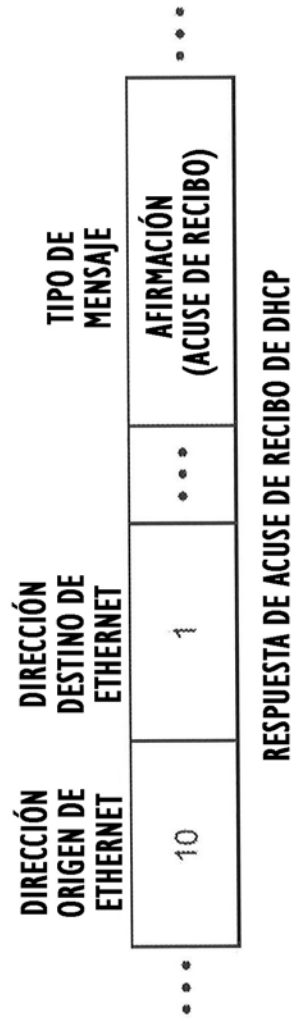


FIG. 9F



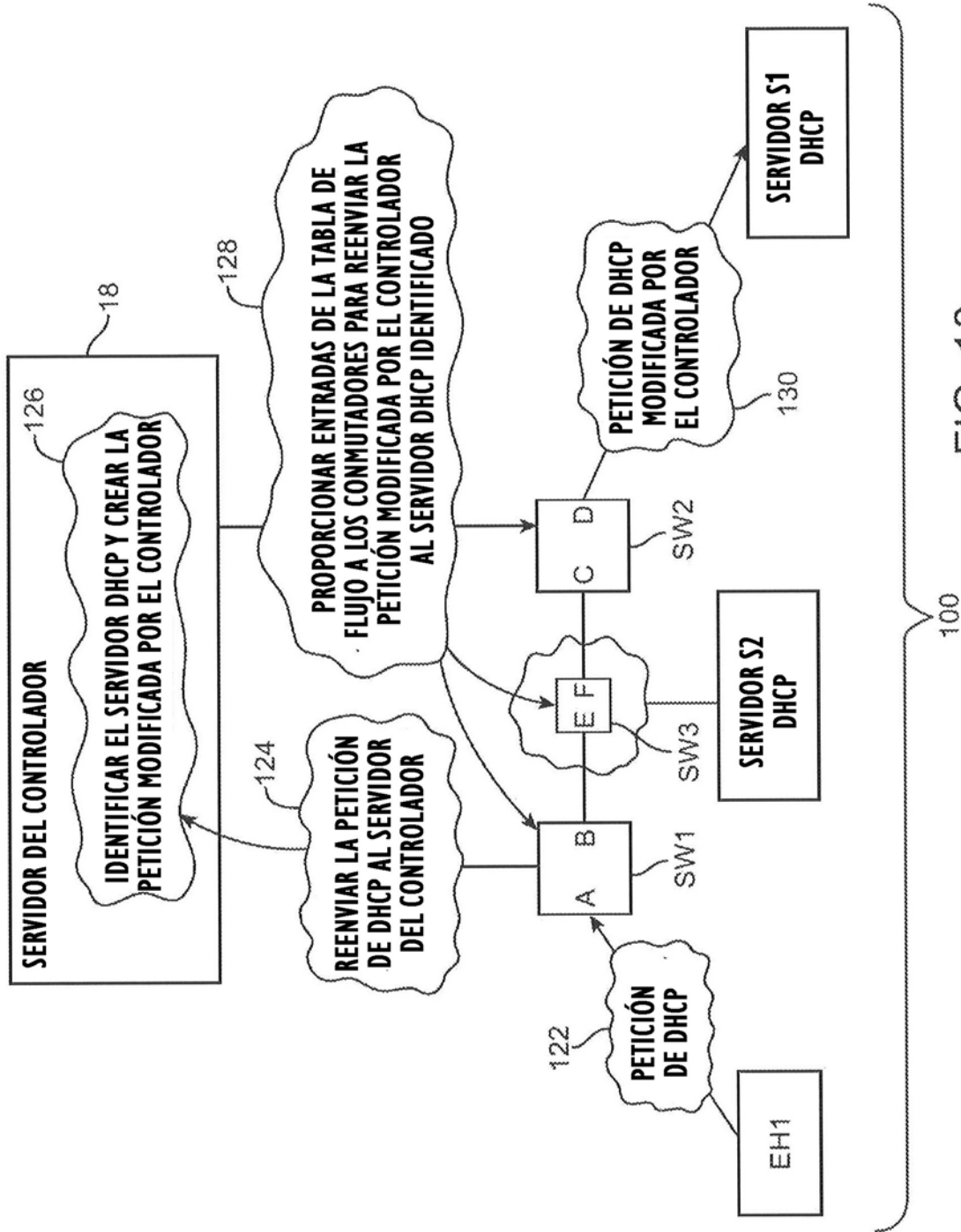


FIG. 10

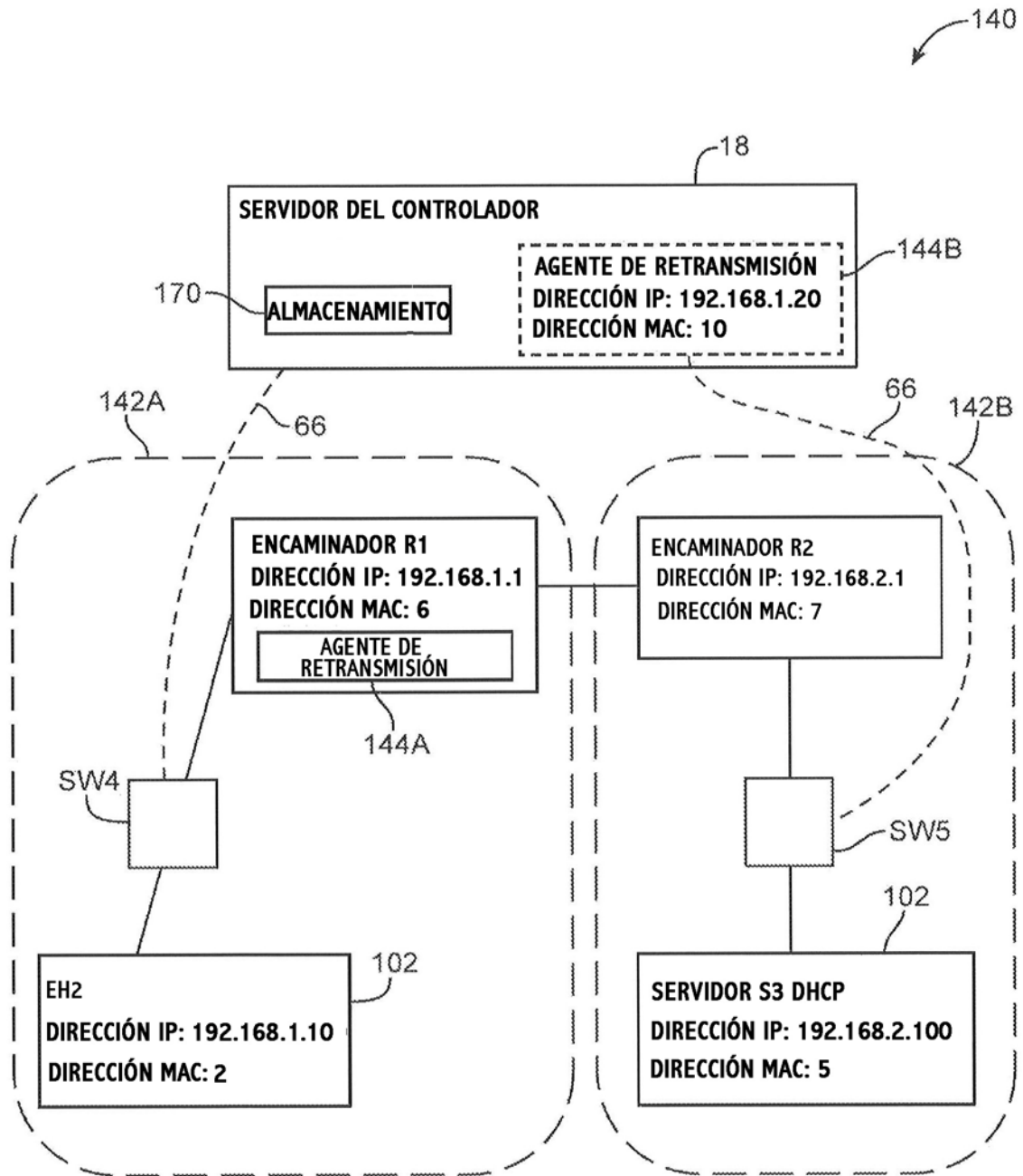
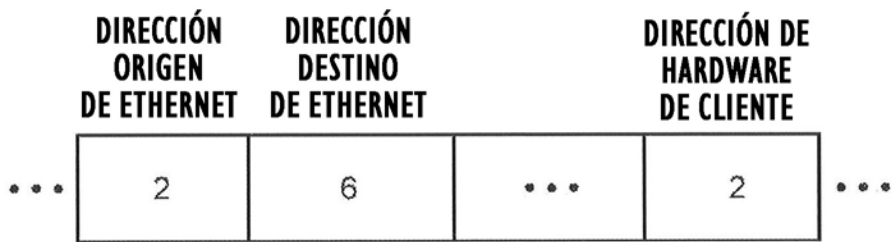


FIG. 11

112C



**PETICIÓN DE OBTENCIÓN DE DHCP MODIFICADA POR EL CONTROLADOR**

**FIG. 12**

112D

DIRECCIÓN ORIGEN DE ETHERNET	DIRECCIÓN DESTINO DE ETHERNET	DIRECCIÓN IP ORIGEN	DIRECCIÓN IP DESTINO	DIRECCIÓN IP DE LA PUERTA DE ENLACE	DIRECCIÓN DE HARDWARE DE CLIENTE
...	10	6	192.168.1.20	192.168.2.100	192.168.1.20
...					2
					...

PETICIÓN DE OBTENCIÓN DE DHCP MODIFICADA POR EL CONTROLADOR

FIG. 13

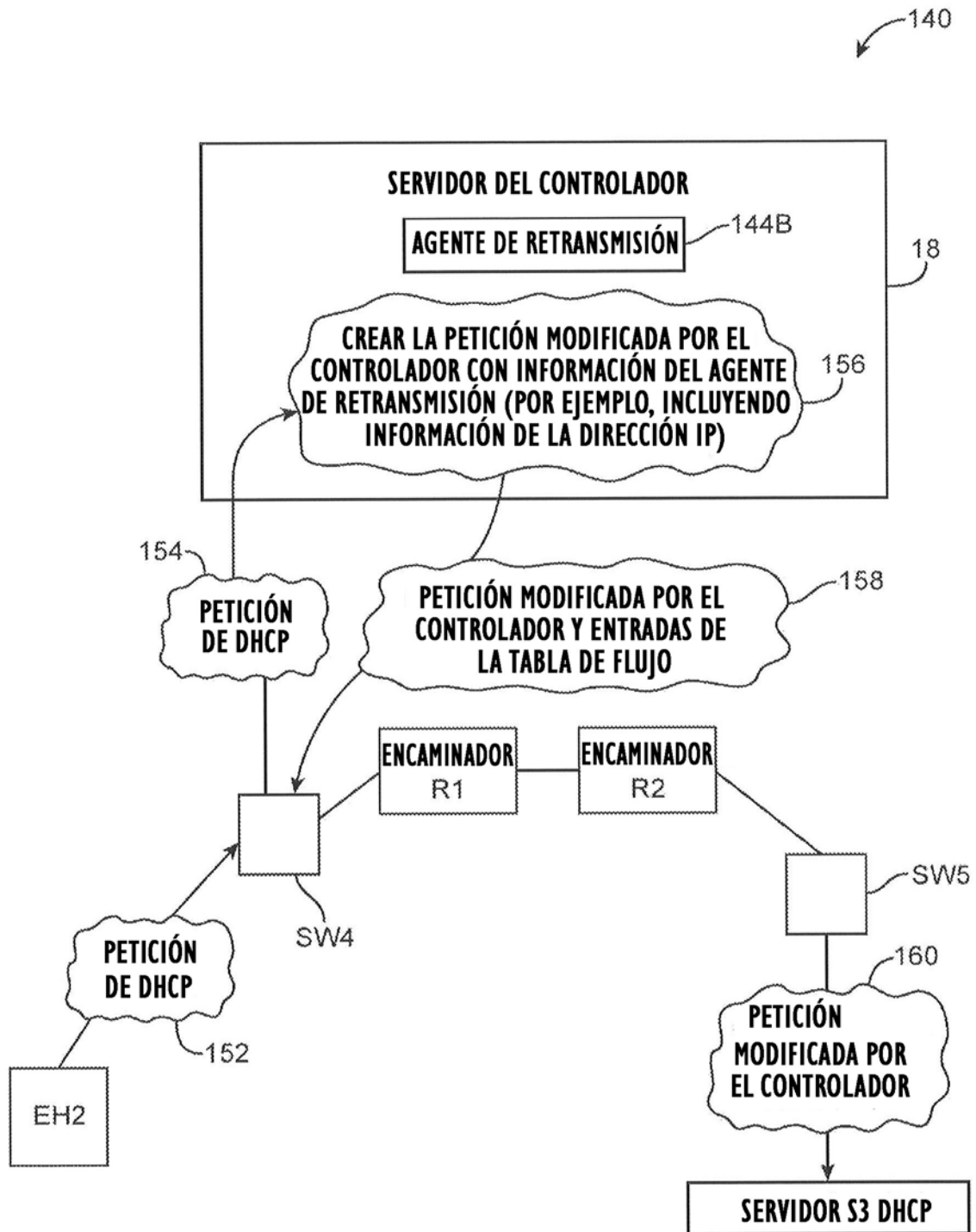


FIG. 14

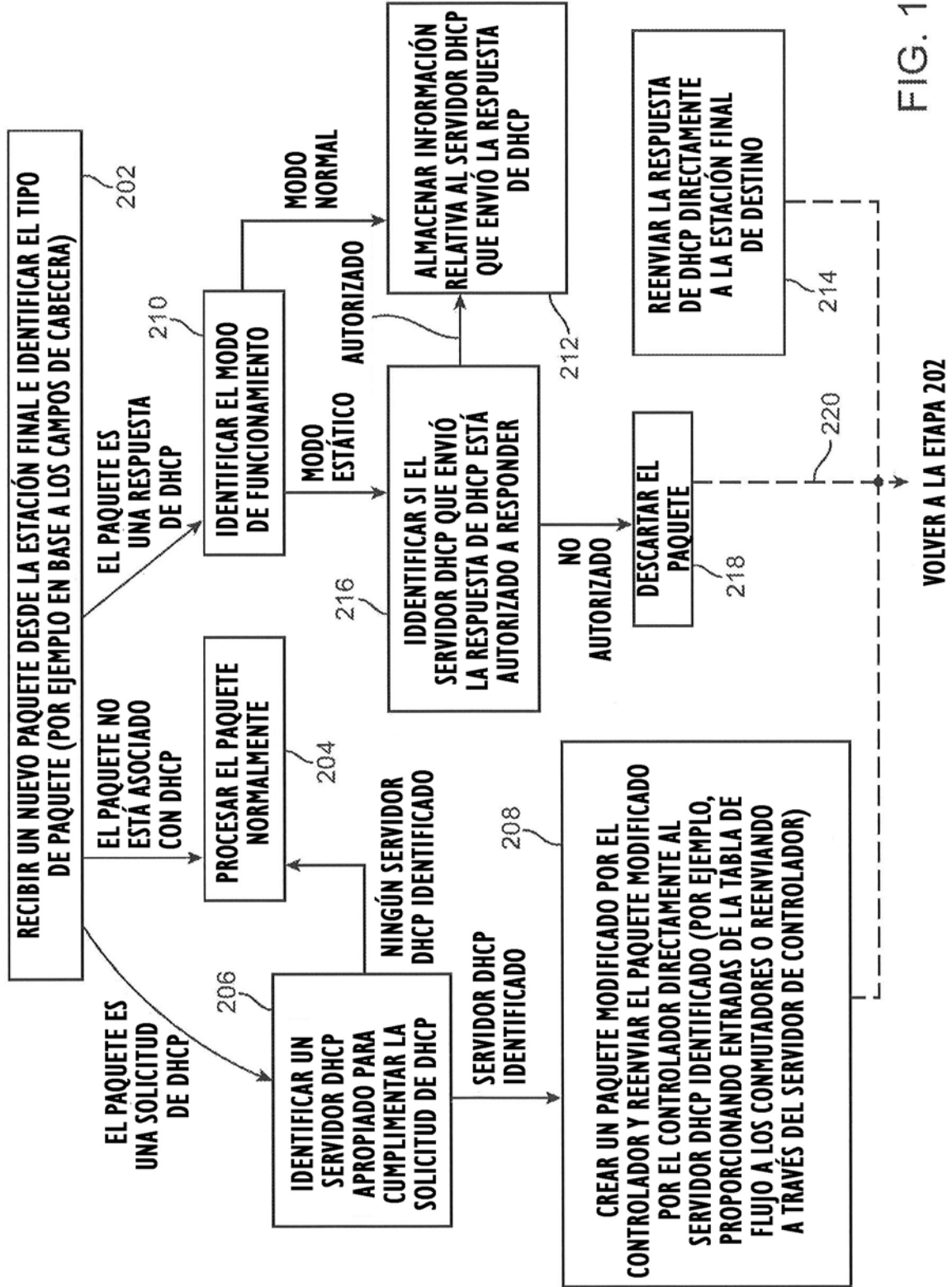


FIG. 15

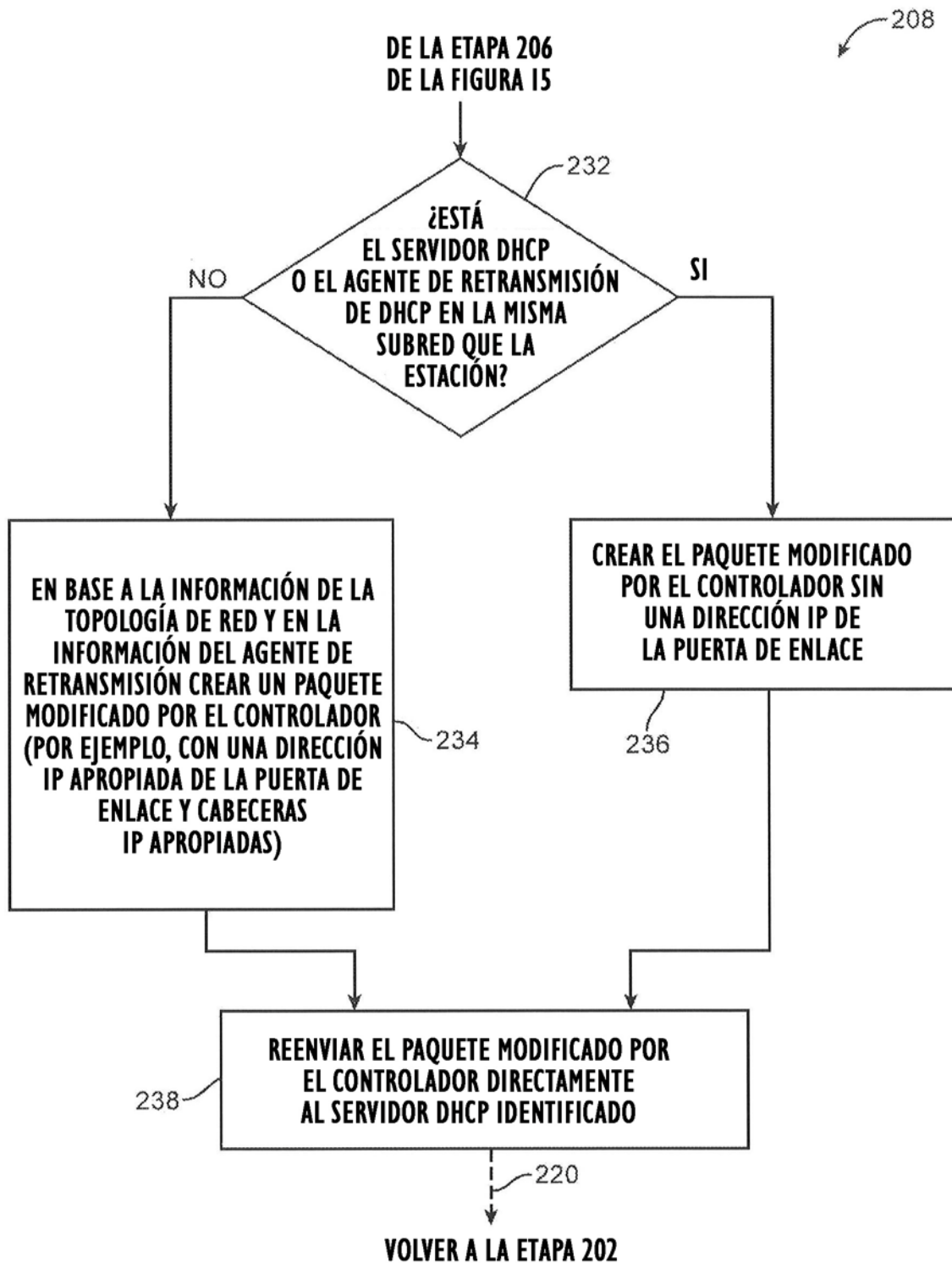


FIG. 16

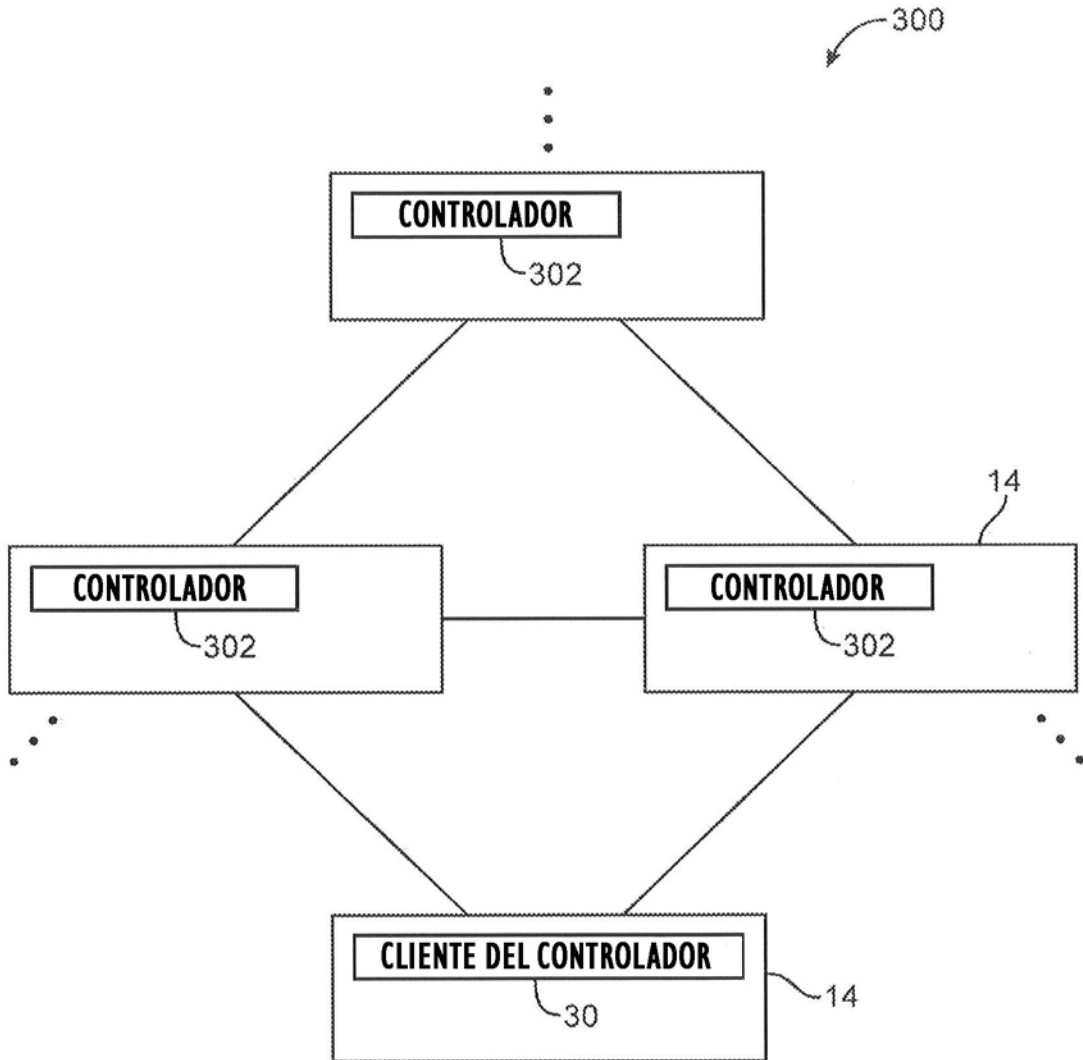


FIG. 17