

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 547**

51 Int. Cl.:

H04L 12/64

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2015 PCT/JP2015/000525**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.08.2015 WO15118874**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2015 E 15746658 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019 EP 3104560**

54 Título: **Sistema de red, método de control de red y dispositivo de control**

30 Prioridad:

06.02.2014 JP 2014020979

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

19.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ITSUMI, HAYATO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 743 547 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de red, método de control de red y dispositivo de control

[Campo técnico]

5 La presente invención se refiere a un sistema de red que incluye funciones de red virtual, y más particularmente a un método de control y un aparato de control para una red.

Antecedentes de la técnica

En los sistemas de comunicación actuales, varias funciones de red (NF), como BRAS (servidor de acceso remoto de banda ancha), NAT (traducción de direcciones de red), encaminador y cortafuegos se despliegan mediante equipos de hardware especializados (dispositivos). Por lo tanto, cuando un operador de red lanza un nuevo servicio de comunicación, el operador de red se ve obligado a introducir nuevos equipos de hardware especializados y requiere una gran cantidad de costes, como gastos de compra, espacios de instalación y similares para el equipo. A la luz de tales circunstancias, se han realizado estudios en los últimos años sobre una tecnología (virtualización de función de red) que utiliza software para ejecutar virtualmente funciones de red, que han sido ejecutadas por equipos de hardware (virtualización de funciones de red - actualización del libro blanco). Como ejemplo de la virtualización del servicio de comunicación, el documento JP 2012-175418 describe un método en el que se construye una pluralidad de encaminadores virtuales en un aparato de nodo de comunicación, y los recursos para estos encaminadores virtuales se asignan dinámicamente según la calidad de la comunicación.

Además, también se ha estudiado otra tecnología en la que un flujo de comunicación se reenvía a través de una ruta de comunicación en la que se combinan una pluralidad de funciones de red virtual (VNF), proporcionando así diversos servicios de comunicación (encadenamiento de servicio) (por ejemplo, obsérvese "Interfaz para el sistema de encaminamiento (I2RS) para el encadenamiento de servicios: casos de uso y requisitos").

En entornos de funciones de red virtualizadas, se espera que el tráfico entre VNF en el plano de datos pueda ser muy elevado en comparación con el de un centro de datos existente. Es concebible que un nodo ubicado en un extremo del encadenamiento de servicios, en particular, tenga una carga de tráfico significativamente elevada. Por consiguiente, en el encadenamiento de servicios, no es suficiente tener en cuenta solo el despliegue de la máquina virtual, sino que es necesario considerar tanto los recursos de computación como los de interconexión en red.

Sin embargo, cualquiera de la Publicación de Solicitud de Patente Japonesa no examinada número 2012-175418 y la virtualización de las funciones de red - actualización del libro blanco, del 15 al 17 de octubre de 2013 en el "SDN and OpenFlow World Congress", Frankfurt-Alemania ([http://portal.etsi.org/NFV/NFV White Paper2.pdf](http://portal.etsi.org/NFV/NFV%20White%20Paper2.pdf)) e "Interface to the Routing System (I2RS) for Service Chaining: Use Cases and Requirements", Internet Engineering Task Force I2RS working group Internet Draft (15 de julio de 2013) solo describe la determinación de los objetivos de despliegue en los que se despliegan las máquinas virtuales y la determinación de las rutas que se incluirán en una cadena de servicios. En otras palabras, las técnicas antecedentes descritas anteriormente solo tienen en cuenta el despliegue de VNF, pero no tienen en cuenta el rendimiento de la red (ancho de banda de extremo a extremo, retardo de extremo a extremo, fiabilidad de extremo a extremo). Por ejemplo, el documento JP 2012-175418 describe una técnica para asignar recursos para encaminadores virtuales dentro de un aparato de nodo de comunicación, pero no es para determinar el despliegue de encaminadores virtuales teniendo en cuenta el rendimiento de la red, es decir, el despliegue de encaminadores virtuales en una red.

Otros sistemas de la técnica anterior se muestran en: US 2013 346479A1; WO 03/021978A1 y US 2012 016955A1.

40 Hemos apreciado que sería deseable proporcionar un sistema de red, un método de control de red y un aparato de control que puedan resolver el despliegue de la función de red virtual en una red.

Compendio de la invención

Un aparato de control de red según la presente invención es un aparato para controlar una red que incluye una pluralidad de nodos y servidores, y está caracterizado por comprender: medios de almacenamiento para almacenar la primera información relacionada con enlaces y nodos en la red, y la segunda información relacionada a los recursos de computación de los servidores en los que se pueden desplegar funciones de red virtual; y medios de determinación de ruta para realizar colectivamente, cuando se requiere al menos una función de red virtual, el despliegue de la función de red virtual requerida en un servidor y la configuración de una ruta en la red que se conecta al servidor de despliegue-objetivo, en función de la primera y la segunda información.

50 Un método de control de red según la presente invención es un método para controlar una red que incluye una pluralidad de nodos y servidores, y está caracterizado por comprender: almacenar en un medio de almacenamiento la primera información relacionada con enlaces y nodos en la red, y la segunda información relacionada a los recursos de computación de los servidores en los que se pueden desplegar funciones de red virtual; y realizar colectivamente, cuando se requiere al menos una función de red virtual, el despliegue de la función de red virtual requerida en un servidor y la configuración de una ruta en la red que se conecta al servidor de despliegue-objetivo, en función de la

primera y la segunda información.

- 5 Un sistema de red según la presente invención es un sistema de red que comprende: una red que incluye una pluralidad de nodos y servidores; y un aparato de control para controlar la red, y está caracterizado por que el aparato de control incluye: medios de almacenamiento para almacenar la primera información relacionada con enlaces y nodos en la red, y la segunda información relacionada con los recursos de computación de los servidores en los que puede desplegarse al menos una función de red virtual; y medios de determinación de ruta para realizar colectivamente, cuando se requiere al menos una función de red virtual, el despliegue de la función de red virtual requerida en un servidor y la configuración de una ruta en la red que se conecta al servidor de despliegue-objetivo, en función de la primera y la segunda información.
- 10 Según la presente invención, el despliegue de una función de red virtual en un servidor y la configuración de una ruta de red se realizan de manera colectiva, por lo que es posible lograr un despliegue óptimo de la función de red virtual en una red.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La figura 1 es un diagrama de arquitectura del sistema que muestra un ejemplo de una red en la que se implementa una realización ejemplar de la presente invención.
- La figura 2 es un diagrama de red esquemático que muestra un ejemplo de una cadena de servicio en el sistema de red según la realización ejemplar de la presente invención.
- La figura 3 es un diagrama de bloques que muestra la configuración esquemática de un aparato de control según una primera realización ejemplar de la presente invención.
- 20 La figura 4 es un diagrama de bloques que muestra la configuración esquemática de un servidor en la primera realización ejemplar.
- La figura 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de la estructura de datos de una base de datos proporcionada al aparato de control según la primera realización ejemplar.
- 25 La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra la operación esquemática del aparato de control según la primera realización ejemplar.
- La figura 7 es un diagrama de bloques que muestra la configuración esquemática de un aparato de control según una segunda realización ejemplar de la presente invención.
- La figura 8 es un diagrama de arquitectura de red esquemática que muestra un enlace virtual, para describir la operación del aparato de control según la segunda realización ejemplar.
- 30 La figura 9 es un diagrama de flujo que muestra la operación de determinación de la ruta de la red del aparato de control según la segunda realización ejemplar.
- La figura 10 es un diagrama de arquitectura de red esquemática para describir la operación de selección de enlace físico en la figura 8.
- 35 La figura 11 es un diagrama de flujo que muestra la operación de selección del servidor y la operación de determinación de la ruta de la cadena de servicio del aparato de control según la segunda realización ejemplar.
- La figura 12 es un diagrama de arquitectura de red esquemática para describir la operación de selección de servidor y la operación de determinación de ruta de la cadena de servicio en la figura 11.
- La figura 13 es un diagrama de arquitectura del sistema que muestra otro ejemplo de una red en la que se implementa una realización ejemplar de la presente invención.
- 40 La figura 14 es un diagrama de bloques que muestra la configuración esquemática de un aparato de operación y gestión según una tercera realización ejemplar de la presente invención.
- La figura 15 es un diagrama que muestra esquemáticamente una pantalla de visualización, que es un ejemplo de la visualización de una red por parte del aparato de operación y gestión en la tercera realización ejemplar.
- 45 La figura 16 es un diagrama que muestra esquemáticamente una pantalla de visualización, que es un ejemplo de la visualización de una cadena de servicio por parte del aparato de operación y gestión en la tercera realización ejemplar.
- La figura 17 es un diagrama de bloques que muestra la configuración esquemática de un aparato de operación y gestión según una cuarta realización ejemplar de la presente invención.
- La figura 18 es un diagrama de bloques que muestra la configuración esquemática de un aparato de control según una quinta realización ejemplar de la presente invención.

La figura 19 es un diagrama de bloques que muestra la configuración esquemática de un nodo de red en la quinta realización ejemplar.

La figura 20 es un diagrama de bloques que muestra la configuración esquemática de un servidor en la quinta realización ejemplar.

- 5 La figura 21 es un diagrama de arquitectura de sistema esquemático para describir la tecnología OpenFlow empleada en la quinta realización ejemplar.

La figura 22 es un diagrama de formato que muestra esquemáticamente la estructura de una entrada almacenada en una tabla de flujo en la figura 21.

- 10 La figura 23 es un diagrama que muestra un gráfico de reenvío de función de red, para describir un método para determinar el despliegue de función de red virtual según una sexta realización ejemplar de la presente invención.

La figura 24 es un diagrama de red que muestra una topología de red subyacente en la sexta realización ejemplar.

La figura 25 es un diagrama de red que muestra una topología de red extendida en la sexta realización ejemplar.

La figura 26 es un diagrama de red que muestra el despliegue de VNF para una cadena de servicio, utilizando la topología de red extendida en la sexta realización ejemplar.

- 15 La figura 27 es un diagrama de red esquemático para describir una ley de conservación de flujo en el momento de determinar el despliegue de VNF en la figura 26.

La figura 28 es un diagrama de red esquemático para describir una restricción de banda en el momento de determinar el despliegue de VNF en la figura 26.

- 20 La figura 29 es un diagrama de red esquemático para describir una restricción de computación en el momento de determinar el despliegue de VNF en la figura 26.

La figura 30 es un diagrama de red esquemático para describir una restricción de enlace VNF en el momento de determinar el despliegue de VNF en la figura 26.

Descripción detallada de realizaciones de ejemplo

A. Esquema de realizaciones ejemplares

- 25 Según realizaciones ejemplares de la presente invención, el despliegue de la función de red virtual (VNF) y la configuración de la ruta de la red se realizan colectivamente, por lo que es posible lograr un despliegue óptimo de la VNF, teniendo en cuenta las características de comunicación y el rendimiento de la comunicación de una red subyacente. A continuación, se describirá un esquema de realizaciones ejemplares de la presente invención con referencia a un sistema de red mostrado en la figura 1.

- 30 Con referencia a la figura 1, un aparato 10 de control controla una red 20 y realiza el despliegue de VNF y la configuración de la ruta de la red de manera colectiva, lo que se describirá más adelante. La red 20 incluye una pluralidad de nodos NW (red) y una pluralidad de servidores SV1 a SVn, que están conectados a sus nodos o servidores adyacentes a través de enlaces físicos. Tenga en cuenta que el aparato 10 de control puede proporcionarse dentro de un aparato de operación y gestión de la red.

- 35 Cada servidor puede construir máquinas virtuales (VM) para ejecutar una pluralidad de funciones de red virtual VNF1 a VNFm, respectivamente. Aquí, se supone que cada VNF se puede desplegar en los servidores SV1 a SVn. En la figura 1, una línea discontinua que conecta mutuamente a cada servidor SV y cada VNF representan la capacidad de despliegue de VNF, y un conjunto de dichas conexiones mutuas se denomina "posibles despliegues de VNF". En los "posibles despliegues de VNF", un servidor y una máquina virtual implementada en el mismo se considera como un
- 40 componente de una topología de red, y la información requerida para determinar si una máquina virtual puede desplegarse o no (la capacidad disponible y la potencia informática de un servidor, requisitos de una máquina virtual, etc.) está relacionado con cada componente. De este modo, las conexiones mutuas representadas por los "posibles despliegues de VNF" pueden considerarse como una extensión de la topología de la red 20. El uso de esta topología de red extendida hace posible realizar colectivamente el despliegue de VNF en una configuración de ruta de red y
- 45 servidor.

- Por ejemplo, en la figura 1, se considerará un caso, como un ejemplo, en el que se pretende asignar un enlace virtual entre el nodo NW A en la red 20 y la función de red virtual VNF1 a una capa inferior. En este ejemplo, una ruta óptima que cumpla con los recursos requeridos de VNF1 se puede calcular colectivamente utilizando rutas posibles desde el nodo NW A a cada servidor SV (información de recursos de red) y conexiones mutuas entre cada servidor SV y VNF1 (información de recursos de computación para desplegar la VNF1 en cada servidor). La figura 1 ilustra, como una solución óptima, una ruta de red P entre el nodo NW A y el servidor SV2 y el servidor SV2 como el despliegue-objetivo en el que se implementa la VNF1. No hace falta decir que, si las condiciones cambian debido a los cambios en el
- 50

estado de la red de la capa inferior, la potencia de computación de un servidor SV y similares, otra ruta de red y/u otro servidor que mejor se adapte a los requisitos del enlace virtual y VNF1 puede ser una solución óptima.

Tenga en cuenta que si una ruta de comunicación está configurada entre dos nodos a través de una pluralidad de VNF concatenadas, solo es necesario segmentar esta ruta de comunicación y aplicar el procedimiento descrito anteriormente de manera secuencial. Por ejemplo, el procedimiento descrito anteriormente se aplica entre uno de los nodos NW y una primera VNF, a continuación se aplica entre la primera VNF y la siguiente VNF, y a continuación entre la próxima VNF y una próxima VNF y, por último, entre la última VNF y el otro nodo NW.

B. Cadena de servicio

En lo sucesivo, se describirá una cadena de servicio en la realización ejemplar de la presente invención con referencia a una arquitectura de red mostrada en la figura 2 para simplificar la descripción.

Con referencia a la figura 2, se supone que los nodos de red N1 a N4 están conectados entre sí mediante enlaces físicos, y cada uno de los nodos de red N2 y N4 está conectado a los servidores SV1 a SV4 a través de enlaces físicos. Se pueden desplegar dos funciones de red virtual VNF_A y VNF_B en cada servidor. Tengase en cuenta que los nodos de red N1 a N4 y los servidores SV1 a SV4 configuran un enlace virtual como se describió anteriormente basándose en el control del aparato 10 de control (no mostrado). De aquí en adelante, uno arbitrario de los nodos N1 a N4 y uno arbitrario de los servidores SV1 a SV4 se denominará simplemente "nodo N" y "servidor SV", respectivamente, según corresponda.

Una cadena de servicio Psc que se muestra en la figura 2 incluye: un enlace virtual desde el nodo de red N1 a la función de red virtual VNF_A que pasa a través del nodo de red N2 y el servidor SV1; un enlace virtual de VNF_A a VNF_B que pasa a través del servidor SV1; y un enlace virtual desde VNF_B al nodo de red N3 que pasa a través del servidor SV1 y el nodo de red N2, según lo indicado por líneas gruesas. Aquí, se supone que VNF_A y VNF_B se despliegan en el servidor SV1.

Una ruta de red se define como un conjunto de enlaces físicos que constituyen enlaces virtuales correspondientes a una cadena de servicios Psc. Es decir, en la figura 2, un conjunto de rutas físicas que pasan el nodo de red N1 - nodo de red N2 - servidor SV1 y que pasan el servidor SV1 - nodo de red N2 - nodo de red N3 es una ruta de red.

A continuación, se describirán realizaciones ejemplares de la presente invención específicamente usando la cadena de servicio que implica VNF_A y VNF_B mostradas en la figura 2 como ejemplo.

1. Primera realización ejemplar

1.1) Arquitectura del sistema

Con referencia a la figura 3, un aparato 10 de control según una primera realización ejemplar de la presente invención incluye una base de datos 111 y una sección 112 de determinación de ruta y controla los nodos N1 a N4 y los servidores SV1 a SV4 en una red 20. La sección 112 de determinación de ruta realiza colectivamente el despliegue de VNF en los servidores y la configuración de una ruta de red correspondiente a una cadena de servicio. La base de datos 111 incluye información para la sección 112 de determinación de ruta para realizar la operación descrita anteriormente, que se describirá más adelante (véase figura 5). Tengase en cuenta que el aparato 10 de control tiene funciones (no mostradas) de recopilación de información mencionada de los nodos, servidores y similares en la red 20 y de construcción de la base de datos 111.

Con referencia a la figura 4, en cada servidor SV, es posible configurar una pluralidad de máquinas virtuales VM1, VM2, ... que realizan una pluralidad de VNF, respectivamente. En la presente realización ejemplar, se supone que VNF_A y VNF_B se pueden desplegar en dos máquinas virtuales VM1 y VM2, respectivamente. La operación de las máquinas virtuales VM y la operación como servidor están controladas por una sección 113 de control.

Con referencia a la figura 5, la información almacenada en la base de datos 111 incluye información sobre los componentes (enlaces, conmutadores y similares) de una topología de red y parámetros con respecto a los componentes de la topología de red. Los parámetros se utilizan para que la sección 112 de determinación de ruta realice la configuración de una ruta de red correspondiente a una cadena de servicio.

La base de datos 111 en la presente realización ejemplar almacena, como los componentes de una topología de red, información relacionada con la red (información sobre enlaces y conmutadores) y también información relacionada con recursos de computación (información sobre los servidores y las máquinas virtuales). La topología de la red se amplía representando un servidor y una máquina virtual VM ejecutando una VNF desplegada en el servidor como un componente de la topología de red como se ha descrito anteriormente, y además, los parámetros (uso de CPU, condiciones requeridas de la VM y similares) requeridos para determinar el despliegue de la máquina virtual, la VM está asociada con el componente, por lo que es posible realizar colectivamente el despliegue de la máquina virtual VM y la configuración de la ruta de red.

1.2) Operación de determinación de ruta

Con referencia a la figura 6, la sección 112 de determinación de ruta del aparato 10 de control se refiere a un primer requisito relacionado con una red y un segundo requisito relacionado con los recursos de computación (Operación S211). Aquí, el "primer requisito" es una condición o condiciones requeridas de una red que constituye una cadena de servicio e incluye, por ejemplo, un ancho de banda de comunicación requerido y similares. El "segundo requisito" es una condición o condiciones requeridas para que los recursos de cómputo sirvan como base para ejecutar una máquina virtual VM (VNF) e incluyen, por ejemplo, recursos de CPU/memoria y similares requeridos de un servidor.

Posteriormente, la sección 112 de determinación de ruta se refiere a los primeros parámetros relacionados con la red y los segundos parámetros relacionados con los recursos de computación mediante el uso de la base de datos 111 (Operación S212). Aquí, los "primeros parámetros" son parámetros asociados con entidades intrínsecamente incluidas en una red, como enlaces, conmutadores y similares, entre los componentes de una topología de red y, específicamente, hay un ancho de banda disponible y similares. Los "segundos parámetros" son parámetros asociados con entidades intrínsecamente relacionadas con la computación, como servidores, máquinas virtuales y similares, entre los componentes de una topología de red y, específicamente, se encuentran el uso de la CPU, la potencia de CPU necesaria y similares.

Posteriormente, la sección 112 de determinación de ruta determina una ruta (que incluye el despliegue de VM) para una cadena de servicio en la red que cumple los requisitos primero y segundo descritos anteriormente, según los parámetros primero y segundo descritos anteriormente (Operación S213).

1.3) Efectos

Como se describió anteriormente, según la primera realización ejemplar de la presente invención, basándose en los primeros parámetros relacionados con la red y los segundos parámetros relacionados con la computación, tanto el despliegue de la función de red virtual (VNF) como la configuración de la ruta de la red, es decir, el despliegue de la función de red virtual (VNF) en la red se puede determinar colectivamente para cumplir con los requisitos. Por lo tanto, es posible lograr un despliegue óptimo de VNF, teniendo en cuenta las características de comunicación y el rendimiento de comunicación de la red subyacente.

2. Segunda realización ejemplar

Un aparato 10 de control según una segunda realización ejemplar de la presente invención determina una ruta para una cadena de servicio en una red que cumple los requisitos, basada en un resultado de comparación relacionado con la condición de la red y un resultado de comparación relacionado con la condición de computación. De aquí en adelante, la segunda realización ejemplar se describirá en detalle con referencia a las figuras 7 a 12.

2.1) Arquitectura del sistema

Con referencia a la figura 7, el aparato 10 de control según la segunda realización ejemplar de la presente invención incluye una base de datos 111 y una sección 122 de determinación de ruta y, como en el caso de la primera realización ejemplar, tiene además funciones de recopilación de información de nodos de red y similares y construyendo la base de datos 111. La base de datos 111 es similar a la de la primera realización ejemplar y almacena información para que la sección 122 de determinación de ruta realice la operación de determinación de ruta como se muestra en la figura 5. Tenga en cuenta que un servidor SV tiene la configuración que se muestra en la figura 4 como en la primera realización ejemplar.

La sección 122 de determinación de ruta incluye una sección 122a de comparación de condiciones de red y una sección 122b de comparación de condición de computación. La sección 122a de comparación de condiciones de red compara un requisito relacionado con la red (el "primer requisito" en la primera realización ejemplar) y los parámetros de los componentes relacionados con la red y busca una ruta que cumpla con el requisito. La sección 122b de comparación de condiciones de computación compara un requisito relacionado con la computación (el "segundo requisito" en la primera realización ejemplar) y los parámetros de los componentes relacionados con la computación (servidores) y busca un componente (un objetivo en el que se implementa una VM) que cumpla con el requisito.

Tenga en cuenta que la sección 122 de determinación de ruta del aparato 10 de control también se puede implementar utilizando un procesador (CPU: unidad de procesamiento central) para ejecutar programas de control de determinación de ruta, que se describirán a continuación, y dispositivos de almacenamiento como una ROM (memoria de solo lectura) para almacenar los programas y una RAM (memoria de acceso aleatorio) para almacenar información.

2.2) Operación de determinación de ruta

De aquí en adelante, se dará una descripción de la operación de determinación de ruta de la sección 122 de determinación de ruta, que incluye la sección 122a de comparación de condiciones de red y la sección 122b de comparación de condición de computación.

Haciendo referencia a la figura 8, al crear una cadena de servicios, la sección 122 de determinación de ruta establece

primero un enlace virtual, del cual solo se determinan el punto de inicio (fuente) y el punto de finalización (destino), junto con los requisitos. Es decir, se establece un enlace virtual VL que incluye el nodo de red N1 como su origen y la función de red virtual VNF_A como su destino, y los enlaces físicos que realmente pasan entre el origen y el destino se establecen como "No importa". El enlace virtual VL puede establecerse por un administrador o similar de la red, o puede establecerse por el propio aparato de control.

Comparación de la condición de la red

Con referencia a la figura 9, la sección 122a de comparación de condiciones de red se refiere al enlace virtual VL descrito anteriormente como el objetivo en el que se configurará una ruta para la cadena de servicio (Operación S221), y selecciona candidatos para que los enlaces físicos constituyan este enlace virtual VL (Operación S222). Posteriormente, la sección 122a de comparación de condiciones de red selecciona enlaces físicos que cumplen con los requisitos de la red (ancho de banda de comunicación requerido y similares), entre los candidatos para enlaces físicos (Operación S223).

Primero, en la red que se muestra en la figura 8, los posibles enlaces físicos (líneas continuas) que comienzan desde el nodo de origen N1 hacia la VNF_A de destino que se seleccionan como candidatos para los enlaces físicos (Operación S222).

Posteriormente, los enlaces físicos que cumplen con la condición de red requerida (ancho de banda de comunicación requerido y similares) se seleccionan entre los candidatos para enlaces físicos como se muestra en la figura 10 (Operación S223). Por ejemplo, suponiendo que, entre las posibles rutas de comunicación que comienzan desde el nodo de origen N1 hacia la VNF_A de destino, las que cumplen con el requisito son los enlaces físicos PHYL1 y PHYL2/PHYL3 o los enlaces físicos PHYL4 y PHYL5 como se indica mediante flechas gruesas, entonces estos enlaces físicos se seleccionan como enlaces físicos para constituir el enlace virtual VL. Tenga en cuenta que los enlaces entre los servidores SV y VNF, que están indicados por líneas no sólidas sino por líneas discontinuas, significan que realmente no existen enlaces físicos entre los servidores SV y VNF, y que son enlaces de conveniencia que se deben utilizar para el cálculo colectivo de despliegue y configuración de ruta de VNF como ya se describió.

Tenga en cuenta que en la base de datos 111 que se muestra en la figura 5, los parámetros relacionados con la comunicación, como el ancho de banda de la comunicación, están asociados con los enlaces físicos indicados por las líneas continuas o flechas gruesas en la figura 10, y los parámetros relacionados con la computación, como el uso de la CPU y la capacidad de CPU/memoria requerida está asociada con las VNF y los servidores SV.

Comparación de condiciones de computación (1)

Con referencia a la figura 11, la sección 122b de comparación de condiciones de computación se refiere a los parámetros y un requisito de computación para que una máquina virtual VM ejecute la VNF (Operación S224). Posteriormente, la sección 122b de comparación de condiciones de computación compara los parámetros y el requisito de computación y selecciona un servidor SV que cumpla con los requisitos de computación, entre los servidores candidatos, que son todos los servidores SV en los que se despliega esta máquina virtual (Operación S225). Basándose en el servidor SV seleccionado que cumple el requisito de computación y los enlaces físicos (flechas gruesas en la figura 10) seleccionados por la comparación de condición de red descrita anteriormente, se determina una ruta (que incluye el despliegue de VM) para la cadena de servicio en la red (Operación S226).

Cuando a través de la Operación S225 descrita anteriormente se determina que el servidor SV1 es el objetivo en el que se despliega VNF_A como se indica mediante una flecha discontinua gruesa en la figura 12, a continuación, de las flechas gruesas en la figura 10, se determina una ruta de red que incluye los enlaces físicos PHYL1 y PHYL2.

Comparación de condiciones de computación (2)

En la comparación de condiciones de computación descrita anteriormente (1), se emplea un método de turno rotativo en el que se selecciona un servidor que cumple la condición entre todos los servidores candidatos en los que se puede desplegar VNF_A, independientemente de la operación de comparación de condiciones de red descrita anteriormente.

Sin embargo, un método de selección no se limita a dicho método de turno rotativo. Por ejemplo, también es posible que los servidores candidatos estén limitados a los servidores SV que están conectados a los enlaces físicos (flechas gruesas en la figura 10) seleccionados por la comparación de condición de red descrita anteriormente, y se selecciona un servidor SV que cumpla con el requisito de computación de entre los candidatos de servidor limitado. Este método tiene la ventaja de que el uso de un resultado de la comparación de la condición de la red reducirá el número de servidores contra los cuales se verifica el requisito de computación, en comparación con el caso que utiliza el método de turno rotativo.

2.3) Efectos

Como se describió anteriormente, según la segunda realización ejemplar de la presente invención, como en la primera realización ejemplar, es posible lograr un despliegue óptimo de VNF, teniendo en cuenta las características de comunicación y el rendimiento de la comunicación de la red subyacente. Es decir, se realizan la comparación entre los parámetros relacionados con la red y el requisito de la red y la comparación entre los parámetros relacionados con

la computación y la condición de computación, por lo que tanto el despliegue de la función de red virtual (VNF) como la configuración de la ruta de la red, es decir, el despliegue de la función de red virtual (VNF) en la red se puede determinar colectivamente. Además, según la segunda realización ejemplar, el uso de un resultado de la comparación de la condición de la red hace posible reducir la carga computacional de la comparación de la condición de computación.

3. Tercera realización ejemplar

Con referencia a la figura 13, en un sistema de red según una tercera realización ejemplar de la presente invención, un aparato 30 de operación y gestión puede mostrar varias configuraciones en un aparato 10 de control y una ruta de comunicación determinada para una cadena de servicio. Las otras configuraciones y funciones son similares a las de la primera o segunda realizaciones ejemplares anteriormente descritas y, por lo tanto, se omitirá una descripción de las mismas, utilizando los mismos signos de referencia que en la figura 1. Tenga en cuenta que el aparato 10 de control puede proporcionarse dentro del aparato 30 de operación y gestión.

3.1) Aparatos de operación y gestión

Con referencia a la figura 14, el aparato 30 de operación y gestión incluye una sección 301 de configuración de enlace virtual, una sección 302 de configuración de requisitos, una interfaz 303 y una interfaz 304 de usuario y, aparte de ellos, también incluye una sección de control y una sección de almacenamiento (no mostradas). La interfaz 304 de usuario incluye una sección de entrada de información, como un teclado y una sección de visualización de información, como un monitor, que permite a un administrador de operaciones establecer enlaces virtuales y requisitos, y también permite la visualización del despliegue de VNF y las rutas en la red determinadas por el aparato 10 de control, y similares.

La sección 301 de configuración de enlace virtual genera un enlace virtual desde una cadena de servicio, que se introduce por el administrador de operaciones a través de la interfaz 304 de usuario. La sección 302 de configuración de requisitos incluye una sección 305 de configuración de condiciones de red y una sección 306 de configuración de condiciones de computación y genera las condiciones requeridas (requisitos de red y requisitos de computación) cuando la cadena de servicio se configura basándose en las entradas introducidas por el administrador de operaciones. Como se describe en la segunda realización ejemplar, el requisito de la red es una condición o condiciones y similares requeridas de la fase de la red (por ejemplo, ancho de banda de comunicación requerido) para la cadena de servicio, y el requisito de computación es una condición o condiciones y similares requeridas de recursos de computación (p. ej., capacidad de CPU/memoria requeridas) para la cadena de servicio. De aquí en adelante, se dará una descripción de la operación del aparato de operación y gestión según la presente realización ejemplar, con referencia a las figuras 15 y 16.

3.2) Visualización del despliegue de VNF en una red

Como se ilustra en la figura 15, una pantalla 400 de operación y gestión mostrada en la interfaz 304 de usuario se divide en una ventana 400a de entrada y una ventana 400b de visualización de red. Un campo 401 de entrada de la cadena de servicios y una pluralidad de campos 402 de entrada de requisitos se muestran en la ventana 400a de entrada, mientras que la topología física de una red, que es el objetivo de la operación y la gestión, se muestra en la ventana 400b de visualización de la red. Por ejemplo, el aparato 30 de operación y gestión adquiere información de topología de la base de datos 111 del aparato 10 de control y muestra la arquitectura de la red basándose en la información de topología adquirida.

Con referencia a la figura 15, en la topología de red ilustrada en la ventana 400b de visualización de red, los nodos de red A, B, C y D están conectados entre sí mediante enlaces físicos, y cada uno de los nodos de red B y D está conectado a los servidores A, B y C a través de enlaces físicos. Además, se supone que se pueden desplegar dos funciones de red virtual VNF_A y VNF_B en cada servidor.

Se supone que el administrador de operaciones ha introducido la siguiente cadena de servicio en el campo 401 de entrada de la cadena de servicio a través de la interfaz 304 de usuario como se muestra en la figura 15:

$A \leftrightarrow VNF_A \leftrightarrow VNF_B \leftrightarrow B$.

Cuando se introduce esta cadena de servicio, la sección 301 de configuración de enlace virtual genera la información de enlace virtual VL1, VL2 y VL3 de la siguiente manera para desplegar esta cadena de servicio.

VL1: Fuente = nodo NW (A); Destino = VNF_A

VL2: Fuente = VNF_A; Destino = VNF_B

VL3: Fuente = VNF_B; Destino = nodo NW (C)

Además, cuando se introduce un ancho de banda de comunicación requerido de la red y una capacidad de CPU/memoria requerida de un servidor en los campos 402 de entrada de requisitos, la sección 302 de configuración de requisitos genera un requisito de red y un requisito de computación y los envía, junto con la información de enlace

virtual anteriormente descrita (VL1, VL2 y VL3) al aparato 10 de control para la configuración.

El aparato 10 de control calcula una ruta óptima para cada uno de los enlaces virtuales VL1, VL2 y VL3 basándose en la información de enlace virtual y la información de requisitos establecida por el aparato 30 de operación y gestión, como se describe en la primera o segunda realizaciones ejemplares. Un resultado del cálculo de una ruta óptima se envía a los nodos y servidores en la red 20 y al aparato 30 de operación y gestión.

Como se ilustra en la figura 16, la interfaz 304 de usuario del aparato 30 de operación y gestión que ha recibido la información de ruta óptima muestra las rutas óptimas RP1, RP2 y RP3 correspondientes a los enlaces virtuales VL1, VL2 y VL3, respectivamente, en la ventana 400b de visualización de la red en la pantalla 400 de operación y gestión. En este ejemplo, una ruta de red que configura el enlace virtual VL1 es el nodo NW (A) - nodo NW (B) - servidor (A); una ruta de red que configura el enlace virtual VL2 es servidor (A) - nodo NW (B) - servidor (B); y una ruta de red que configura el enlace virtual VL3 es el servidor (B) - nodo NW (D) - nodo NW (C), y un destino en el que se implementa la función de red virtual VNF_A es el servidor A, y un destino en el que se implementa la función de red virtual VNF_B es el servidor B.

Tenga en cuenta que la sección 301 de configuración de enlace virtual y la sección 302 de configuración de requisitos del aparato 30 de operación y gestión también pueden implementarse utilizando un procesador (CPU: unidad de procesamiento central) para ejecutar programas de operación y gestión como se ha descrito anteriormente, y dispositivos de almacenamiento como una ROM (memoria de solo lectura) para almacenar los programas y una RAM (memoria de acceso aleatorio) para almacenar información.

3.3) Efectos

Como se describió anteriormente, según la tercera realización ejemplar de la presente invención, el aparato 30 de operación y gestión puede realizar varias configuraciones en el aparato 10 de control, y basándose en una cadena de servicio y requisitos establecidos por un administrador de operación, es posible lograr un óptimo despliegue de VNF, teniendo en cuenta las características de comunicación y el rendimiento de la comunicación de la red subyacente, como en la primera y segunda realizaciones ejemplares.

Según la tercera realización ejemplar, en particular, el administrador de operaciones puede verificar visualmente el despliegue de VNF en la red, que se calcula mediante el aparato 10 de control, a través de la interfaz de usuario, lo que brinda la ventaja de que se facilita la operación y la gestión de la red.

4. Cuarta realización ejemplar

Como se muestra en la figura 17, un aparato 31 de operación y gestión según una cuarta realización ejemplar de la presente invención tiene la configuración del aparato 30 de operación y gestión según la tercera realización ejemplar a la que se proporciona adicionalmente una sección 311 de control de ruta. Por consiguiente, a los bloques que son similares a los del aparato 30 de operación y gestión se les dan los mismos signos de referencia, y se omitirá una descripción de los mismos.

Con referencia a la figura 17, la sección 311 de control de ruta usa información de enlace virtual e información de requisitos establecida por la sección 301 de configuración de enlace virtual y la sección 302 de configuración de requisitos, respectivamente, para calcular el despliegue óptimo de VNF (determinación de ruta realizada por el aparato 10 de control) teniendo en cuenta las características de comunicación y el rendimiento de la comunicación de una red subyacente, como se ha descrito anteriormente. Un resultado del cálculo de una ruta óptima se envía a un aparato 11 de control a través de la interfaz 303 y también se transfiere a la interfaz 304 de usuario. Por consiguiente, el aparato 31 de operación y gestión según la presente realización ejemplar muestra la ruta óptima en la ventana 400b de visualización de red en la pantalla 400 de operación y gestión, como en el caso de la tercera realización ejemplar (véase la figura 16). Dado que la sección 311 de control de ruta realiza la determinación de ruta, las secciones 112 y 122 de determinación de ruta del aparato 10 de control en las realizaciones de primer a tercer ejemplo no son necesarias para el aparato 11 de control en la presente realización ejemplar.

Como se describió anteriormente, el aparato 31 de operación y gestión según la cuarta realización ejemplar de la presente invención también tiene efectos ventajosos similares a los del aparato 30 de operación y gestión según la tercera realización ejemplar descrita anteriormente. Además, dado que el aparato 31 de operación y gestión calcula internamente el despliegue óptimo de VNF en la red, es posible que el administrador de la operación verifique los enlaces físicos y el despliegue de VNF incluidos en una cadena de servicio antes de que se envíen al aparato 11 de control, aumentando la fiabilidad de la operación y gestión de la red. Además, como para el aparato 11 de control, dado que no se requiere una operación de determinación de ruta, es posible simplificar la configuración y reducir el consumo de energía.

5. Quinta realización ejemplar

Un aparato de control según una quinta realización ejemplar de la presente invención determina una ruta para una cadena de servicio en una red según cualquiera de las realizaciones de ejemplo descritas anteriormente, y controla los nodos de la red y los servidores para que se reenvíe un flujo de comunicación a lo largo esta ruta. De aquí en

adelante, la quinta realización ejemplar se describirá en detalle con referencia a las figuras 18 a 22.

5.1) Arquitectura del sistema

Con referencia a la figura 18, un aparato 12 de control según la quinta realización ejemplar de la presente invención incluye una base de datos 111, una sección 112 de determinación de ruta y una sección 131 de control, y además incluye funciones de recopilación de información de nodos de red y similares y de construcción de la base de datos 111 como en la primera realización ejemplar. La base de datos 111 es similar a la de la primera realización ejemplar y almacena información para que la sección 112 de determinación de ruta realice la operación de determinación de ruta como se muestra en la figura 5. Tenga en cuenta que también es posible utilizar la sección 122 de determinación de ruta según la segunda realización ejemplar, en lugar de la sección 112 de determinación de ruta. La sección 131 de control está provista funcionalmente de una sección 132 de control de red para controlar los nodos en una red 20 y una sección 133 de control de VM para controlar el reenvío de datos entre máquinas virtuales (VM) dentro de un servidor. La sección 131 de control controla los nodos de red N y los servidores SV para que un flujo de comunicación se reenvíe a lo largo de una ruta determinada por la sección 112 de determinación de ruta.

Con referencia a la figura 19, un nodo de red N en la quinta realización ejemplar incluye una sección 501 de envío de datos, una base de datos 502 de información de ruta y una interfaz 503 para realizar la comunicación con el aparato 12 de control. El nodo de red N recibe del aparato 12 de control datos que incluyen una condición para identificar un flujo que pertenece a una cadena de servicio y un destino de reenvío de un paquete de este flujo y almacena los datos en la base de datos 502 de información de ruta. La sección 501 de reenvío de datos identifica un paquete del flujo que pertenece a la cadena de servicio según la condición y la información de destino de reenvío almacenada en la base de datos 502 de información de ruta y reenvía el paquete al destino de reenvío correspondiente (nodo o servidor).

Con referencia a la figura 20, un servidor SV en la quinta realización ejemplar incluye una pluralidad de máquinas virtuales VM para realizar una pluralidad de VNF, respectivamente, y un conmutador 600 virtual para conmutar un flujo de comunicación entre la pluralidad de máquinas virtuales VM y los nodos de red adyacentes.

El conmutador 600 virtual puede considerarse como un nodo de red en una topología de red en la presente realización ejemplar, e incluye una sección 601 de reenvío de datos, una base de datos 602 de información de ruta y una interfaz 603 para realizar la comunicación con el aparato 12 de control. El conmutador 600 virtual recibe del aparato 12 de control datos que incluyen una condición para identificar un flujo que pertenece a una cadena de servicio y un destino de reenvío de un paquete de este flujo y almacena los datos en la base de datos 602 de información de ruta. La sección 601 de reenvío de datos identifica si un paquete recibido de un nodo de red adyacente N o una de las máquinas virtuales VM es o no del flujo que pertenece a la cadena de servicio, según la condición y la información de destino de reenvío almacenada en la base de datos 602 de información de ruta y reenvía el paquete al destino de reenvío correspondiente (máquina virtual VM o nodo de red N). Por consiguiente, si los paquetes se reenvían entre máquinas virtuales VM dentro de un único servidor SV, es posible configurar una cadena de servicio sin reenviar los paquetes a nodos de red externos.

Tenga en cuenta que el aparato 12 de control, los nodos de red N y los servidores SV también se pueden desplegar utilizando procesadores (CPU: unidad de procesamiento central) para ejecutar programas para controlar las operaciones respectivas como ya se describió, y dispositivos de almacenamiento como ROM (memoria de solo lectura) para almacenar los programas y RAM (memoria de acceso aleatorio) para almacenar información.

Un sistema de arquitectura de red de control centralizado, en el que el aparato 12 de control establece información que incluye una condición para identificar un flujo que pertenece a una cadena de servicio y un destino de reenvío de un paquete de este flujo como se ha descrito anteriormente, puede implementarse utilizando, por ejemplo, OpenFlow, I2RS (Interfaz para el Sistema de Encaminamiento), ForCES (Reenvío y Separación de Elementos de Control) o similares. A continuación, se ilustrará un ejemplo de despliegue del aparato 12 de control y los nodos de red N/servidores SV que utiliza OpenFlow.

5.2) OpenFlow

En OpenFlow, una comunicación se reconoce como un flujo de extremo a extremo, y el encaminamiento, la recuperación de fallos, el equilibrio de carga y similares se realizan en unidades de flujos. Aquí, un flujo se refiere, por ejemplo, a un grupo de paquetes de comunicación en serie que tienen una propiedad predeterminada y, en la presente realización ejemplar, se refiere a un flujo que pertenece a una cadena de servicio configurada. A continuación, se describirá OpenFlow utilizando una red que se muestra en la figura 21 como ejemplo.

Con referencia a la figura 21, los conmutadores 701, 702 y 703 OpenFlow son conmutadores de red que emplean tecnología OpenFlow y, en la presente realización ejemplar, corresponden a los nodos de red N o los conmutadores 600 virtuales en los servidores SV. Un controlador 704 OpenFlow es un aparato de procesamiento de información que controla los conmutadores 701, 702 y 703 OpenFlow y, en la presente realización ejemplar, corresponde al aparato 12 de control.

Se configura un canal 705 seguro entre cada uno de los conmutadores 701, 702 y 703 OpenFlow y el controlador 704 OpenFlow, y cada conmutador OpenFlow se comunica con el controlador 704 OpenFlow a través del canal 705 seguro.

El controlador 704 de OpenFlow realiza ajustes en una tabla 706 de flujo de cada uno de los conmutadores 701, 702 y 703 de OpenFlow a través del canal 705 seguro. Tenga en cuenta que el canal 705 seguro es una ruta de comunicación entre cada uno de los conmutadores 701, 702 y 703 de OpenFlow y el controlador 704, y está provisto de medidas para evitar la comunicación, la manipulación y similares.

La figura 22 muestra un ejemplo de la estructura de cada entrada (entrada de flujo) en la tabla 706 de flujo provista a cada uno de los conmutadores 701, 702 y 703 OpenFlow. Una entrada de flujo incluye campos (campos de coincidencia) que definen reglas de coincidencia para que coincidan con la información (p. ej., una dirección IP de destino, ID de VLAN y similares) incluidos en un encabezado de un paquete recibido por un conmutador, un campo (Contadores) que indica información estadística de cada flujo de paquetes, y un campo (Acción) que define un método para procesar un paquete que coincide con las reglas coincidentes.

El conmutador OpenFlow 701/702/703 se refiere a la tabla 706 de flujo cuando recibe un paquete. El conmutador 701/702/703 OpenFlow busca una entrada de flujo que coincida con la información del encabezado del paquete recibido. Si se recupera una entrada que coincide con la información del encabezado del paquete recibido, el conmutador 701/702/703 OpenFlow procesa el paquete recibido según un método de procesamiento definido en el campo Acción de la entrada recuperada. Para el método de procesamiento, se definen, por ejemplo, "reenviar un paquete recibido desde un puerto predeterminado", "descartar un paquete recibido" y "reescribir parte del encabezado de un paquete recibido y reenviarlo a un puerto predeterminado".

Si no se encuentra ninguna entrada que coincida con la información del encabezado del paquete recibido, el conmutador 701/702/703 OpenFlow, por ejemplo, reenvía el paquete recibido al controlador 704 de OpenFlow a través del canal 705 seguro y solicita que el controlador 704 de OpenFlow establezca una entrada de flujo que define un método para procesar el paquete recibido.

El controlador 704 OpenFlow determina un método para procesar el paquete recibido y establece una entrada de flujo que incluye el método de procesamiento determinado en la tabla 706 de flujo. Posteriormente, el conmutador 701/702/703 OpenFlow procesa los paquetes subsiguientes que pertenecen al mismo flujo que el paquete recibido, según la entrada de flujo establecida.

5.3) Efectos

Según la quinta realización ejemplar de la presente invención, una ruta para una cadena de servicio se determina como en los casos de la primera a la cuarta realización ejemplar, y los nodos y servidores en la red se controlan de manera que un flujo de comunicación se reenvíe a lo largo de esta ruta. Por consiguiente, es posible lograr un despliegue óptimo de VNF, teniendo en cuenta las características de comunicación y el rendimiento de comunicación de la red subyacente.

Una pluralidad de máquinas virtuales que ejecutan una pluralidad de VNF, respectivamente, están configuradas dentro de un servidor SV de tal manera que pueden conmutarse por un conmutador virtual. Esto, en particular, hace posible controlar la conmutación de ruta en un nodo de red y la máquina virtual en un servidor de maneras equivalentes, permitiendo el control colectivo utilizando, por ejemplo, la tecnología OpenFlow.

6. Sexta realización ejemplar

En el encadenamiento de servicios, es insuficiente considerar solo el despliegue de máquinas virtuales, pero se requiere considerar los recursos de computación y de red como ya se describió. Según una sexta realización ejemplar de la presente invención, una topología de red se extiende de manera que incluya las VNF y servidores requeridos en los que se puede desplegar, y basándose en esta topología extendida, se determina el despliegue óptimo de la máquina virtual (VNF) en una red. Esta solución óptima para el despliegue de VNF se puede calcular utilizando, por ejemplo, la programación de enteros.

Primero, como se muestra en la figura 23, se considerará un gráfico de reenvío que representa una cadena de servicio que incluye una combinación de las funciones de red virtual VNF_A y VNF_B entre los clasificadores A y B. Para las VNF a combinar, se establece una potencia de CPU y un tamaño de memoria (requisitos de computación), mientras que para un enlace virtual, se establece la fuente y el destino y un ancho de banda requerido (requisitos de red). Este gráfico de reenvío corresponde a la información introducida en el campo 401 de entrada de la cadena de servicios descrito anteriormente y los campos 402 de entrada de requisitos en la figura 15.

La figura 24 muestra una topología de red subyacente para configurar enlaces virtuales para el gráfico de reenvío mencionado anteriormente. Cada clasificador y conmutadores están conectados entre sí, y los conmutadores y cada servidor están conectados entre sí, ambos a través de enlaces físicos. Cada enlace físico tiene un ancho de banda disponible (un parámetro de red). Además, cada servidor tiene CPU y tamaños de memoria disponibles (parámetros de computación).

La figura 25 muestra una topología extendida, que es la topología de red subyacente descrita anteriormente con la adición de los posibles despliegues de VNF_A y VNF_B. Una línea discontinua que conecta mutuamente un servidor y una VNF indica que este servidor es un objetivo en el que se puede desplegar esta VNF. El despliegue de una

cadena de servicios está determinado por la programación de enteros basada en esta topología extendida.

La figura 26 muestra una solución óptima como ejemplo cuando VNF_A y VNF_B se despliegan en el servidor A. Aquí, para el gráfico de reenvío de NF: Clasificador A $\leftrightarrow$ VNF_A $\leftrightarrow$ VNF_B $\leftrightarrow$ Clasificador B mostrados en la figura 23, se generan los enlaces virtuales VL1, VL2 y VL3, como se representa con flechas gruesas en la figura 26.

5 VL1: Fuente = Clasificador A; Destino = VNF_A

VL2: Fuente = VNF_A; Destino = VNF_B

VL3: Fuente = VNF_B; Destino = Clasificador B

6.1) Determinación del despliegue óptimo de VNF

10 De aquí en adelante, se mostrará un proceso computacional que utiliza la programación de enteros para determinar el despliegue óptimo de VNF en la red como se muestra en la figura 26. Las definiciones de las variables son las siguientes.

- Requisito de computación de VNF: $required_cpu^x$ (x: vnf_id)

- Requisito de red de enlace virtual (VL): $required_bw^x$ (x: vl_id)

- Ruta de red (ruta subyacente):

15 • $upath_{ij}^x \in \{0,1\}$ (x: vl_id, i, j: underlay_node_id), en donde $upath_{ij}^x = 1$ cuando un enlace virtual x usa un enlace ij entre los nodos físicos i y j.

- Parámetro de computación del servidor (CPU disponible): $available_cpu^s$ (s: server_id)

- Parámetro de red de enlace (ancho de banda disponible): $available_bw_{ij}$ (i: from_id, j: to_id)

20 • Calcular una solución óptima para el despliegue de VNF minimizando/maximizando una función objetivo C. A continuación se muestra un ejemplo de la función objetivo C:

[Cálculo 1]

$$C = \sum_x \sum_i \sum_j upath_{ij}^x$$

25 En el caso de esta ecuación, un conjunto de los enlaces físicos ($upath_{ij}^x = 1$) que minimiza la función objetivo C es una solución óptima para el despliegue de VNF en la presente realización ejemplar. En ese momento, se tienen en cuenta las siguientes restricciones: ley de conservación de flujo; restricción de ancho de banda; restricción de computación; y restricción de enlace VNF. En lo sucesivo, cada una de las restricciones se describirá con referencia a las figuras 27 a 33.

6.2) Ley de conservación del flujo

30 La ley de conservación de flujo es una condición para establecer un enlace virtual como una ruta, y debe cumplirse cuando cada enlace virtual se asigna a la subyacente. En adelante, se dará una descripción con referencia a la figura 27.

- La diferencia entre las cantidades de datos de transmisión y recepción en nodos que no sean la fuente y el destino debe ser 0, según lo expresado por la siguiente ecuación:

$$\sum_j upath_{ij}^x - \sum_j upath_{ji}^x = 0$$

35 donde $\forall x, \forall i \in$ todos los nodos $\setminus \{src^x, dst^x\}$.

En la figura 27, " src^x " es la fuente (aquí, el clasificador A) de un enlace virtual VL, y " dst^x " es el destino (aquí, VNF_A) del enlace virtual VL.

- La diferencia entre las cantidades de datos de transmisión y recepción en la fuente debe ser 1.

[Cálculo 3]

$$\sum_j upath_{src^x j}^x - \sum_j upath_{j src^x}^x = 1 \quad (\forall x)$$

• La diferencia entre las cantidades de datos de transmisión y recepción en el destino debe ser -1.

[Cálculo 4]

$$\sum_j upath_{dst^x j}^x - \sum_j upath_{j dst^x}^x = -1 \quad (\forall x)$$

5

6.3) Restricción de ancho de banda

La restricción de ancho de banda es una condición para acomodar un ancho de banda requerido. Cuando un enlace virtual VL se asigna a un enlace ij, la cantidad total de tráfico que pasa a través de este enlace ij debe poder acomodarse dentro del ancho de banda disponible de este enlace ij. Por consiguiente, debe satisfacerse la siguiente expresión.

10

[Cálculo 5]

$$\sum upath_{ij}^x \cdot required_bw^x \leq available_bw_{ij} \quad (\forall i, \forall j)$$

Por ejemplo, en referencia a la figura 28, los enlaces virtuales VL1 y VL3 se asignan al enlace físico entre el conmutador A y el servidor A. Por consiguiente, la suma del ancho de banda requerido del enlace virtual VL1 y el ancho de banda requerido del enlace virtual VL3 no debe ser mayor que el ancho de banda disponible de este enlace físico.

15

6.4) Restricción de computación

La restricción de computación es una condición para acomodar los recursos de computación (CPU y capacidades de memoria y similares) requeridos por una máquina virtual (VM), y la suma total de recursos requeridos por las máquinas virtuales (VM) que usan un servidor deben poder acomodarse dentro de los recursos disponibles de este servidor. En consideración a la superposición como se muestra en la figura 29, es necesario que se satisfaga la siguiente expresión.

20

[Cálculo 6]

$$\sum_{v:vm_id} \frac{\sum_{x|dst^x=v} upath_{sv}^x \cdot required_cpu^v}{\sum_{x|dst^x=v} 1} < available_cpu^s \quad (\forall s : \text{todos los servidores})$$

6.5) Restricción de enlace de VNF

La restricción de enlace de VNF es una condición para determinar un objetivo en el que se despliega una máquina virtual (VM) que ejecuta una VNF. Solo se debe usar un enlace entre una máquina virtual (VM) y un servidor, que se describirá a continuación. Se proporcionará una descripción utilizando VNF_A como ejemplo, como se muestra en la figura 30.

25

• Para el uso de enlaces desde el servidor a la VM (VNF_A), todos los enlaces virtuales que tengan la VM como su destino deben usarse de la misma manera que se muestra en (A) de la figura 30, como se expresa en la siguiente ecuación:

30

$$upath_{sv}^x = upath_{sv}^y \quad (\forall s, \forall v, \forall x \mid dst^x = v, \forall y \mid dst^y = v).$$

• Para el uso de enlaces de la VM (VNF_A) al servidor, todos los enlaces virtuales que tengan la VM como su fuente deben usarse de la misma manera que se muestra en (B) de la figura 30, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$upath_{vs}^x = upath_{vs}^y \quad (\forall s, \forall v, \forall x \mid src^x = v, \forall y \mid src^y = v).$$

35

• El uso de un enlace del servidor a la máquina virtual (VNF_A) y el uso de un enlace de la máquina virtual (VNF_A) al servidor deben ser iguales a los que se muestran en (C) de la figura 30, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{upath}_{sv}^x = \text{upath}_{vs}^y (\forall s, \forall v, \forall x \mid \text{dst}^x = v, \forall y \mid \text{src}^x = v).$$

6.6) Efectos

Como se describió anteriormente, según la presente realización ejemplar, un conjunto de enlaces físicos ($\text{upath}_{ij}^x = 1$) que minimiza la función objetivo C puede calcularse como una solución óptima para el despliegue de VNF mediante programación lineal bajo las restricciones descritas anteriormente. Esta solución óptima es una solución óptima en la topología extendida que incluye tanto una ruta de red como un despliegue de VNF, y por lo tanto es posible lograr un despliegue de encadenamiento de servicios, teniendo en cuenta tanto los recursos de computación como los de red. Además, el uso de la programación de enteros permite obtener rápidamente el despliegue de VNF en la red.

La presente invención se puede aplicar a un sistema para desplegar funciones de red virtual (VNF) en una red.

10 Lista de signos de referencia

10, 11, 12 aparatos de control

20 red

30, 31 aparato de operación y gestión

111 base de datos

15 112 sección de determinación de ruta

113 sección de control

122 sección de determinación de ruta

122a sección de comparación de condiciones de red

122b sección de comparación de condiciones de computación

20 131 sección de control

132 sección de control de red

133 sección de control de la máquina virtual

301 sección de configuración de enlace virtual

302 sección de configuración de requisitos

25 303 interfaz

304 interfaz de usuario

305 sección de configuración de condición de red

306 sección de configuración de condiciones de computación

311 sección de control de ruta

30 400 pantalla de operación y gestión

400a ventana de entrada

400b ventana de visualización de red

401 campo de entrada de la cadena de servicio

402 campo de entrada de requisitos

35 501 sección de reenvío de datos

502 base de datos de información de ruta

503 interfaz

600 conmutador virtual

601 sección de reenvío de datos

602 base de datos de información de ruta

603 interfaz

701, 702, 703 conmutador OpenFlow

5 704 controlador OpenFlow

705 canal de seguridad

706 tabla de flujo

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) de control de red para controlar una red que incluye una pluralidad de nodos y servidores, caracterizado por comprender:

5 medios (111) de almacenamiento que almacenan la primera información relacionada con los enlaces y nodos en la red, y la segunda información relacionada con los recursos de computación de los servidores en los que pueden desplegarse las funciones de red virtual; y

medios (112) de determinación de ruta para realizar colectivamente, cuando se solicita al menos una función de red virtual, el despliegue de la al menos una función de red virtual en al menos un servidor y la configuración de una ruta en la red (20) que se conecta a al menos un servidor, basándose en la primera y segunda información.
- 10 2. El aparato de control de red según la reivindicación 1, caracterizado por que los medios (112) de determinación de ruta determinan la ruta que cumple con los requisitos para al menos una función de red virtual, basándose en la primera y la segunda información.
3. El aparato de control de red según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que los medios (112) de determinación de ruta incluyen:

15 primeros medios (112a) de comparación para comparar un primer requisito relacionado con la red relacionado con la red para la al menos una función de red virtual con la primera información para generar un primer resultado de comparación; y

segundos medios (112b) de comparación para comparar un segundo requisito relacionado con los recursos de computación para la al menos una función de red virtual con la segunda información para generar un segundo
20 resultado de comparación,

en donde la ruta que cumple tanto el primer como el segundo requisito se determina basándose en el primer resultado de comparación de la comparación por los primeros medios de comparación y el segundo resultado de comparación de la comparación por los segundos medios de comparación.
- 25 4. El aparato de control de red según la reivindicación 3, caracterizado por que los medios (112) de determinación de ruta seleccionan los candidatos de ruta de red que cumplen el primer requisito basándose en el primer resultado de comparación, determinan el despliegue de la al menos una función de red virtual en el al menos un servidor que cumple el segundo requisito, basándose en el segundo el resultado de la comparación, y a continuación determinan la ruta entre los candidatos de la ruta de la red según el despliegue de la al menos una función de red virtual en el al menos un servidor.
- 30 5. El aparato de control de red según la reivindicación 4, caracterizado por que los medios (112) de determinación de ruta realizan la selección de los candidatos de la ruta de red y determinan el despliegue de la al menos una función de red virtual de forma independiente.
6. El aparato de control de red según la reivindicación 4, caracterizado por que los medios (112) de determinación de ruta determinan el despliegue de la al menos una función de red virtual en un servidor que cumple el segundo requisito,
35 de entre los candidatos basados en la ruta de red que cumplen el primer requisito.
7. El aparato de control de red según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se puede desplegar una pluralidad de funciones de red virtual iguales o diferentes en el servidor.
8. El aparato de control de red según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por comprender además:

40 medios (113) de control para controlar los nodos en la red y las máquinas virtuales que ejecutan las funciones de red virtual en el servidor,

en donde los medios de control controlan los nodos y el al menos un servidor involucrado en la ruta de modo que un flujo de comunicación se reenvíe a lo largo de la ruta.
- 45 9. El aparato de control de red según la reivindicación 8, caracterizado por que cada uno de los servidores está conectado a al menos un nodo adyacente en la red e incluye un conmutador (600) virtual para realizar al menos uno de reenvío de datos entre una pluralidad de funciones de red virtual e intercambio de datos con el nodo adyacente, en donde los medios de control controlan el conmutador virtual para que funcione de manera similar a los nodos.
10. Un método para controlar una red que incluye una pluralidad de nodos y servidores, caracterizado por comprender:

50 almacenar en medios de almacenamiento primera información relacionada con los enlaces y nodos en la red, y segunda información relacionada con los recursos de computación de los servidores en los que se pueden desplegar las funciones de la red virtual; y

realizar colectivamente, cuando se requiere al menos una función de red virtual, el despliegue de la al menos una función de red virtual en al menos un servidor y la configuración de una ruta en la red que se conecta a al menos un servidor, basándose en la primera y la segunda información.

11. Un sistema de red que comprende el aparato según la reivindicación 1.

5 12. El sistema de red según la reivindicación 11, caracterizado por comprender además:

un aparato (30) de operación y gestión para realizar la operación y gestión del aparato (10) de control,

en donde el aparato de operación y gestión incluye:

medios (302) de establecimiento de requisitos para establecer los requisitos para la al menos una función de red virtual en el aparato de control; y

10 medios (304) de visualización para visualizar una topología de la red junto con la ruta determinada.

13. El sistema de red según las reivindicaciones 11 y 12, caracterizado por que el aparato de control incluye además medios (133) de control para controlar los nodos en la red y las máquinas virtuales que ejecutan las funciones de red virtual en los servidores,

15 en donde los medios (133) de control controlan los nodos y el al menos un servidor involucrado en la ruta para que un flujo de comunicación se reenvíe a lo largo de la ruta.

14. El sistema de red según la reivindicación 13, caracterizado por que cada uno de los servidores está conectado a al menos un nodo adyacente en la red e incluye un conmutador (600) virtual para realizar al menos uno de reenvío de datos entre una pluralidad de funciones de red virtual e intercambio de datos con el nodo adyacente, en donde los medios de control controlan el conmutador virtual para que funcione de manera similar a los nodos.

20 15. Un programa para hacer que una computadora funcione como un aparato para controlar una red que incluye una pluralidad de nodos y servidores, caracterizado por hacer que la computadora implemente:

una función de almacenamiento en medios de almacenamiento de primera información relacionada con los enlaces y nodos en la red, y segunda información relacionada con los recursos de computación de los servidores en los que se pueden desplegar las funciones de la red virtual; y una función para hacer que los medios de determinación de ruta realicen colectivamente, cuando se requiere al menos una función de red virtual, el despliegue de la al menos una función de red virtual en al menos un servidor y la configuración de una ruta en la red que se conecta al al menos un servidor, basándose en la primera y segunda información.

25

FIG. 1

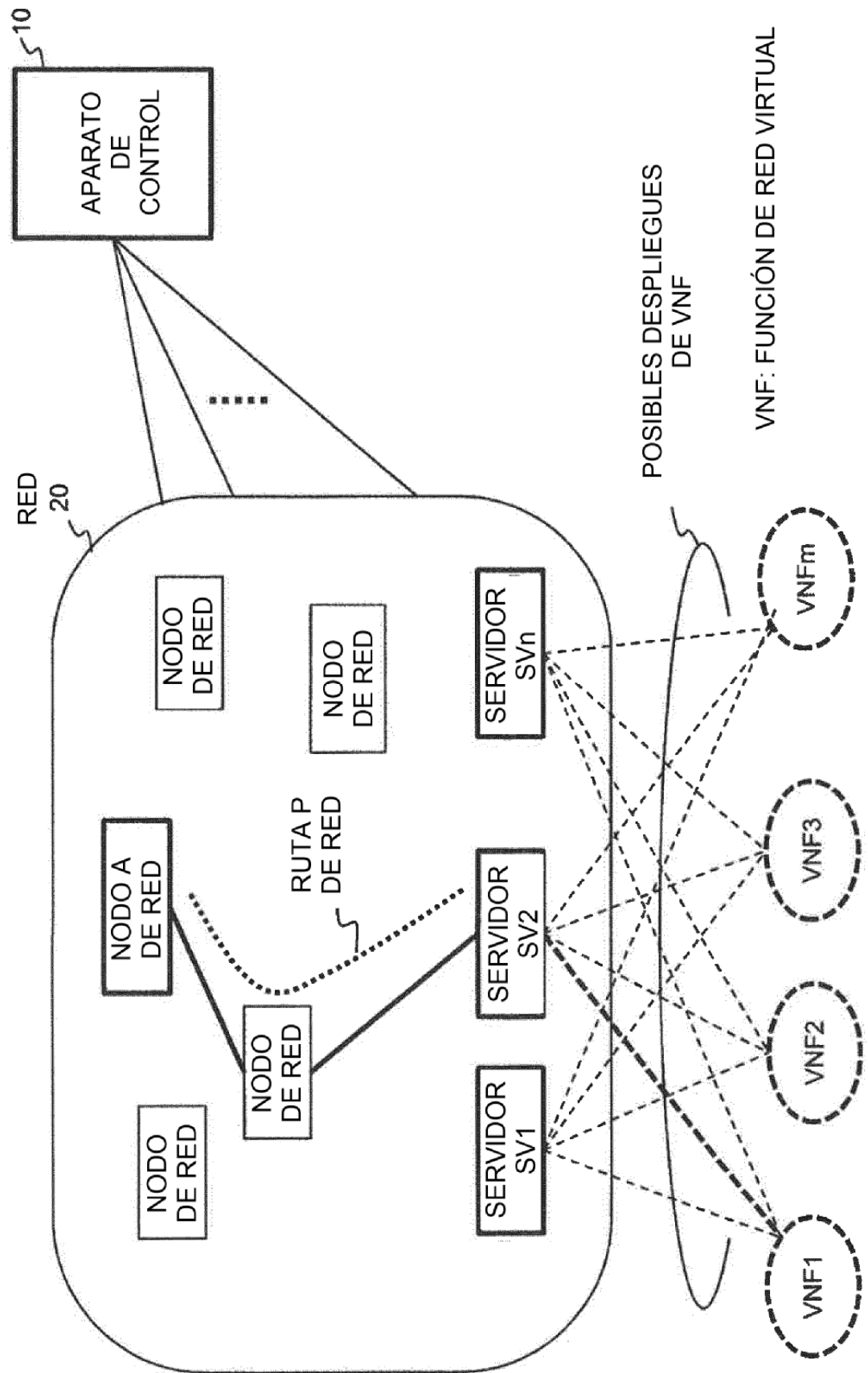


FIG. 2

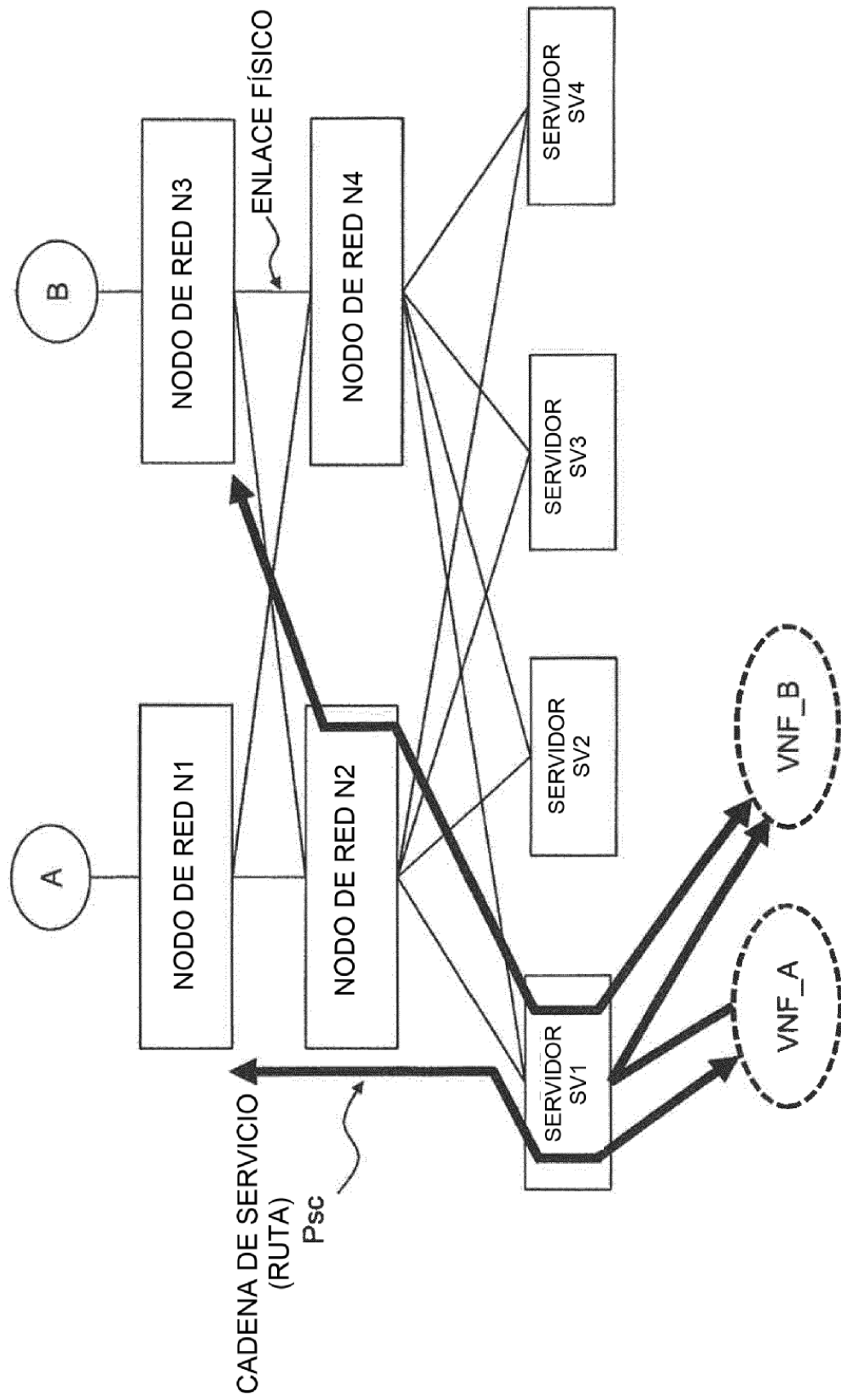


FIG. 3

PRIMERA REALIZACIÓN EJEMPLAR

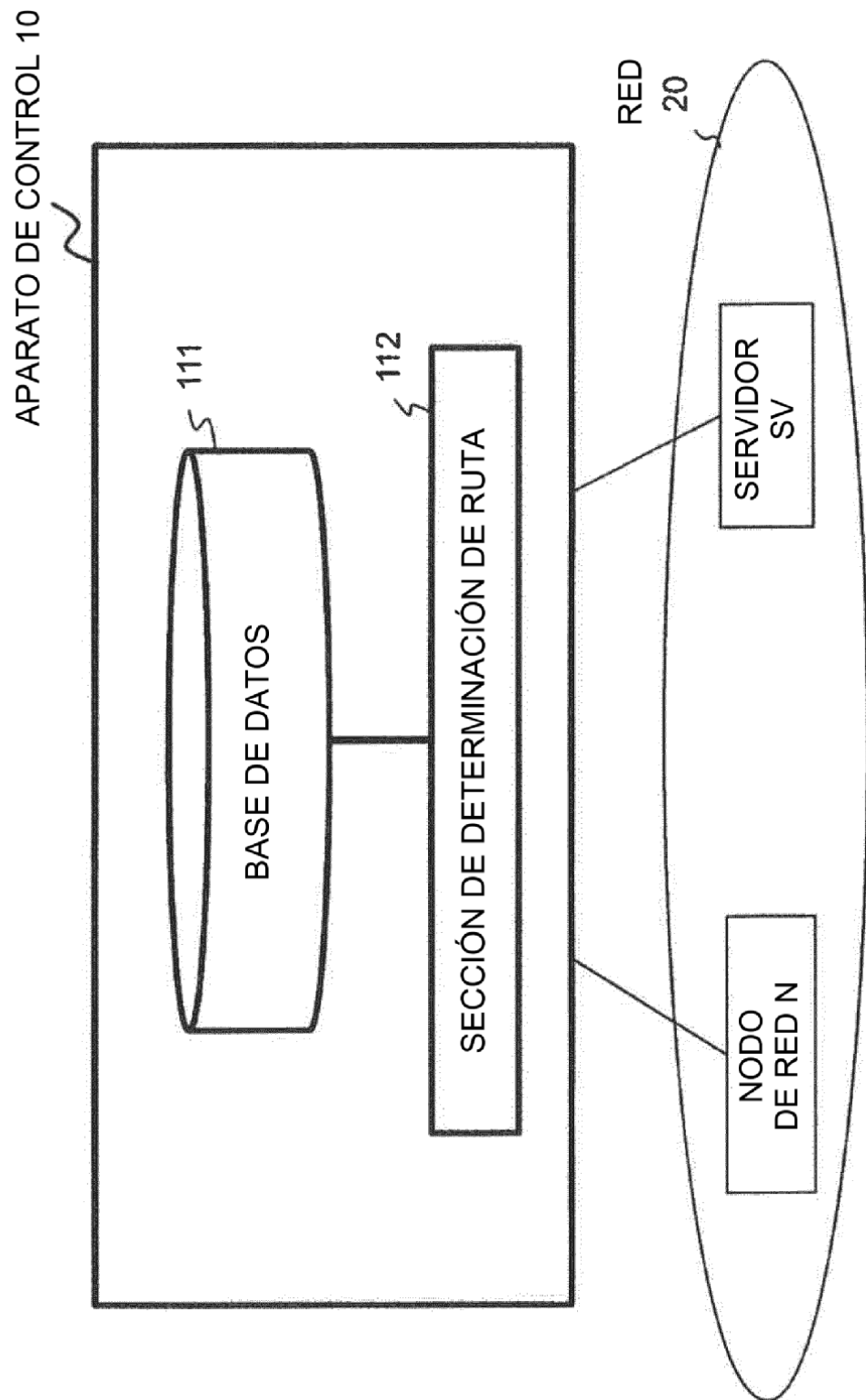


FIG. 4

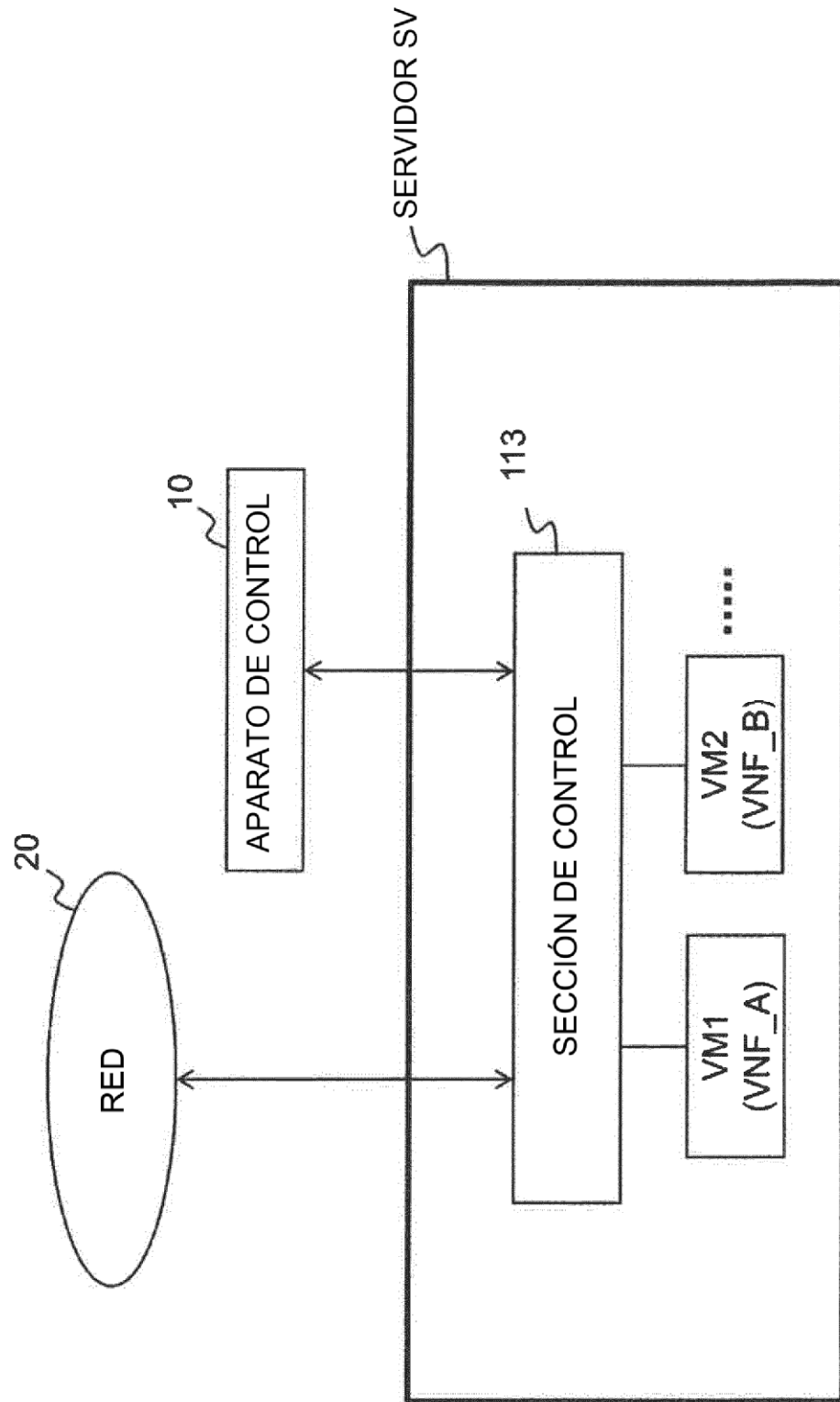


FIG. 5

BASE DE DATOS 111

TOPOLOGÍA DE RED		PARÁMETRO
COMPONENTE	INFORMACIÓN DE COMPONENTE	
ENLACE	DE: N1 A : N2	ANCHO DE BANDA DE COMUNICACIÓN, ANCHO DE BANDA DE USO ...
	DE: N3 A : N4	ANCHO DE BANDA DE COMUNICACIÓN, ANCHO DE BANDA DE USO ...
	...	...
CONMUTADOR (NODO DE RED)	ID DE NODO: N1	DISPONIBILIDAD, ...
	ID DE NODO: N2	DISPONIBILIDAD, ...
	...	...
SERVIDOR SV	ID DE NODO: SV1	USO DE CPU, USO DE MEMORIA, ...
	ID DE NODO: SV2	USO DE CPU, USO DE MEMORIA, ...
	...	...
MÁQUINA VIRTUAL VM (VNF)	ID DE NODO: VNF_A	REQUISITO, ...
	ID DE NODO: VNF_B	REQUISITO, ...
	...	...
...	...	...

PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA RED
(PRIMEROS PARÁMETROS)

PARÁMETROS RELACIONADOS CON RECURSOS INFORMÁTICOS
(SEGUNDOS PARÁMETROS)

FIG. 6

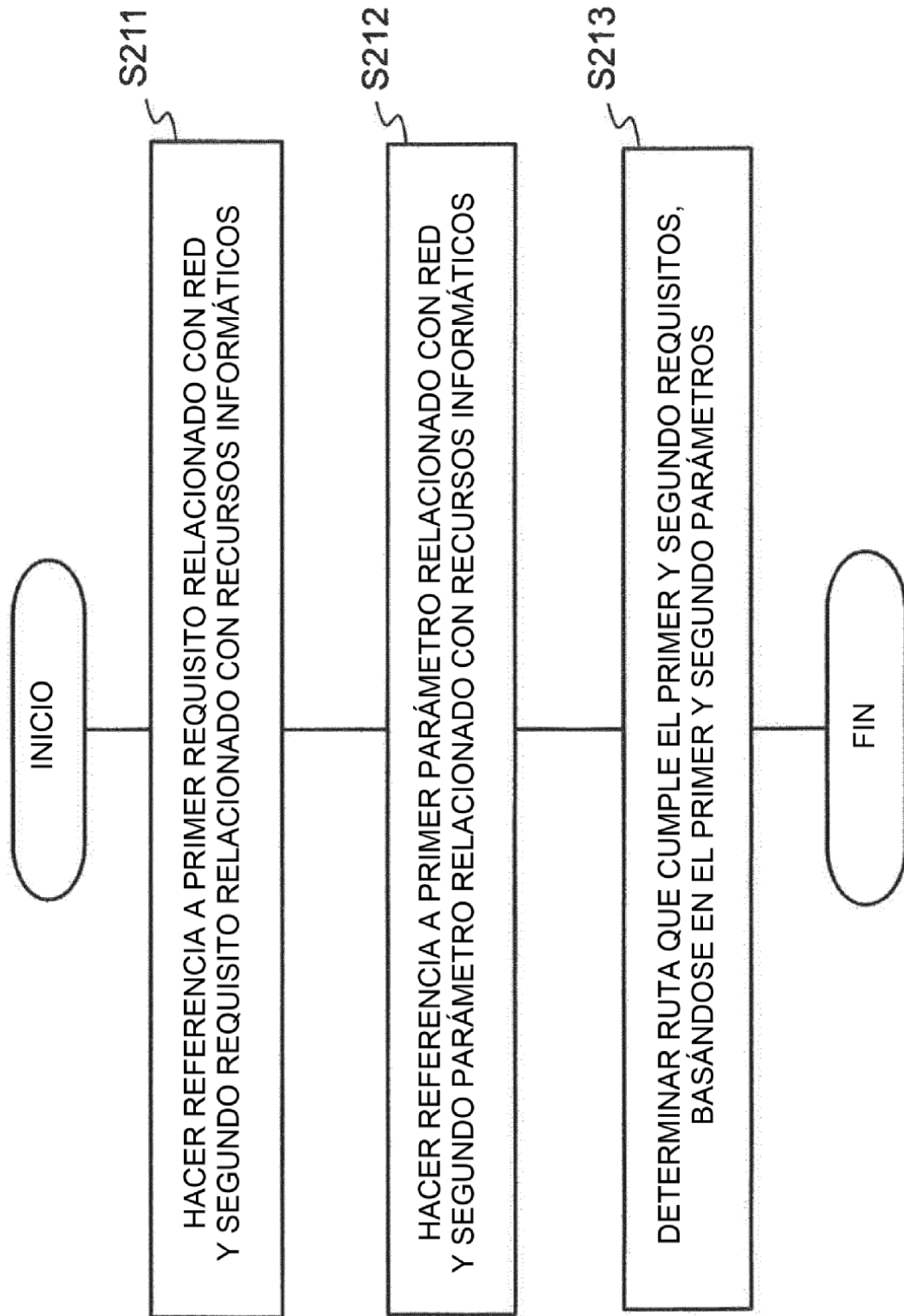


FIG. 7
SEGUNDA REALIZACIÓN EJEMPLAR

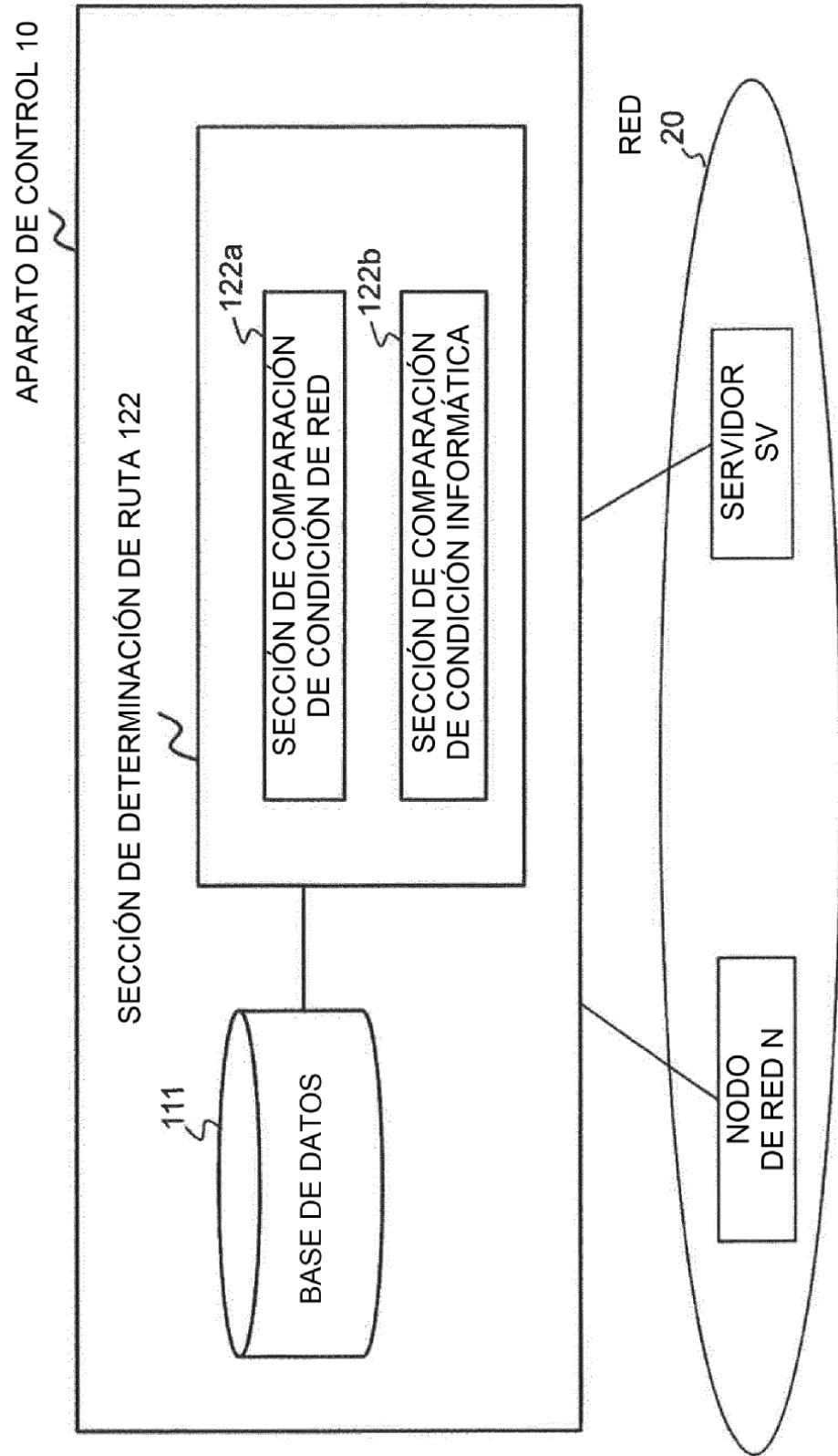


FIG. 8

ESTABLECIMIENTO DE ENLACE VIRTUAL

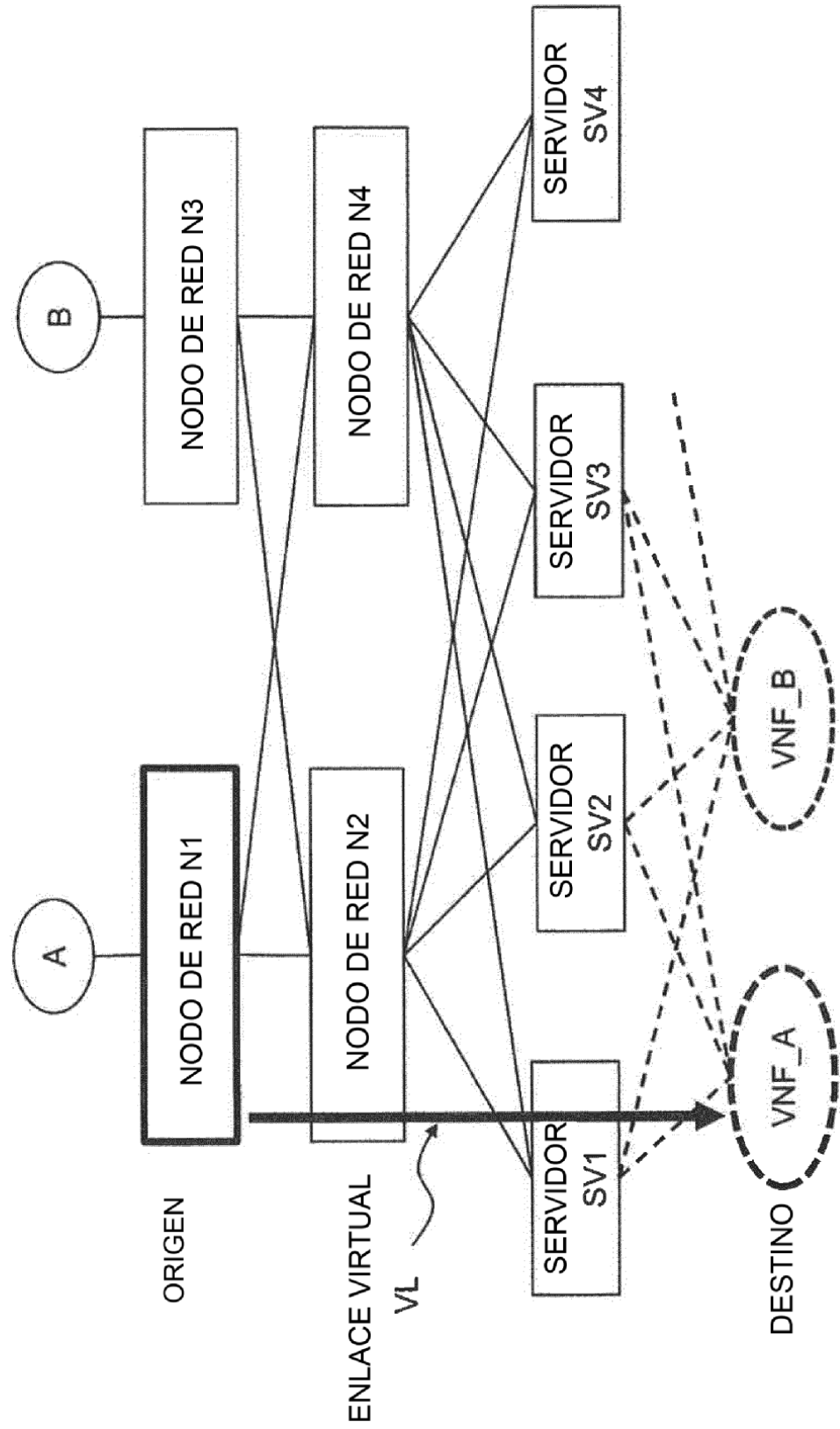


FIG. 9

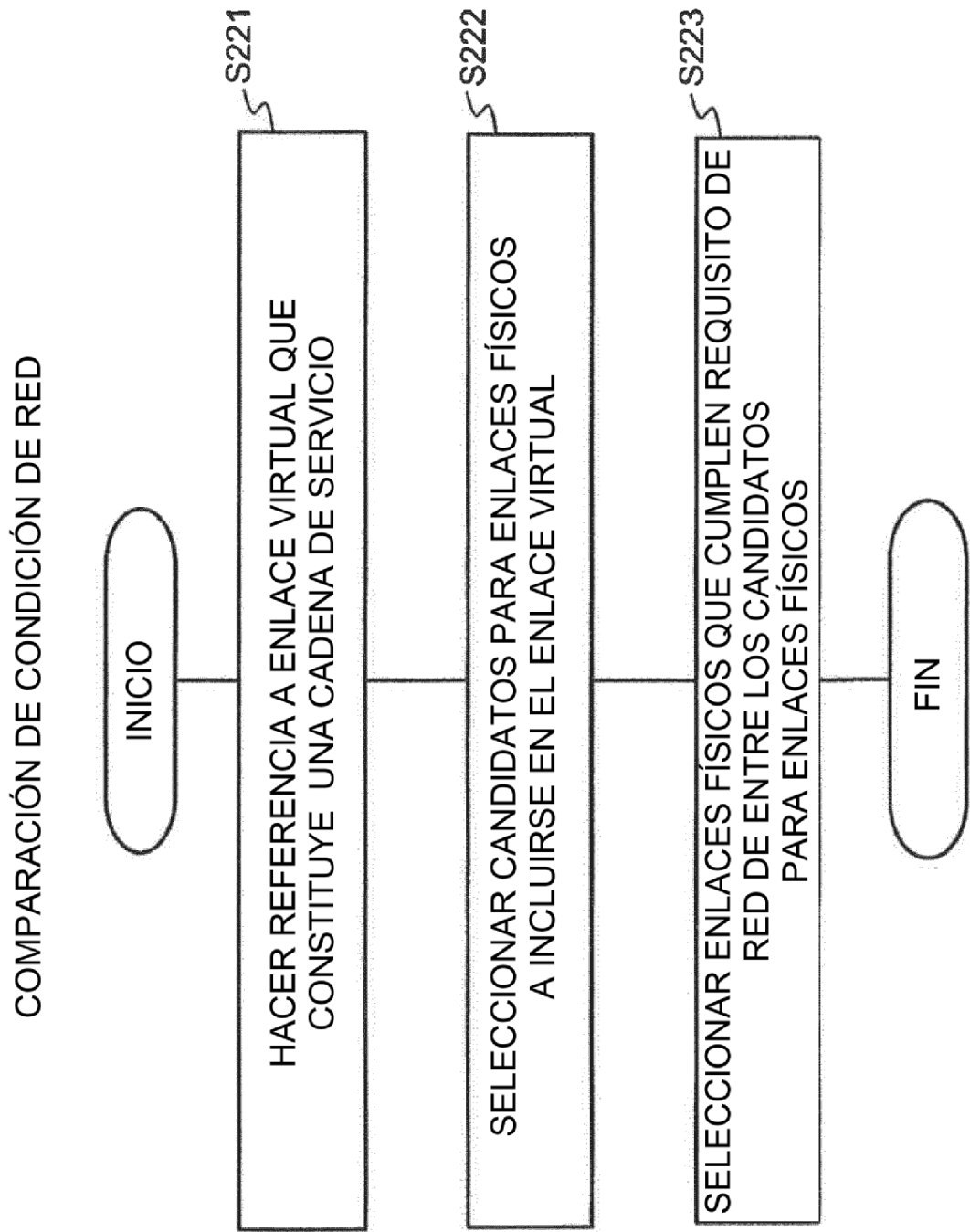


FIG. 10
SELECCIÓN DE ENLACE FÍSICO

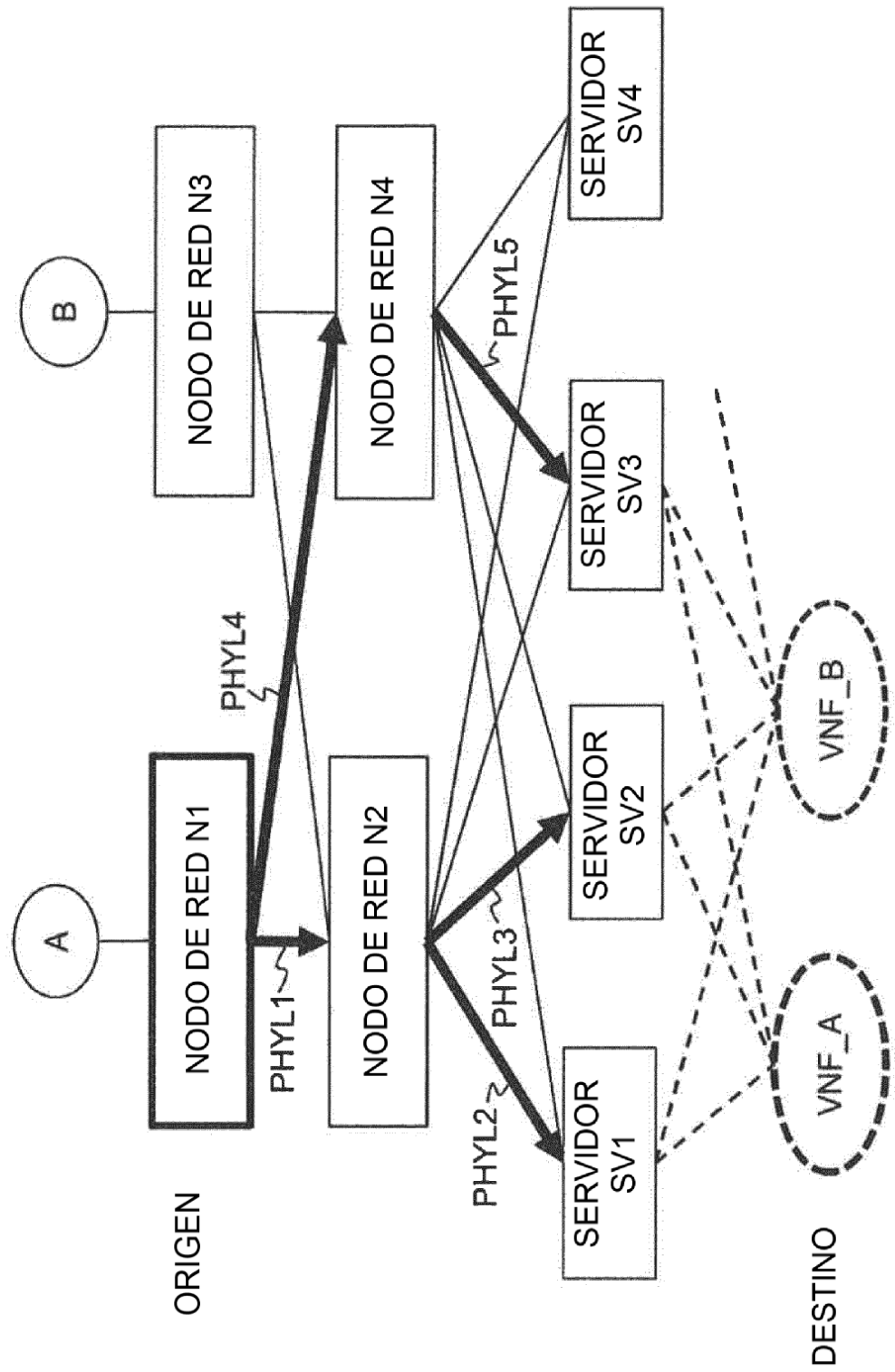


FIG. 11
COMPARACIÓN DE CONDICIÓN INFORMÁTICA

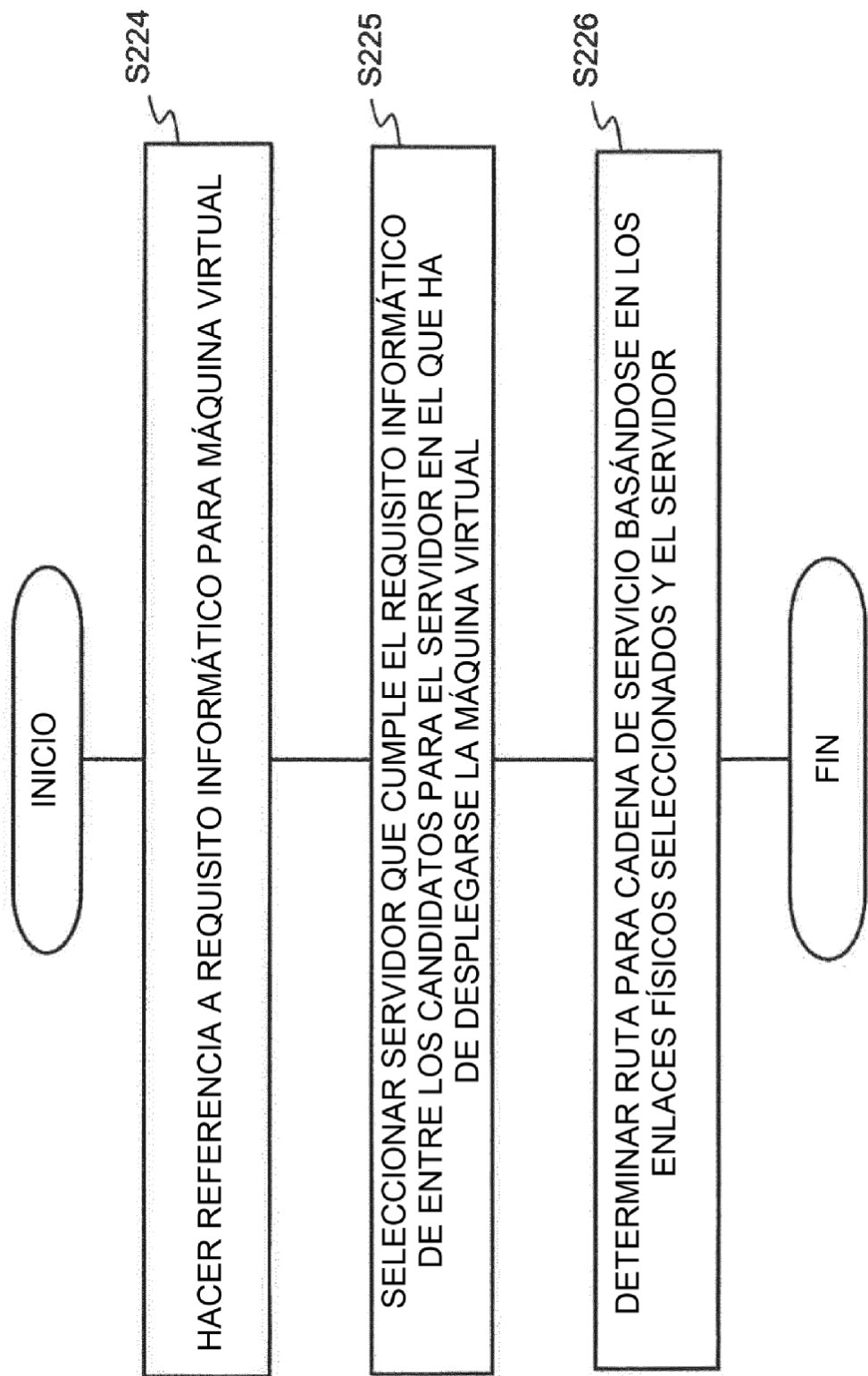


FIG. 12

DETERMINACIÓN DE SERVIDOR DE DESPLIEGUE-OBJETIVO Y RUTA PARA CADENA DE SERVICIO

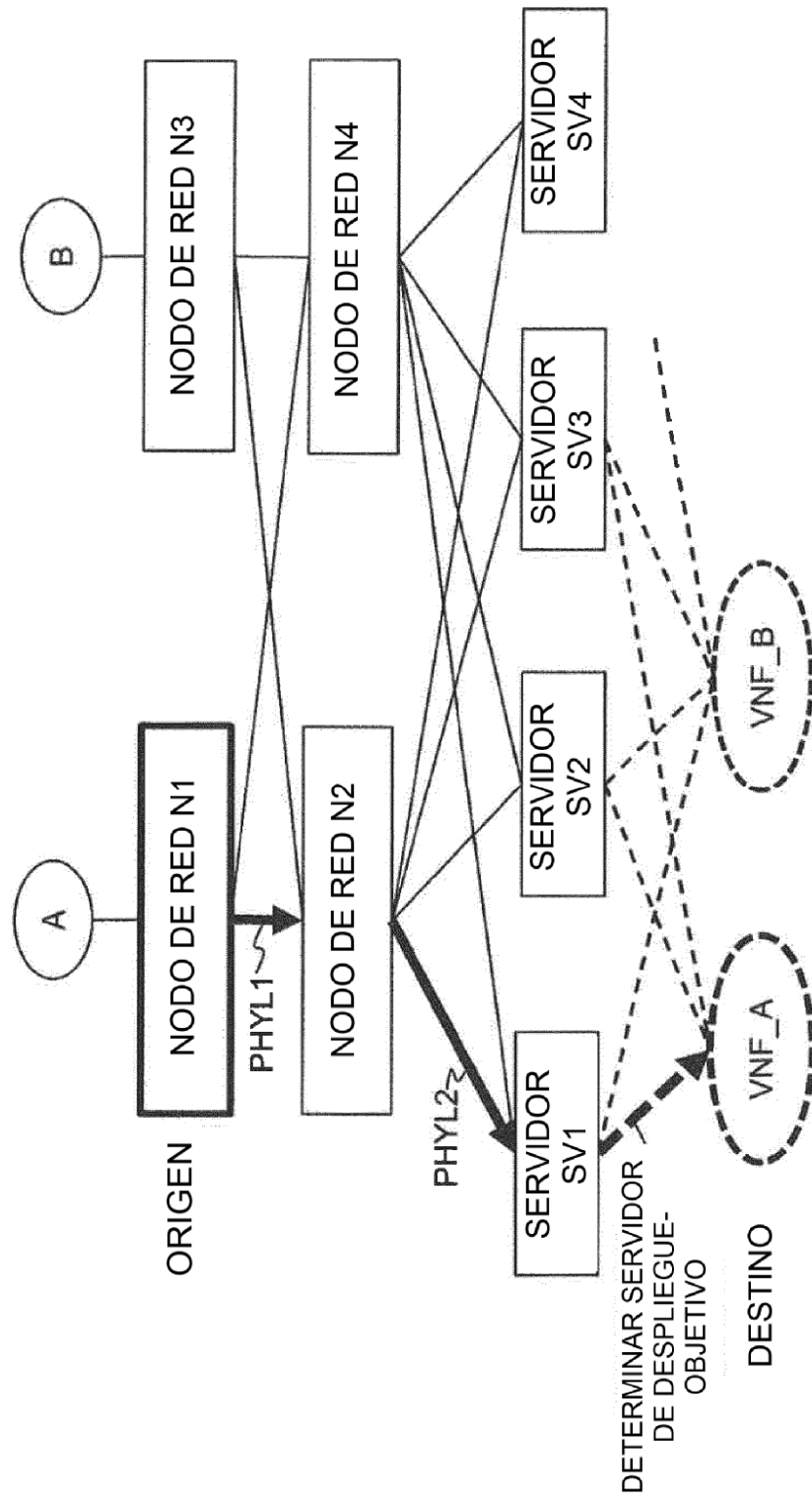


FIG 13

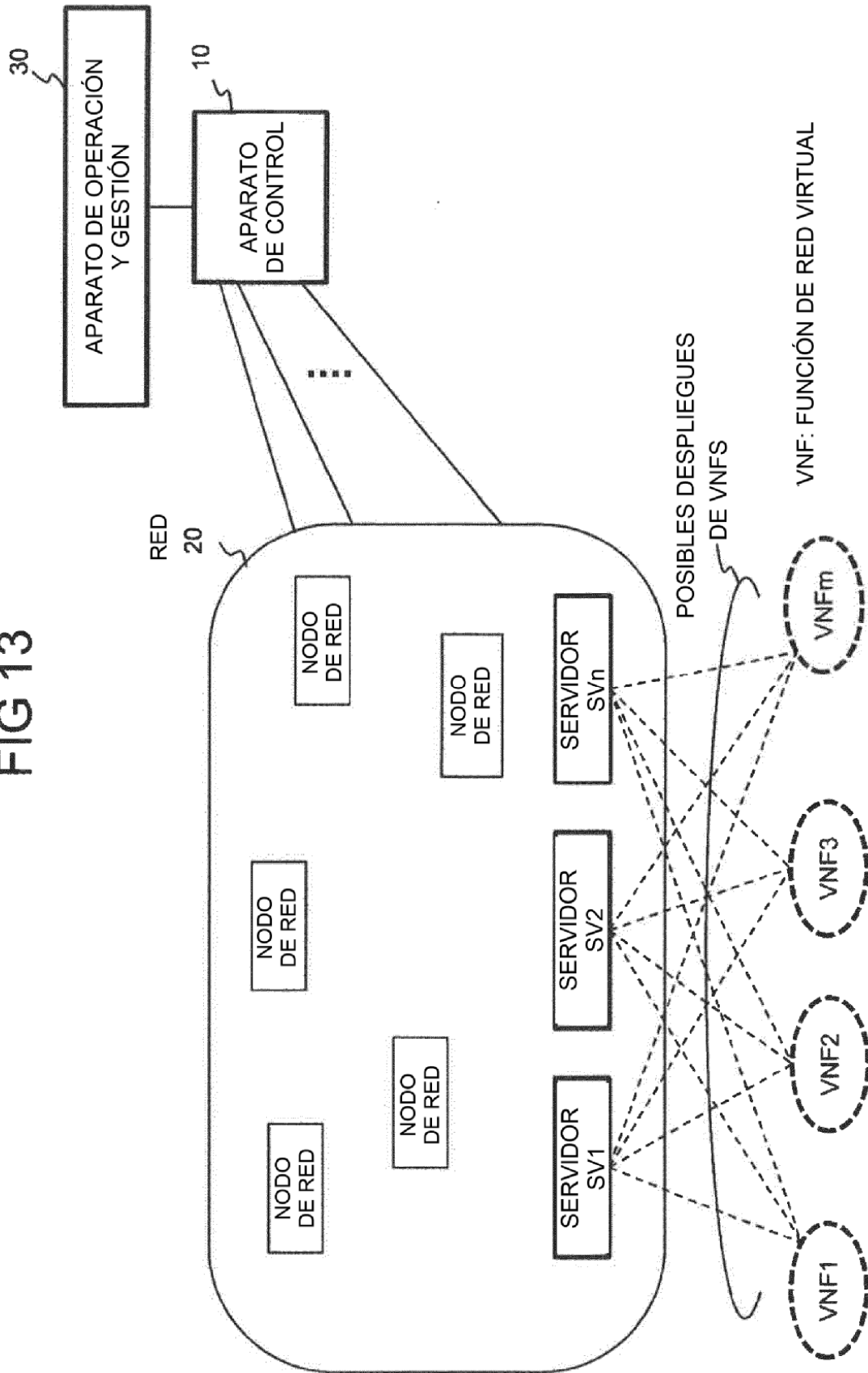


FIG. 14

TERCERA REALIZACIÓN EJEMPLAR

APARATO DE OPERACIÓN
Y GESTIÓN 30

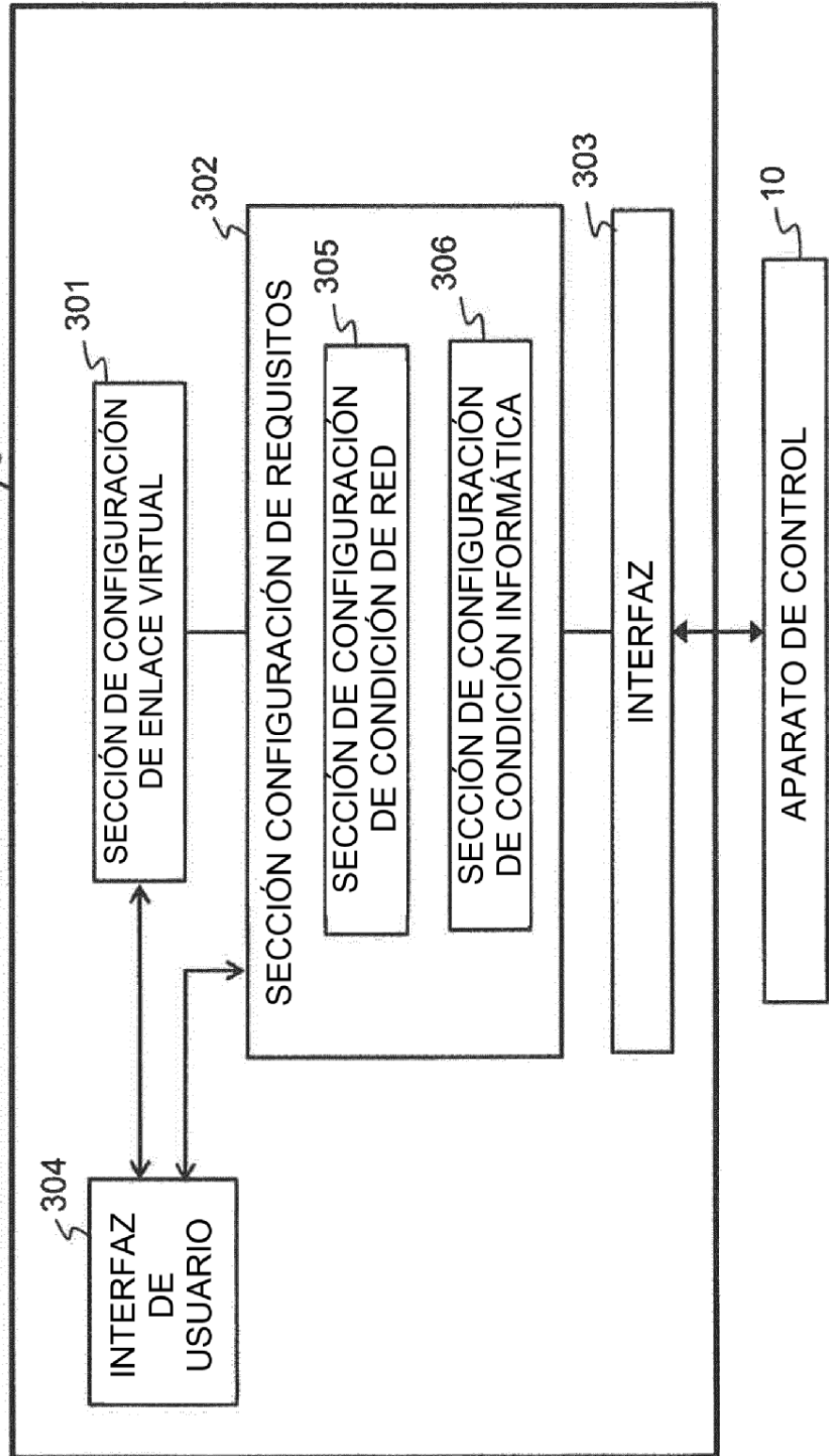


FIG. 15

PANTALLA DE OPERACIÓN Y GESTIÓN 400

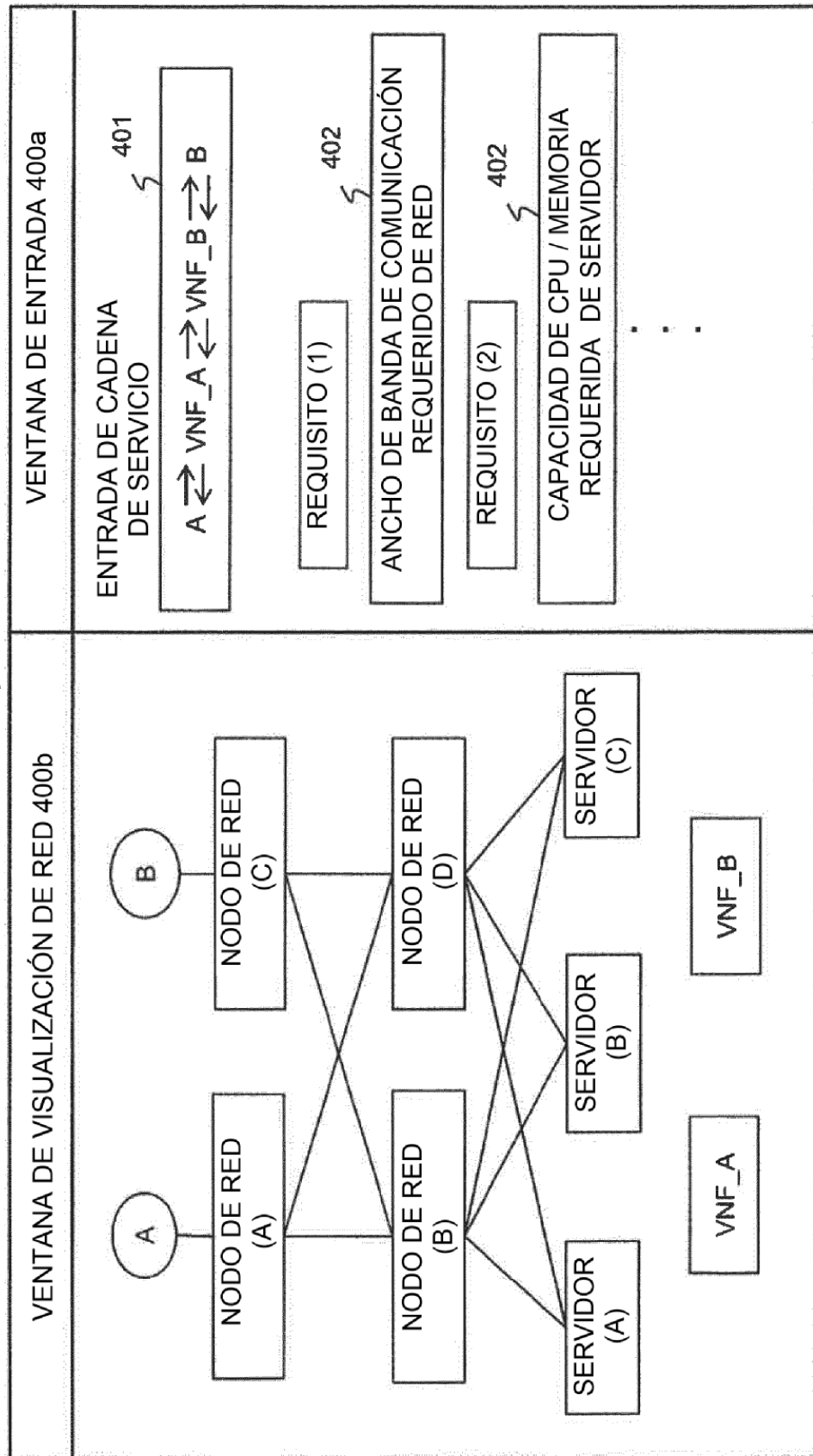


FIG. 16

PANTALLA DE OPERACIÓN Y GESTIÓN 400

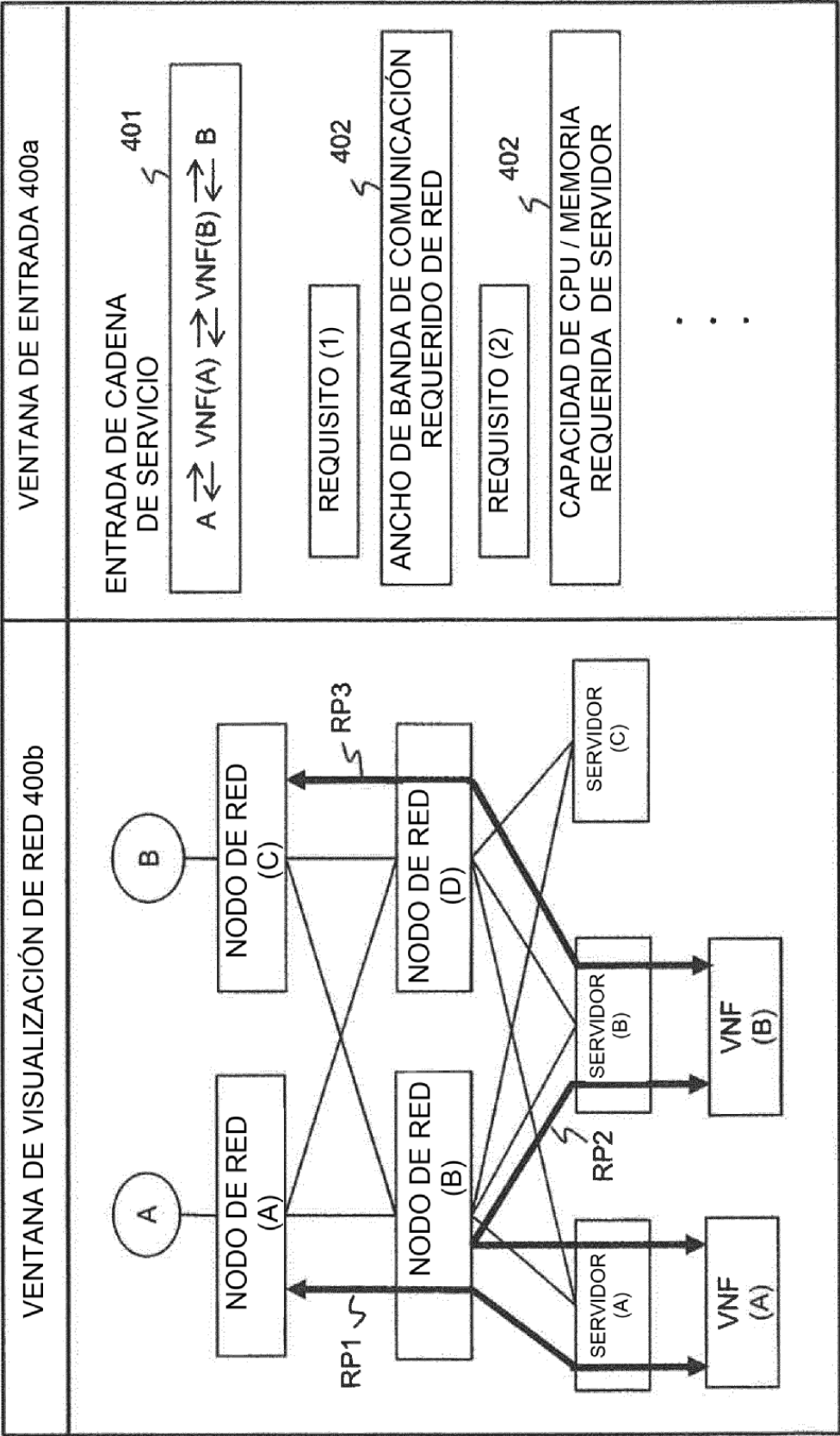


FIG. 17

CUARTA REALIZACIÓN EJEMPLAR

APARATO DE OPERACIÓN
Y GESTIÓN 31

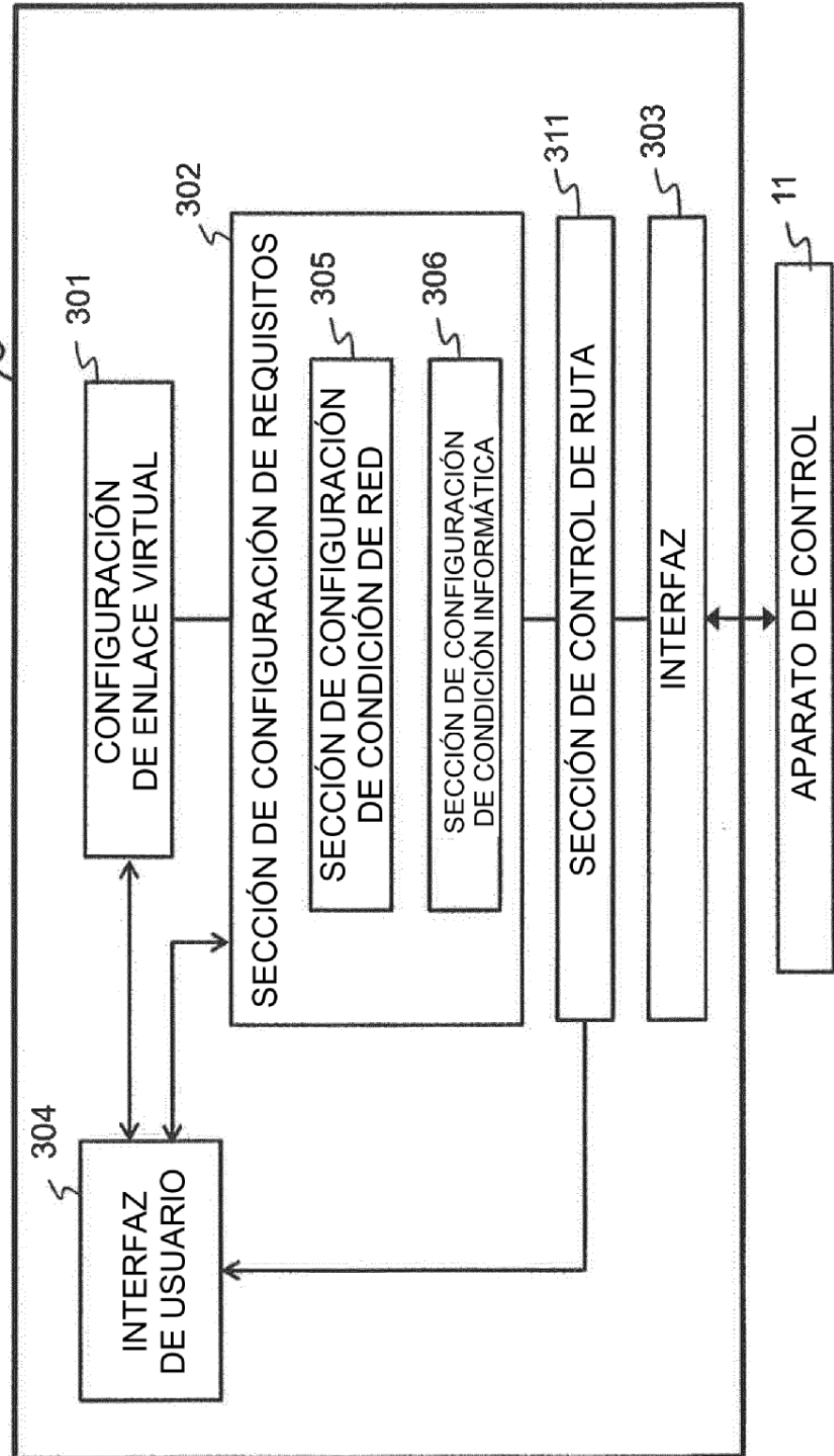


FIG. 18

QUINTA REALIZACIÓN EJEMPLAR

APARATO DE CONTROL 12

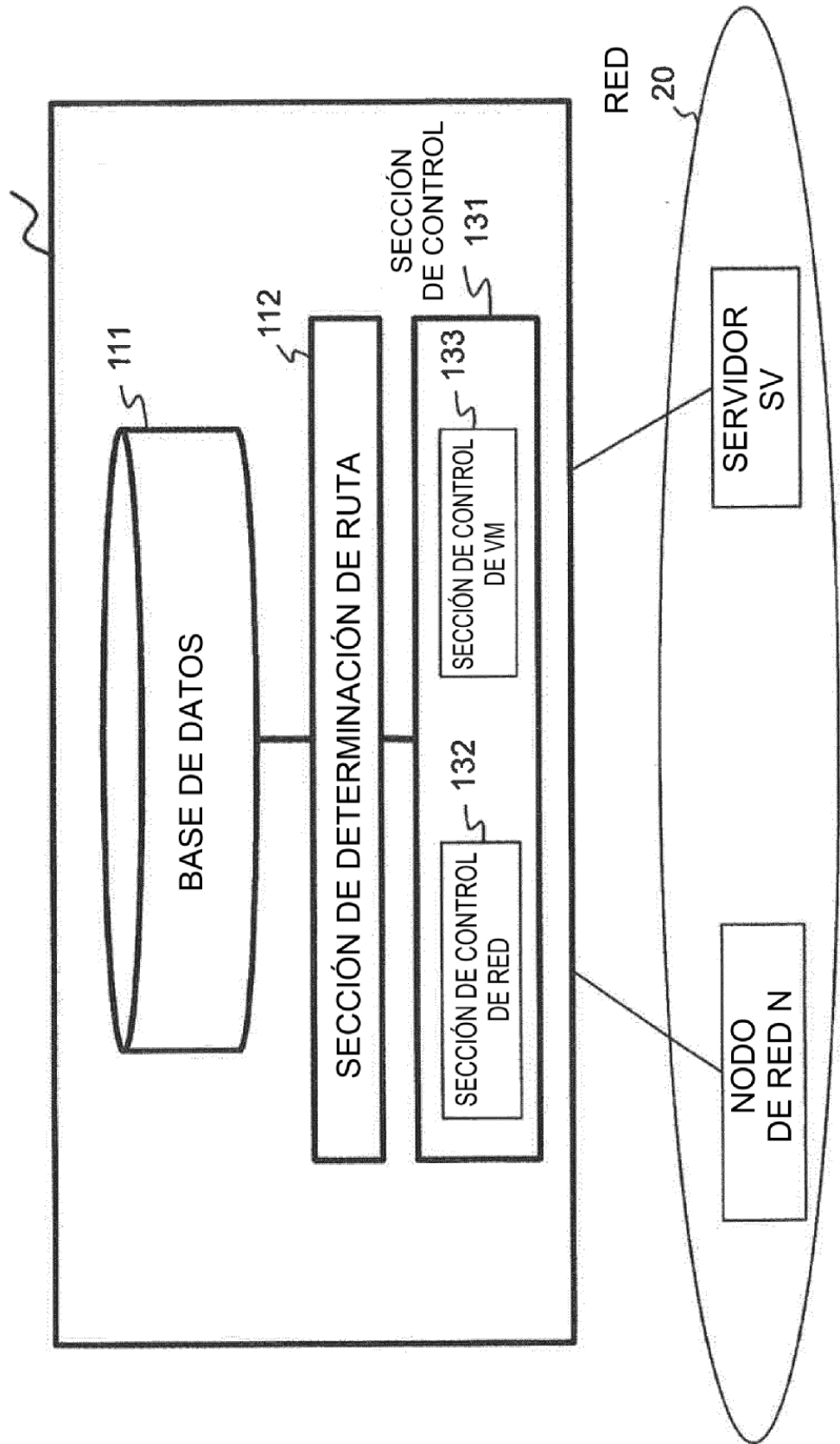


FIG. 19

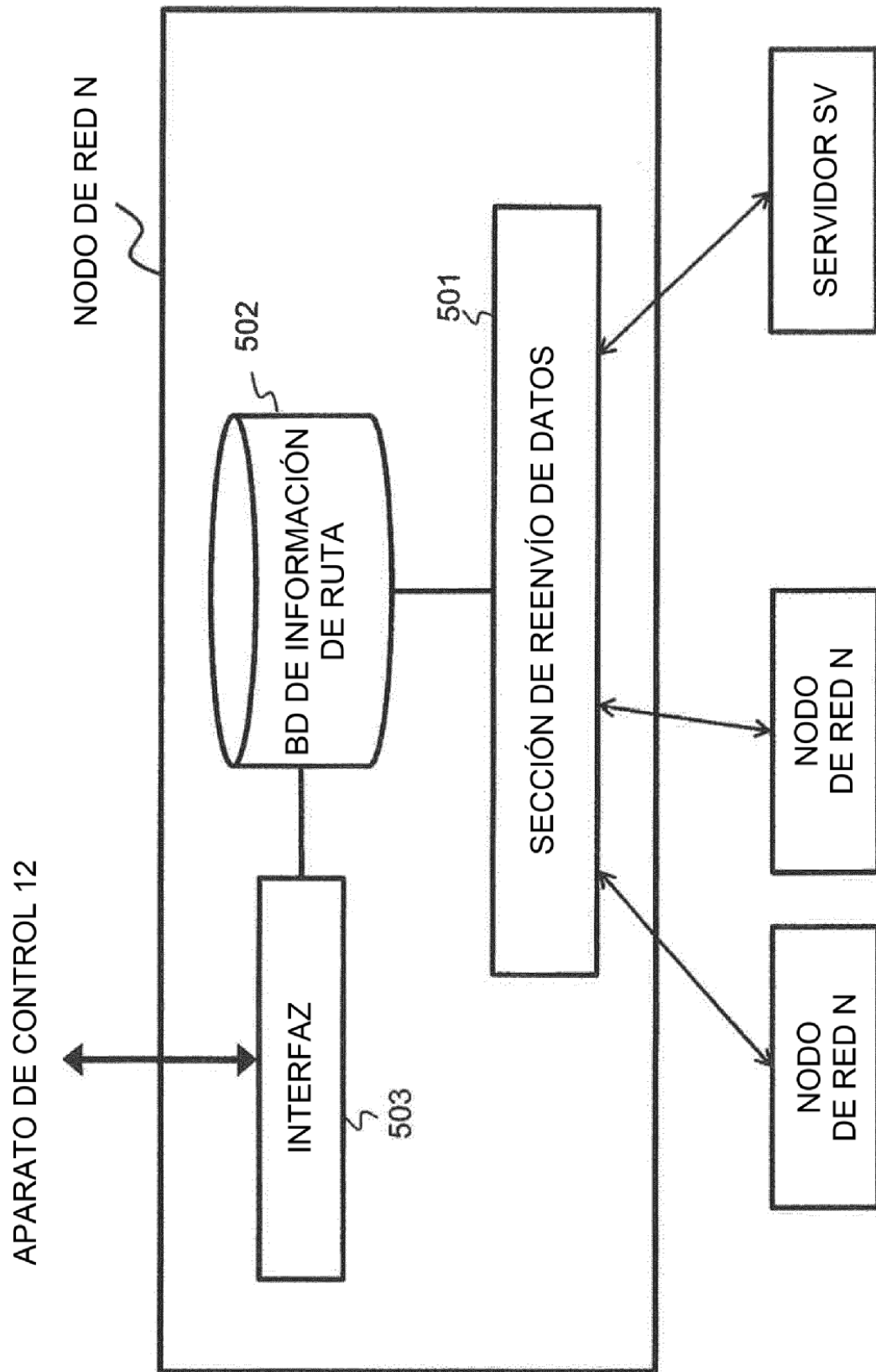


FIG. 20

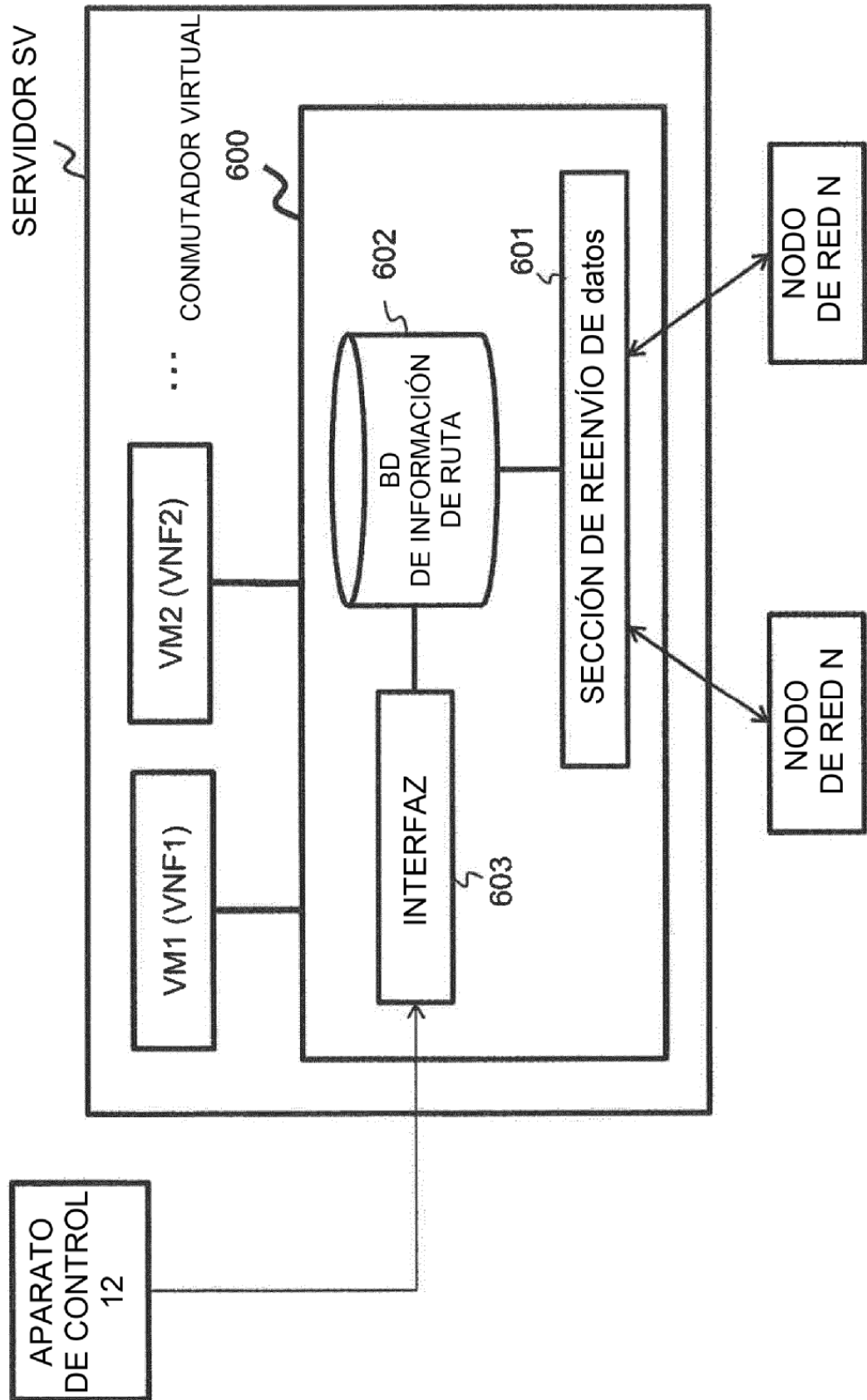


FIG. 21

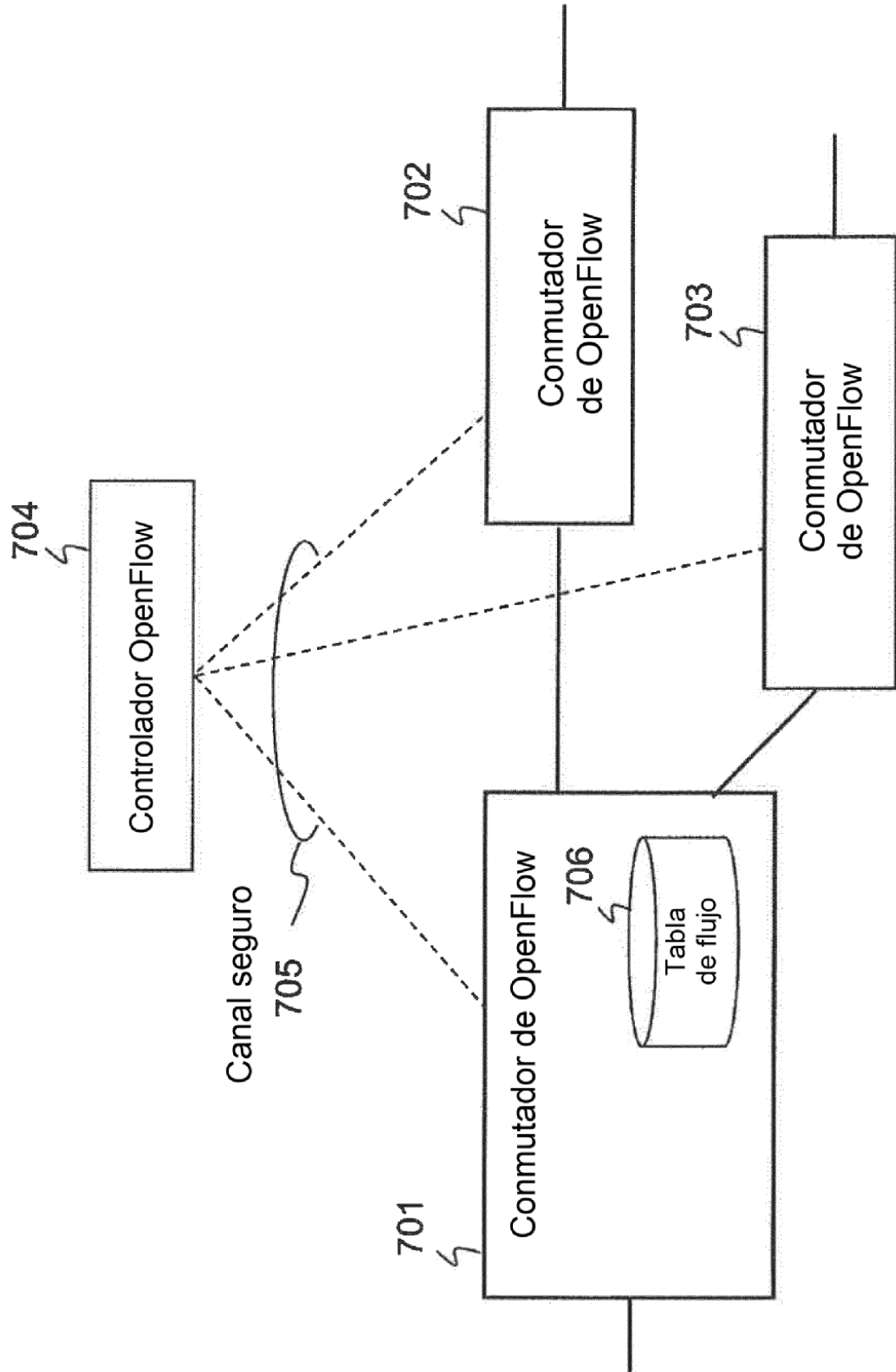


FIG. 22

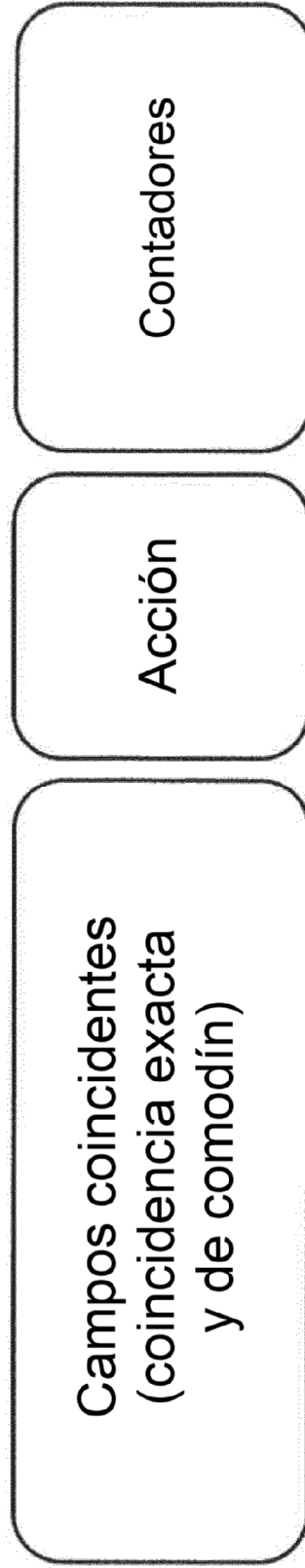


FIG. 23

SEXTA REALIZACIÓN EJEMPLAR

<GRÁFICO DE REENVÍO DE NF>

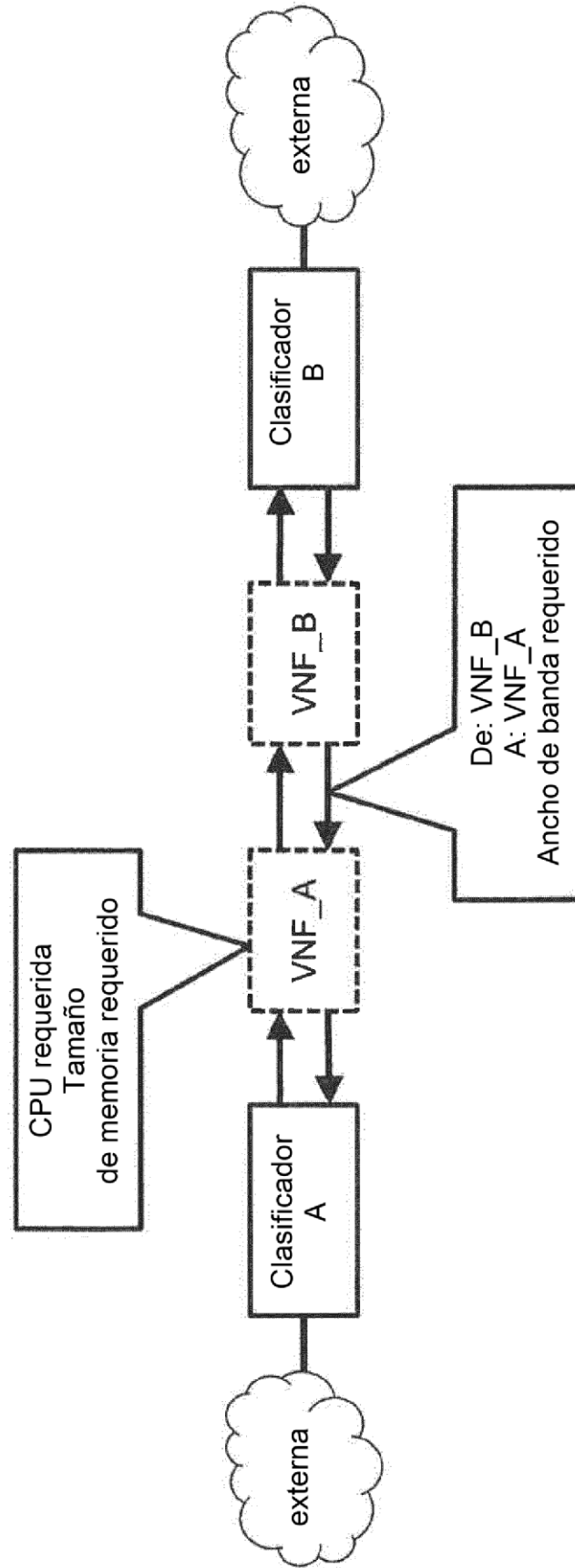


FIG. 24

<TOPOLOGÍA DE RED DE SUPERPOSICIÓN>

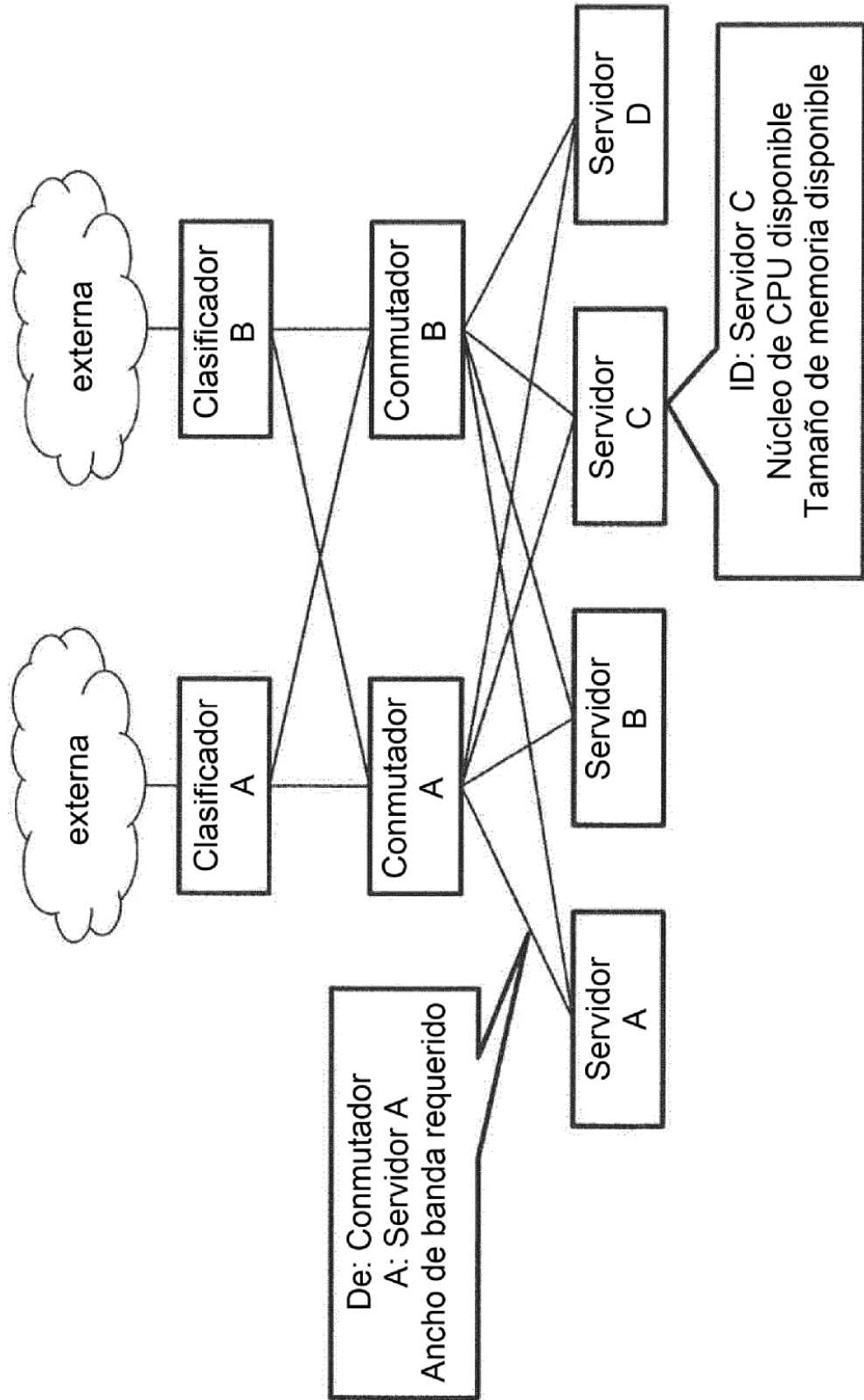


FIG. 25

<TOPOLOGÍA EXTENDIDA>

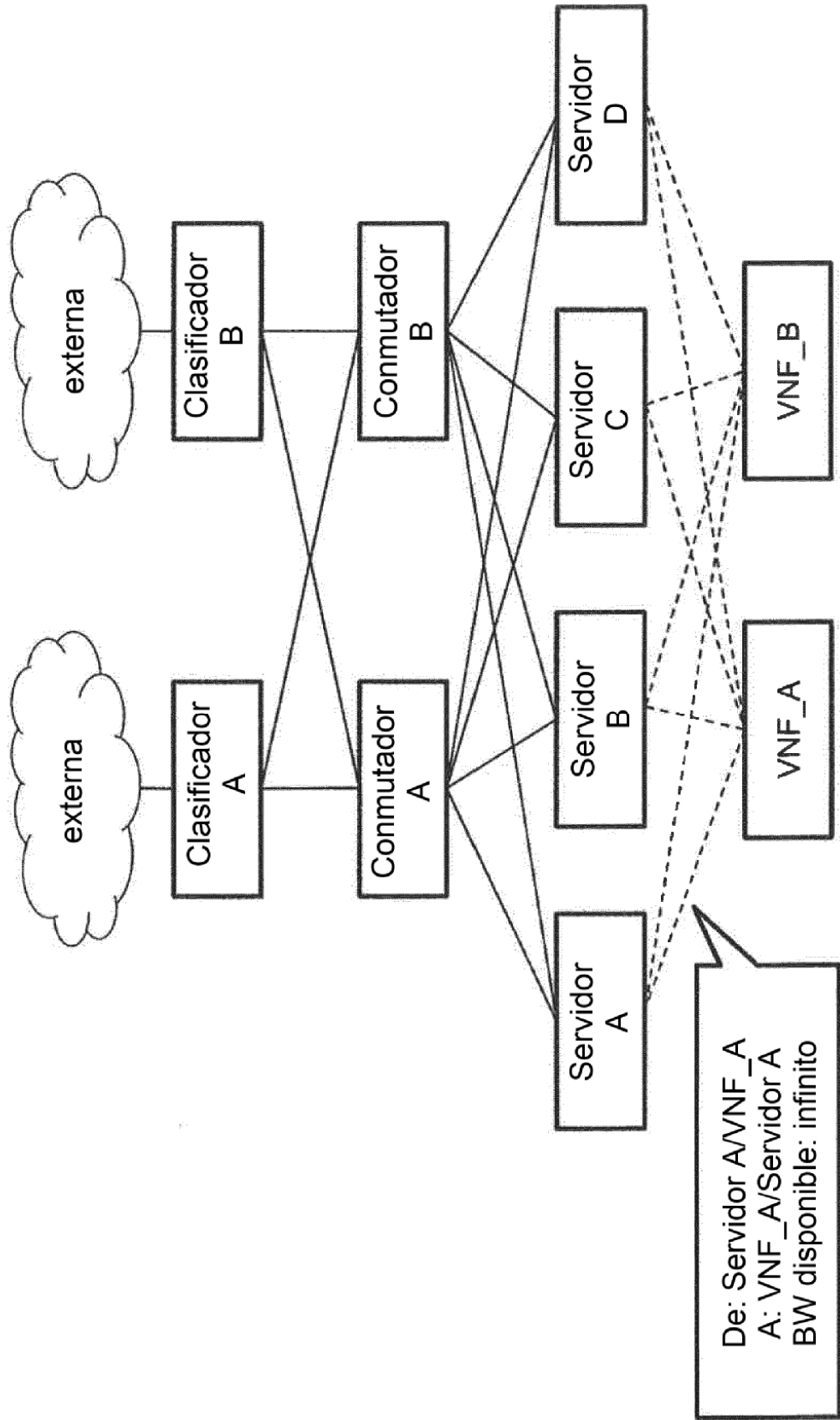


FIG. 26

<DESPLIEGUE DE VNF PARA CADENA DE SERVICIO>

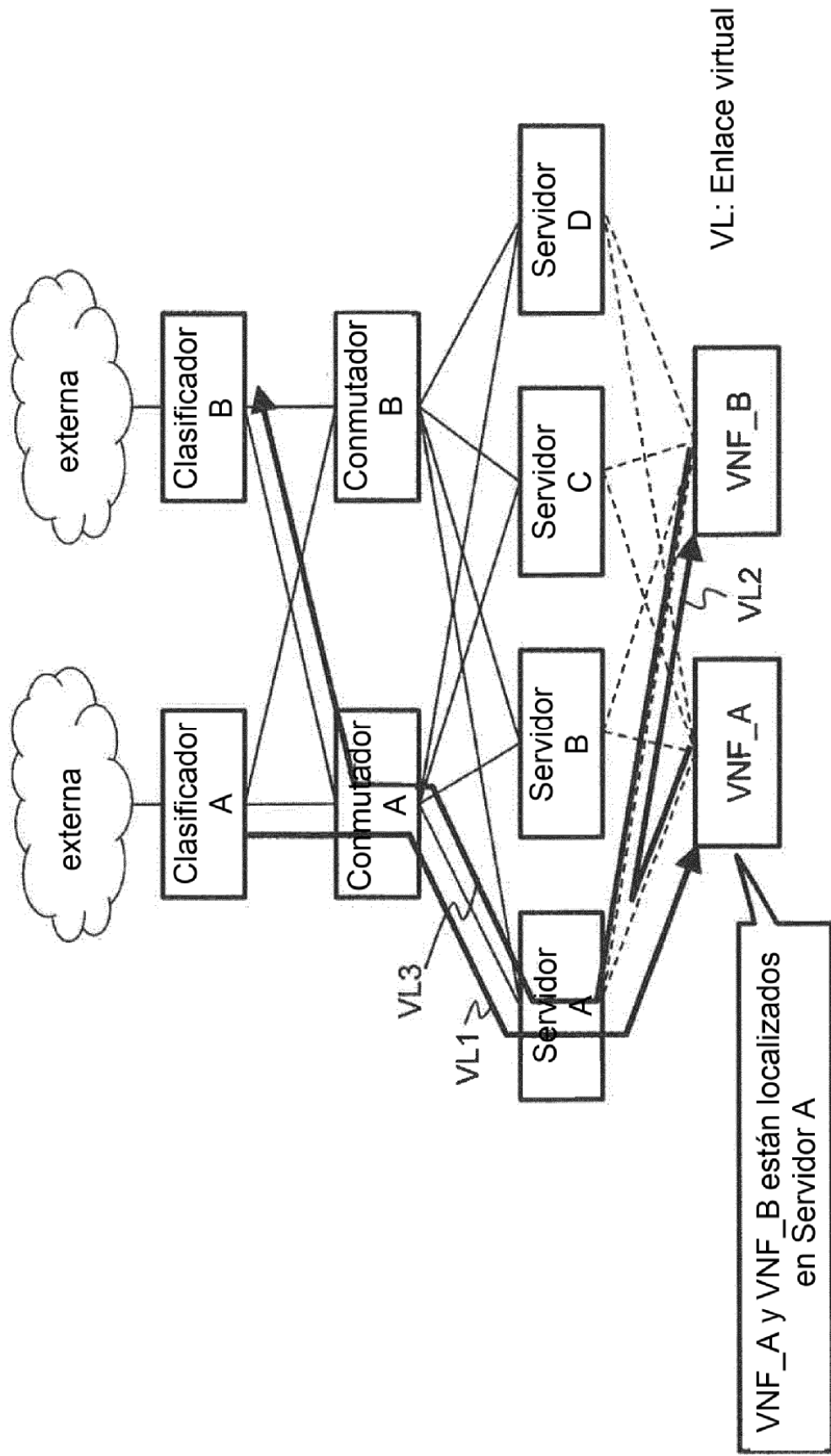


FIG. 27

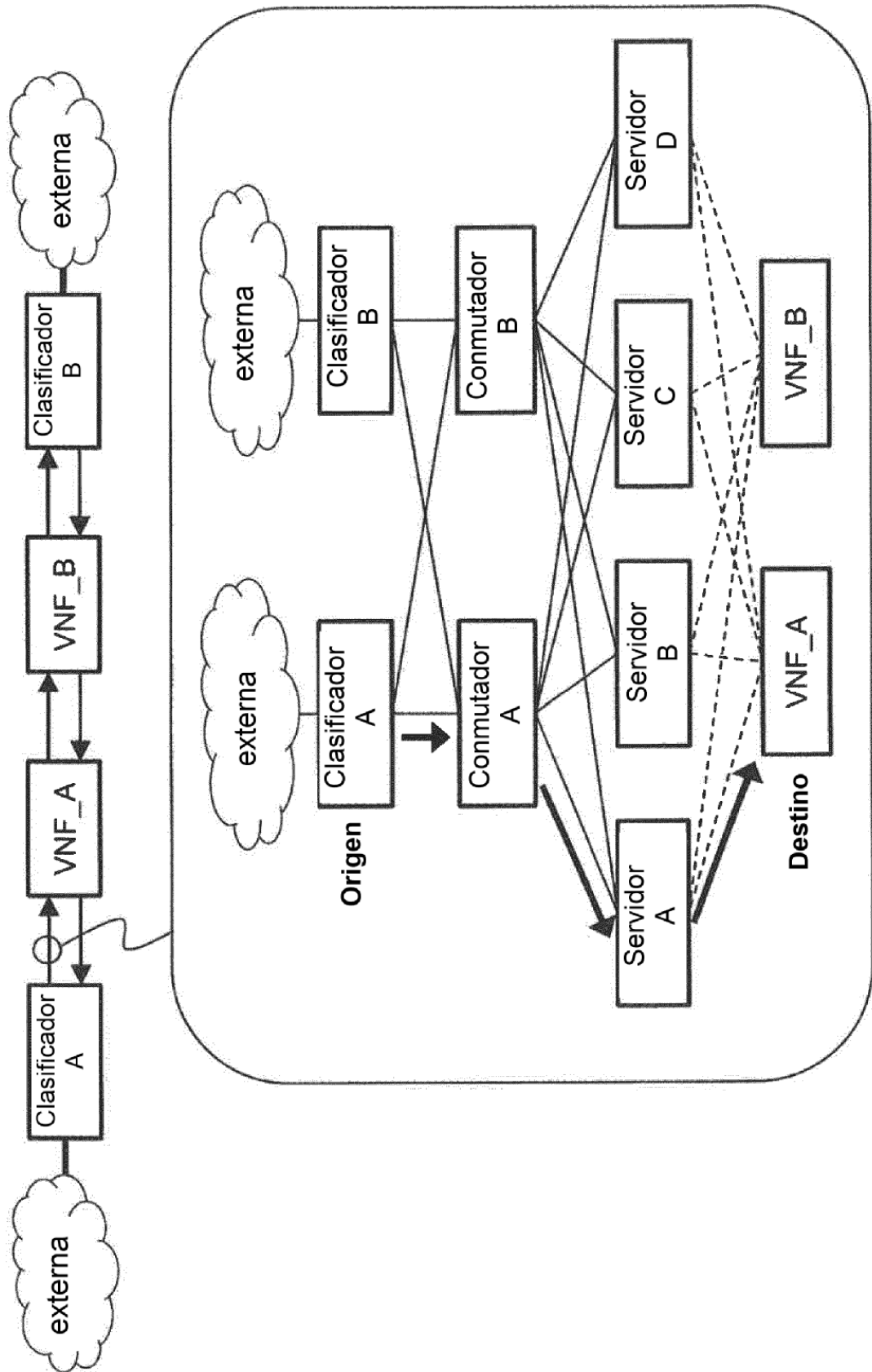


FIG. 28

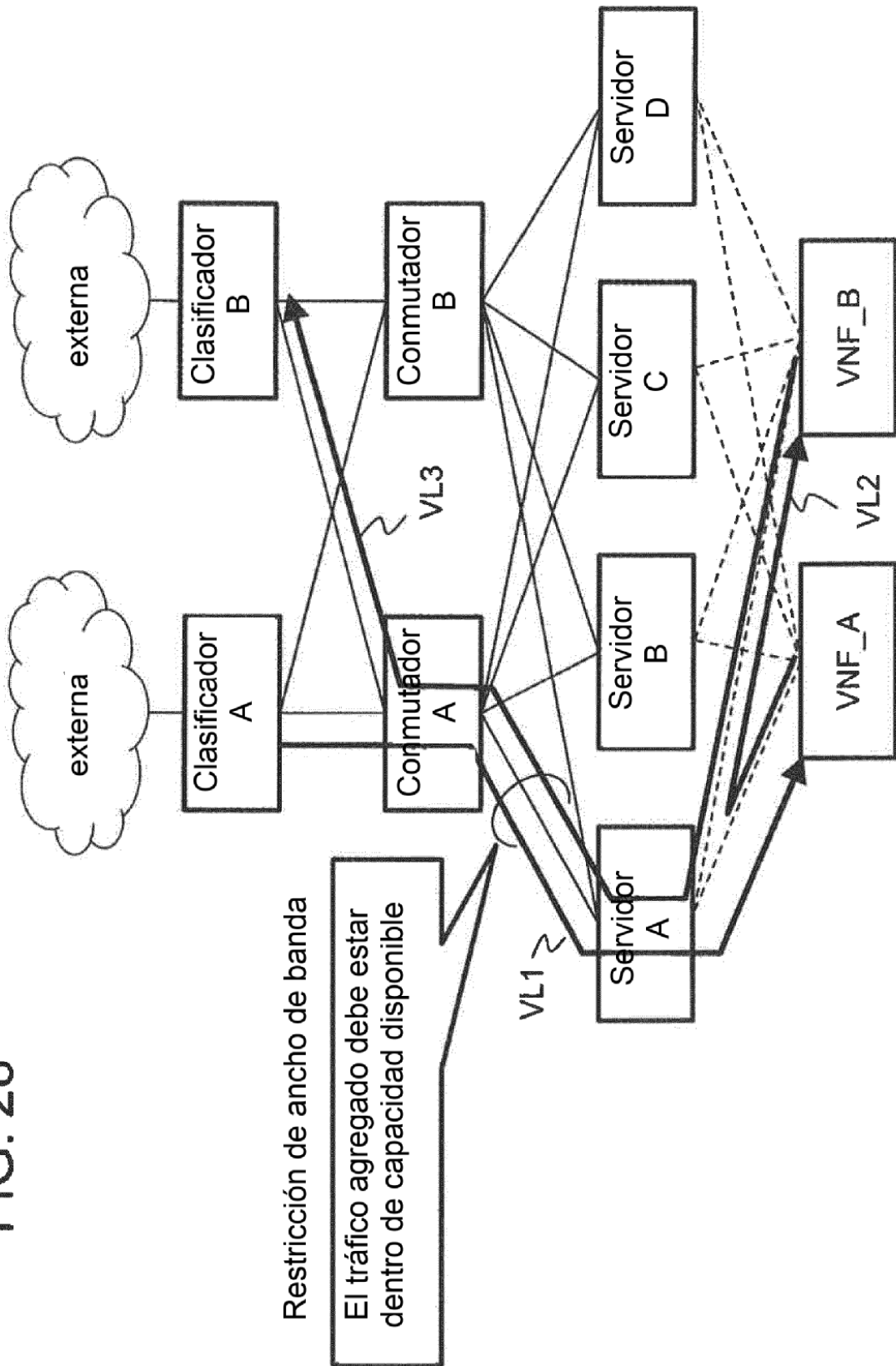


FIG 29

Restricción de computación

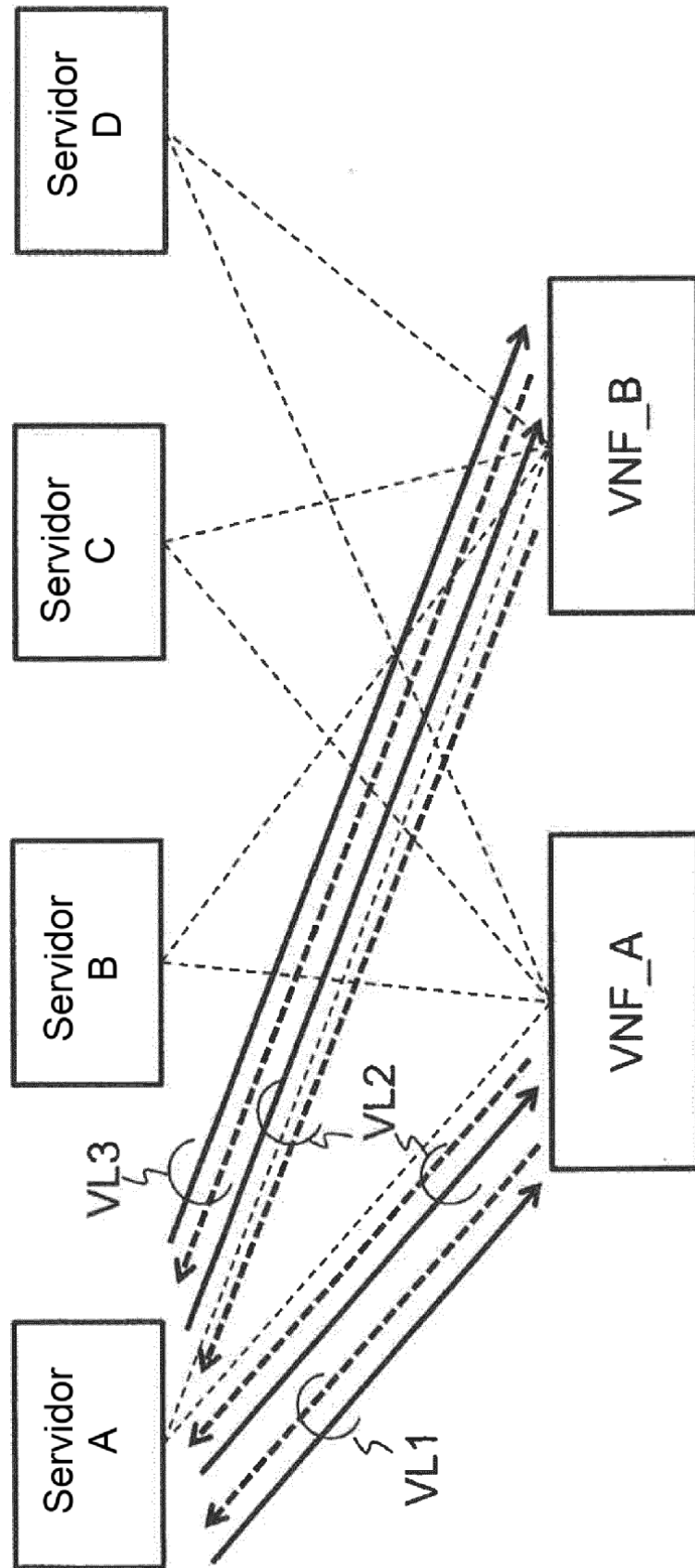


FIG. 30

Restricción de enlace de VNF

