

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 975 987**

51 Int. Cl.:

H04L 41/046 (2012.01)

H04L 12/28 (2006.01)

H04L 41/00 (2012.01)

H04L 41/40 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2014** **E 20177254 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2024** **EP 3780506**

54 Título: **Sistemas, métodos, y aparatos para implementar funciones de agente de gestión persistente (PMA) para el control y la coordinación de componentes de DPU y DSLAM**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.07.2024

73 Titular/es:

ASSIA SPE, LLC (100.0%)
1209 Orange Street, Corporation Trust Center
Wilmington, DE 19801, US

72 Inventor/es:

KERPEZ, KEN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 975 987 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

Sistemas, métodos, y aparatos para implementar funciones de agente de gestión persistente (PMA) para el control y la coordinación de componentes de DPU y DSLAM

Campo técnico

El tema descrito en la presente descripción se relaciona generalmente con los campos de la informática y las comunicaciones digitales, y más particularmente, con sistemas, métodos, y aparatos para implementar la virtualización de funciones de nodos de acceso, así como también los sistemas, métodos, y aparatos para implementar funciones de Agente de Gestión Persistente (PMA) para el control y la coordinación de componentes de DPU y DSLAM.

Antecedentes de la invención

No se debe asumir que el tema discutido en la sección de antecedentes es técnica anterior simplemente como resultado de su mención en la sección de antecedentes. De manera similar, no se debe asumir que un problema mencionado en la sección de antecedentes o asociado con el tema de la sección de antecedentes haya sido reconocido previamente en la técnica anterior. El tema en la sección de antecedentes simplemente representa diferentes enfoques, que en sí y de por sí también pueden corresponder a modalidades del tema reivindicado.

En las técnicas de conexión en red las cargas computacionales impuestas a los componentes de red implementados remotamente (por ejemplo, tales como Unidades de Punto de Distribución (DPU) y Multiplexores de Acceso a Línea de Abonado Digital (DSLAM) implementados en el campo) están aumentando, lo que requiere que estos componentes de red asuman mayores roles, mientras al mismo tiempo, el tamaño físico de estas unidades ha tendido a volverse más pequeño. Aunque el tamaño de dichos componentes de red tiende a ser más pequeño, el espacio físico disponible dentro de los gabinetes que contienen dichos componentes puede no obstante verse limitado. Además, la capacidad de refrigeración remota y los requisitos eléctricos a veces se limitan y son universalmente más costosos que el consumo de energía equivalente en un centro de datos bien diseñado.

A diferencia de los componentes de red especializados implementados convencionalmente en el campo, los centros de datos aprovechan el hardware genérico de bajo costo para crear instancias de muchas máquinas virtuales, lo que permite un costo por cálculo significativamente menor en cada una de dichas máquinas virtuales, por debajo de los ordenadores dedicados, y muy por debajo del hardware informático dedicado y los circuitos de equipos ubicados en red.

A medida que los componentes de red se vuelven más pequeños y se implementan más en la red de soporte se vuelven cada vez más caros, cada vez más complejos, y cada vez más difíciles de gestionar. La alimentación de dichos dispositivos puede ser limitada o intermitente, por ejemplo, como sucede comúnmente cuando se interrumpe la alimentación inversa de dichos dispositivos a través de la energía proporcionada por el CPE, ya que algunos dispositivos CPE pueden apagarse y, por lo tanto, detener el flujo de energía al componente de red compatible.

El Nodo de Acceso (también denominado "AN") es el primer punto de integración en la red de acceso. Un Nodo de Acceso puede ser en sí mismo cualquiera de un DSLAM, una DPU, una OLT (unidad de "Terminación de Línea Óptica"), un CMTS ("Sistema de Terminación de Módem por Cable"), un conmutador de integración de Ethernet, etc. A medida que aumentan las velocidades de banda ancha, las velocidades aumentadas exigen la implementación, el soporte, y la utilización de capacidades de programación y procesamiento de señales cada vez más avanzadas para los nodos de acceso, todo lo cual aumenta los requisitos de computación y almacenamiento en los componentes de red implementados remotamente, lo que a su vez reduce las capacidades computacionales y los recursos informáticos disponibles en los nodos de acceso. Al mismo tiempo, los centros de datos y la nube tienen capacidades computacionales y de almacenamiento cada vez mayores a costos cada vez menores mediante el uso de hardware básico. Ahora se están volviendo útiles nuevos métodos para virtualizar las funciones en el nodo de acceso y aprovechar los recursos informáticos virtualizados.

La centralización de ciertos componentes de red implementados remotamente puede ayudar a aliviar algunas de las limitaciones y cargas computacionales impuestas a dichos componentes de campo; sin embargo, las entidades convencionalmente responsables de fabricar dichos componentes aún no han proporcionado ningunas soluciones viables.

El estado actual de la técnica puede beneficiarse por tanto de sistemas, métodos, y aparatos para implementar la virtualización de funciones de nodo de acceso, así como también de los sistemas, métodos, y aparatos para implementar funciones de Agente de Gestión Persistente (PMA) para el control y la coordinación de los componentes de DPU y DSLAM como se describió en la presente descripción.

El documento US 2014/023366 A1 describe un sistema DPOE y un método y red de autoconfiguración de servicios basados en ese sistema, en donde el sistema DPOE incluye una unidad de adquisición; una unidad de análisis; y

una unidad de configuración; la red de configuración automática de servicios que incluye un sistema DPOE, un sistema de gestión administrativa y una ONU; el método de configuración automática del servicio basado en ese sistema que incluye: el sistema DPOE adquiere un archivo de configuración del sistema de gestión administrativa, en donde el archivo de configuración incluye la información de configuración de la ONU e información de configuración de un OLT en el sistema DPOE; el sistema DPOE analiza el archivo de configuración y que obtiene la información de configuración de la ONU y la información de configuración del OLT; configurar el OLT localmente y configurar la ONU a través de un canal de gestión entre el OLT y la ONU.

El documento US 2011/131624 A1 describe un método para la conversión de configuración, que incluye: conmutar un modo de trabajo a un modo de Módem por Cable virtual de acuerdo con un mensaje de notificación de conmutación de modo virtual enviado por un Terminal de Línea Óptima; obtener la primera información de configuración de un Sistema de Soporte de Operaciones, la primera información de configuración que es la información de configuración basada en DOCSIS; convertir la primera información de configuración en una segunda información de configuración, la segunda información de configuración que es información de configuración basada en PON; implementar la configuración de parámetros locales de acuerdo con la segunda información de configuración basada en PON; y enviar un mensaje de configuración completa al OLT después de que se complete la configuración.

Resumen de la invención

La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de las figuras

Las modalidades se ilustran a manera de ejemplo, y no a modo de limitación, y pueden entenderse más completamente con referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considera en relación con las figuras en las que:

La Figura 1 ilustra una arquitectura ilustrativa en la que pueden operar las modalidades;

La Figura 2 representa otra arquitectura ilustrativa de acuerdo con las modalidades descritas;

La Figura 3 representa una arquitectura ilustrativa alternativa de acuerdo con las modalidades descritas;

La Figura 4 representa una arquitectura ilustrativa alternativa de acuerdo con las modalidades descritas;

La Figura 5 representa una arquitectura ilustrativa alternativa de acuerdo con las modalidades descritas;

La Figura 6 representa una arquitectura ilustrativa alternativa de acuerdo con las modalidades descritas;

La Figura 7 representa un diagrama de flujo de un método para implementar un algoritmo VANF para la gestión de tráfico, energía, y vectorización;

La Figura 8 representa una arquitectura ilustrativa alternativa de acuerdo con las modalidades descritas;

La Figura 9 ilustra una representación esquemática de un sistema de acuerdo con el cual las modalidades pueden funcionar, instalarse, integrarse, o configurarse;

La Figura 10 representa un diagrama de flujo de un método para implementar la virtualización de funciones del nodo de acceso;

La Figura 11 ilustra una representación esquemática de un sistema de acuerdo con el cual las modalidades pueden funcionar, instalarse, integrarse, o configurarse;

La Figura 12 representa un diagrama de flujo de un método para implementar funciones de Agente de Gestión Persistente (PMA) para el control y la coordinación de componentes de DPU y DSLAM; y

La Figura 13 ilustra una representación esquemática de una máquina en la forma ilustrativa de un sistema informático.

Descripción detallada

En la presente descripción se describen aparatos, sistemas y métodos para implementar la virtualización de funciones de nodo de acceso, así como también los sistemas, métodos, y aparatos para implementar funciones de Agente de Gestión Persistente (PMA) para el control y la coordinación de componentes de DPU y DSLAM.

De acuerdo con una modalidad, un sistema ilustrativo o método implementado por ordenador para implementar la virtualización de funciones del nodo de acceso puede incluir, por ejemplo: una memoria para almacenar instrucciones para su ejecución; uno o más procesadores para ejecutar las instrucciones; una interfaz de plano de control para interconectar de manera comunicable el sistema con un nodo de acceso a través de una red, en la que el nodo de acceso se acopla físicamente con una pluralidad de líneas de banda ancha; un módulo virtualizado para proporcionar una implementación virtualizada de una pluralidad de funciones del nodo de acceso en el sistema, en el que el módulo virtualizado se ejecuta en una infraestructura informática virtualizada; la interfaz del plano de control del sistema para recibir datos operativos actuales y condiciones operativas actuales para la pluralidad de líneas de banda ancha desde el nodo de acceso; el módulo virtualizado para actualizar la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones del nodo de acceso en el sistema de acuerdo con los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas desde el nodo de acceso; un módulo de análisis para analizar los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas desde el nodo de acceso; un módulo de instrucciones para generar parámetros de control para afectar la operación del nodo de acceso en base al análisis de los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas; y la interfaz del plano de control para enviar los parámetros de control al nodo de acceso para su adopción en el nodo de acceso.

De acuerdo con una modalidad diferente, un sistema ilustrativo o método implementado por ordenador para implementar funciones de Agente de Gestión Persistente (PMA) para el control y la coordinación de componentes de DPU y DSLAM puede incluir, por ejemplo: una memoria para almacenar instrucciones para su ejecución; uno o más procesadores para ejecutar las instrucciones; un módulo virtualizado que opera en una infraestructura informática virtualizada, en el que el módulo virtualizado debe proporcionar una implementación virtualizada de una pluralidad de funciones asociadas con una o más Unidades de Punto de Distribución (DPU) y/o Multiplexores de Acceso a Línea de Abonado Digital (DSLAM) ubicados remotamente, cada una de las una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente que tiene una pluralidad de líneas de banda ancha acopladas a las mismas; en el que el módulo virtualizado es para controlar adicionalmente las funciones de Agente de Gestión Persistente (PMA) y controlar la coordinación de una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente y la pluralidad de líneas de banda ancha acopladas con la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente mediante la virtualización de una o más funciones de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente para operar en la infraestructura informática virtualizada; y una interfaz de red para recibir datos y enviar instrucciones de control para el funcionamiento de la pluralidad de líneas de banda ancha hacia y desde la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente.

Dichos medios permiten la virtualización y centralización de la funcionalidad implementada en componentes de red remotos en entornos más rentables y de fácil mantenimiento, tales como centros de datos especialmente diseñados. Muchas funciones que se implementan y llevan a cabo convencionalmente mediante componentes de red implementados remotamente no requieren necesariamente hardware especializado, y como tal, pueden abstraerse de los dispositivos físicos mediante esfuerzos de virtualización. Sin embargo, las soluciones convencionales hasta la fecha no han permitido tales esfuerzos.

Por ejemplo, la implementación de tecnologías VDSL ("Línea de Abonado Digital de Muy alta velocidad de bits") requiere conjuntos de chips especializados; sin embargo, dichos fabricantes de chips simplemente no proporcionan soporte directo para la abstracción y virtualización de capacidades VDSL implementadas de remotamente. Dentro de un DSLAM con capacidad VDSL se requiere un procesador dedicado que extrae energía remota costosa proporcionada a implementaciones de campo, tales como gabinetes de equipos de red, etc. Por el contrario, descargar varias funciones del equipo implementado de forma remota para su procesamiento en otra ubicación de construcción específica, como un centro de datos, proporciona eficiencia computacional, permite el acceso a electricidad y refrigeración de menor costo, y puede servir para simplificar el mantenimiento, las actualizaciones, la gestión, y la reconfiguración a través de las economías de escala y centralización inherentes a dichos centros de datos, frente a las muchas ubicaciones de campo distribuidas en las que se implementan los elementos de red.

Por ejemplo, considere un centro de datos con miles de bastidores, cada uno que tiene una docena de unidades montables en bastidor, cada uno con una docena de servidores tipo blade, cada servidor blade que tiene una docena de procesadores y cada procesador que tiene, por ejemplo, 16 núcleos de procesamiento, con cada núcleo de procesamiento capaz de soportar diferentes funciones virtualizadas o Máquinas Virtualizadas (VM). Un entorno así ciertamente no está exento de costos incluidos costos de capital, costos de refrigeración, costos de electricidad, y el costo de proporcionar el espacio físico para alojar dichos medios computacionales. Sin embargo, ampliar un entorno de hardware de este tipo en una ubicación centralizada es significativamente menos costoso de operar por máquina virtual que implementar una infraestructura informática en múltiples ubicaciones de campo, la energía para dicho entorno de hardware es menos costosa y puede seleccionarse por motivos de rentabilidad así como también para el acceso a energía respetuosa con el medio ambiente, y el mantenimiento se simplifica adicionalmente ya que es mucho más fácil facilitar las operaciones de miles de máquinas virtuales que residen en el hardware en una única ubicación física que tener que enviar técnicos de mantenimiento literalmente a miles de ubicaciones desplegadas en el campo a lo largo de una gran región geográfica.

La virtualización de las funciones de red las hace fácilmente accesibles y relativamente fáciles de actualizar y gestionar. Las funciones de la red virtual pueden reconfigurarse y encadenarse juntas para crear nuevas capacidades y nuevos servicios de maneras cada vez más flexibles que fomenten la innovación y mejoren la

experiencia de usuario del cliente final. Sin embargo, con la excepción de la funcionalidad administrativa y OSS/BSS, dichas funciones de red para el acceso a la Internet de banda ancha siempre se han realizado dentro de los Elementos de Red (NE) ya que se ha pensado, incorrectamente, que dichas capacidades no pueden abstraerse de los dispositivos de red relevantes, nodos de acceso, o cualesquiera componentes de red que sean responsables de su soporte y ejecución nativos.

La virtualización del nodo de acceso en un entorno de red de banda ancha de este tipo puede entonces beneficiarse, entre otros, de ahorros derivados del uso de infraestructura informática de bajo coste en lugar de informática costosa dentro de los elementos de red; actualizaciones de software en lugar de reemplazos de hardware; utilización de Máquinas Virtuales (VM) que son fácilmente portátiles y fácilmente respaldables en comparación con componentes de red físicos implementados remotamente; procesos de gestión del ciclo de vida rápidos y flexibles; entrega de pedidos más rápida, recuperación más rápida, escalamiento automático de la capacidad según la demanda, etc.; punto de contacto unificado para simplificar la gestión; habilitación de infraestructura compartida; fomento de la innovación de servicios; creación más fácil de nuevas funciones y cambios realizados para cambiar las funciones existentes; utilización del "encadenamiento de servicios" para crear servicios de nivel superior a partir de componentes básicos de nivel inferior; y rendimiento mejorado y QoE (Calidad de Experiencia) para suscriptores de servicios, operadores de redes de banda ancha, técnicos de banda ancha, y clientes y usuarios finales de banda ancha.

Abstraer muchas de las funciones de los componentes de red implementados remotamente y virtualizarlos en núcleos de procesamiento y hardware informático en entornos centralizados o Puntos de Presencia (PoP) puede lograrse sin requerir conjuntos de chips especializados asociados con dichos equipos remotos ya que muchas de estas funciones que se implementan convencionalmente mediante dicho equipo remoto no necesariamente requieren los circuitos especializados. Por ejemplo, el núcleo de un enrutador de Protocolo de Internet (IP) requiere hardware dedicado para un subconjunto de sus funciones, si esas funciones se van a llevar a cabo rápida y eficientemente, sin embargo, otras funciones no requieren los circuitos especializados y pueden llevarse a cabo a través de un servidor dentro del software en cualquier ubicación, independientemente de la ubicación física del dispositivo nativo. Adicionalmente, la virtualización de dichas funciones dentro del software permite además una flexibilidad significativa para las actualizaciones, cambios, y mantenimiento, y estos pueden realizarse en una ubicación centralizada. Un proveedor de servicios en la nube puede por lo tanto implementar la infraestructura para dicha funcionalidad como un servicio a otras entidades, por ejemplo, cuando una primera entidad proporciona el hardware, la infraestructura, y la funcionalidad computacional relevante y el régimen de acceso a través del cual acceder a las funciones virtualizadas y luego una segunda entidad suscribe o compra dichos servicios a la primera, lo que da como resultado una relación comercial mutuamente beneficiosa.

Dicho proveedor de servicios en la nube por lo tanto puede habilitar y proporcionar como un servicio a otras entidades la infraestructura para soportar ciertas ofertas de Virtualización de Servicios de Red (NSV) y/o Redes de Acceso Definidas por Software (SDAN), con el software que realiza las funciones proporcionados por proveedores u operadores, y operados por operadores. Alternativamente, otras entidades pueden crear el software que realiza las funciones, o los operadores pueden realizar ofertas NSV y/o SDAN internamente en su propio hardware dentro de sus propios centros de datos.

Los nodos de acceso usados para Fibra al punto de distribución (FTTdP), también conocidos como DPU o DSLAM, pueden ser muy adecuados para dichos esfuerzos de virtualización. Esto es porque estos nodos de acceso se están volviendo físicamente más pequeños y se están integrando más profundamente en la red, mientras que al mismo tiempo, las velocidades están aumentando y los propios AN están manejando un procesamiento de señales cada vez más complejo lo que ayuda a permitir velocidades de conectividad de banda ancha más rápidas, además, dichos nodos de acceso están realizando procesamiento de señales adicional localmente y operan más rápido en términos de servir el ancho de banda total que se mueve a través de dichos dispositivos, todo lo cual exacerba las demandas problemáticas sobre las capacidades computacionales de dichos dispositivos. Por lo tanto, es necesario lo mismo tener procesadores muy costosos localmente dentro de dichos nodos de acceso para realizar adecuadamente dicha funcionalidad, que la funcionalidad puede realizarse remotamente mediante máquinas virtualizadas soportadas por capacidades de hardware apropiadas, donde dichas funciones pueden abstraerse de los dispositivos implementados remotamente y operarse en dichos servidores de hardware nuevo o VM en una ubicación física diferente.

La Virtualización de Funciones de Red (NFV) está moviendo el procesamiento informático involucrado con las funciones de red desde dichos servidores dedicados, DSLAM, DPU, Nodos de Acceso, y otros dispositivos de red de este tipo a la nube, según lo soportado por los centros de datos u otras implementaciones de Puntos de Presencia (PoP) de infraestructura informática. Cuando se trata de funciones de acceso de banda ancha, se está investigando activamente la virtualización para componentes de red tales como Puerta de Enlace a la Red de Banda Ancha (BNG)/Servidor de Acceso Remoto de Banda Ancha (BRAS) y para la Red de Instalación del Cliente (CPE)/Puerta de Enlace Residencial (RG).

Las metodologías descritas en la presente descripción proporcionan medios mediante los cuales virtualizar dichas funciones, y en particular, funciones asociadas con el Nodo de Acceso (AN) (por ejemplo, ya sea un conmutador de

agregación DSLAM, DPU, OLT, CMTS o Ethernet) como lo que pueden denominarse Funciones de Nodo de Acceso Virtualizadas (VANF). Dichos sistemas, métodos, y aparatos para implementar la virtualización de las funciones de nodo de acceso, así como también los sistemas, métodos, y aparatos para implementar funciones de Agente de Gestión Persistente (PMA) para el control y la coordinación de los componentes DPU y DSLAM hasta la fecha no se han considerado o abordado en las técnicas convencionales porque son nuevas o porque otros simplemente han asumido que dichas funciones deben ubicarse dentro del propio nodo de acceso implementado remotamente. Los medios descritos en la presente descripción por lo tanto adoptan una visión algo contraria al abstraer dichas funciones de los AN desplegados en el campo y permitir la virtualización y el uso de dichas funciones en una ubicación diferente.

Muchas funciones de gestión y control de la red de acceso de banda ancha realizadas actualmente en el nodo de acceso son adecuadas sin embargo para la virtualización y ejecución remota desde su equipo nativo (por ejemplo, ejecutar dichas funciones en un centro de datos en lugar de en un AN implementado en el campo). Igualmente hay muchas nuevas funciones de red que pueden realizarse lo mismo en un nodo de acceso localmente que realizarse mediante las Funciones de Nodo de Acceso Virtualizadas (VANF) descritas en la presente descripción.

Las modalidades descritas en la presente descripción proporcionan específicamente medios y metodologías mediante las cuales virtualizar funciones de red específicas que convencionalmente se realizan localmente en un nodo de acceso de banda ancha implementado remotamente en el campo.

En la descripción siguiente, numerosos detalles específicos se establecen tales como los ejemplos de los sistemas, lenguajes, componentes, etc. específicos, para proporcionar un entendimiento total de las varias modalidades. Será evidente, sin embargo, para un experto en la técnica que estos detalles específicos no necesitan emplearse para llevar a la práctica las modalidades descritas. En otros casos, no se han descrito en detalle los materiales o métodos bien conocidos para evitar oscurecer innecesariamente las modalidades descritas.

Además de varios componentes de hardware representados en las figuras y descritos en la presente descripción, las modalidades incluyen además varias operaciones que se describen a continuación. Las operaciones descritas de acuerdo con dichas modalidades pueden realizarse mediante componentes de hardware o pueden llevarse a la práctica en instrucciones ejecutables por máquina, que pueden usarse para hacer que un procesador de propósito general o de propósito especial programado con las instrucciones realice las operaciones. Alternativamente, las operaciones pueden realizarse mediante una combinación de hardware y software, que incluye instrucciones de software que realizan las operaciones descritas en la presente descripción a través de la memoria y uno o más procesadores de una plataforma informática.

Las modalidades también se refieren a un sistema o aparato para realizar las operaciones en la presente descripción. El sistema o aparato descrito puede construirse especialmente para los propósitos deseados, o puede comprender un ordenador de propósito general activado o reconfigurado selectivamente mediante un programa informático almacenado en el ordenador. Dichos programas informáticos pueden almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador, tal como, pero no se limita a, cualquier tipo de disco que incluye disquetes, discos ópticos, flash, NAND, discos de estado sólido (SSD), CD-ROM, y discos magnético-ópticos, memorias de solo lectura (ROM), memorias de acceso aleatorio (RAM), EPROM, EEPROM, tarjetas magnéticas u ópticas, o cualquier tipo de medio adecuado para almacenar instrucciones electrónicas no transitorias, cada uno acoplado a un bus del sistema informático. En una modalidad, un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene instrucciones almacenadas en el mismo, hace que uno o más procesadores dentro de un aparato realicen los métodos y las operaciones que se describen en la presente descripción. En otra modalidad, las instrucciones para realizar dichos métodos y operaciones se almacenan en un medio legible por ordenador no transitorio para su posterior ejecución.

Los algoritmos y pantallas presentadas en la presente descripción no se relacionan inherentemente con algún ordenador u otro aparato particular ni son modalidades descritas con referencia a algún lenguaje de programación particular. Se apreciará que una variedad de lenguajes de programación puede usarse para implementar las enseñanzas de las modalidades como se describió en la presente descripción.

La Figura 1 ilustra una arquitectura ilustrativa 100 en la que pueden operar las modalidades. Los sistemas de Línea de Abonado Digital Asimétrica (ADSL) (una forma de los sistemas de Línea de Abonado Digital (DSL)), que pueden incluir o no divisores, operan de conformidad con los diversos estándares aplicables tales como ADSL1 (G.992.1), ADSL-Lite (G.992.2), ADSL2 (G.992.3), ADSL2-Lite G.992.4, ADSL2+ (G.992.5) y los estándares emergentes Línea de Abonado Digital de Muy Alta Velocidad o Línea de Abonado Digital de Muy Alta Velocidad de Bits (VDSL) G.993.X, así como también los estándares G.991.1 y G.991.2 Línea de Abonado Digital de Alta velocidad de Par Único (SHDSL), todos con y sin vinculación, y/o el estándar G.997.1 (también conocido como G.ploam).

De acuerdo con las modalidades descritas en la presente descripción, los consumidores usuarios finales, incluidos los consumidores residenciales y los consumidores comerciales, pueden conectarse a la Internet por medio de una conexión de retorno de Red de Área Amplia (WAN) a un Proveedor de Servicios (SP), tal como un Proveedor de Servicios de Internet (ISP), o a un Proveedor de Servicios que proporciona una o más de conectividad de datos,

conectividad de voz, conectividad de video, y conectividad de dispositivos móviles a una pluralidad de suscriptores. Dichos Proveedores de Servicios pueden incluir un proveedor de servicios de internet de Línea de Abonado Digital (DSL) que proporciona a sus usuarios finales abonados ancho de banda de Internet al menos parcialmente a través de líneas telefónicas de par trenzado de cobre, como las utilizadas convencionalmente para transportar servicios telefónicos analógicos (por ejemplo, Servicio Telefónico Antiguo Básico (POTS); un proveedor de servicios de internet por cable coaxial que proporciona a los usuarios finales ancho de banda de Internet al menos parcialmente a través de cable coaxial, como el utilizado convencionalmente para transmitir señales de televisión por "cable"; o un proveedor de servicios de internet de fibra óptica que proporciona a los usuarios finales con ancho de banda de Internet a través de cable de fibra óptica que termina en las instalaciones del cliente. También existen otras variantes, como los ISP que proporcionan ancho de banda de Internet como una señal analógica a través de una conexión telefónica analógica, los ISP que proporcionan ancho de banda de Internet a través de una conexión satelital unidireccional o bidireccional, y los ISP que proporcionan ancho de banda de Internet al menos parcialmente a través de líneas eléctricas, tales como líneas eléctricas utilizadas convencionalmente para transmitir energía de servicios públicos (por ejemplo, electricidad) a las instalaciones de un usuario final, o los ISP que proporcionan ancho de banda de Internet al menos parcialmente a través de canales inalámbricos, tal como conectividad inalámbrica (por ejemplo, WiFi) en puntos de acceso, o conectividad de datos móviles a través de tecnologías y estándares tales como WiMax, 3G/4G, LTE, etc.

Al realizar las funciones descritas, los sistemas pueden utilizar una variedad de datos operativos (que incluyen datos de rendimiento) que están disponibles en un Nodo de Acceso (AN).

En la Figura 1, el equipo terminal de usuario 102 (por ejemplo, un dispositivo de Equipo en las Instalaciones del Cliente (CPE) o un dispositivo de terminal remoto, nodo de red, dispositivo LAN, etc.) se acopla a una red doméstica 104, que a su vez se acopla a una Unidad de Terminación de Red (NT) 108. Las Unidades Transceptoras (TU) de DSL se representan con más detalle (por ejemplo, un dispositivo que proporciona modulación en un lazo o una línea DSL). En una modalidad, la unidad NT 108 incluye una TU-R (TU Remota), 122 (por ejemplo, un transceptor definido por uno de los estándares ADSL o VDSL) o cualquier otro módem, transceptor u otra unidad de comunicación de terminación de red adecuado. La unidad NT 108 también incluye una Entidad de Gestión (ME) 124. La Entidad de Gestión 124 puede ser cualquier dispositivo de hardware adecuado, tal como un microprocesador, microcontrolador, o máquina de estado de circuito en microprograma o hardware, capaz de funcionar según lo requerido por cualesquiera estándares aplicables y/u otros criterios. La Entidad de Gestión 124 recopila y almacena, entre otras cosas, datos operativos en su Base de Información de Gestión (MIB), que es una base de datos de información mantenida por cada ME a la que se puede acceder a través de protocolos de gestión de red tales como el Protocolo de Gestión de Red Simple (SNMP), un protocolo de administración usado para recopilar información de un dispositivo de red para proporcionarla a una consola/programa de gestor o mediante comandos de Lenguaje de Transacción 1 (TL1), TL1 que es un lenguaje de comandos establecido desde hace mucho tiempo usado para programar respuestas y comandos entre elementos de red de telecomunicaciones, o mediante el uso de modelos de datos YANG a través del Protocolo de Configuración de Red (NETCONF), que es un lenguaje más nuevo definido inicialmente para redes y virtualización definidas por software.

Cada TU-R 122 en un sistema puede acoplarse con una TU-C (TU Central) en una Central telefónica (CO) u otra ubicación central. La TU-C 142 se ubica en un Nodo de Acceso (AN) 114 en la Central telefónica 146. Una Entidad de Gestión 144 mantiene igualmente una MIB de datos operativos que pertenecen a la TU-C 142. El Nodo de Acceso 114 puede acoplarse a una red de banda ancha 106 u otra red, como apreciarán los expertos en la técnica. La TU-R 122 y la TU-C 142 se acoplan entre sí mediante un lazo 112, que en el caso de VDSL puede ser una línea de par trenzado, tal como una línea telefónica, que puede llevar otros servicios de comunicación además de las comunicaciones basadas en DSL.

Varias de las interfaces que se muestran en la Figura 1 se usan para determinar y recopilar datos operativos. La interfaz Q 126 proporciona la interfaz entre el Sistema de Gestión de Red (NMS) 116 del operador y la ME 144 en el Nodo de Acceso 114. Los parámetros especificados en el estándar G.997.1 se aplican en la interfaz Q 126. Los parámetros del extremo cercano soportados en la Entidad de Gestión 144 pueden derivarse de la TU-C 142, mientras que los parámetros del extremo lejano de la TU-R 122 pueden derivarse de cualquiera de las dos interfaces a través de la interfaz UA. Los bits indicadores y los mensajes EOC pueden enviarse mediante el uso del canal integrado 132 y proporcionarse en la capa Dependiente del Medio Físico (PMD), y pueden usarse para generar los parámetros TU-R 122 requeridos en la ME 144. Alternativamente, pueden usarse el canal de Operaciones, Administración y Mantenimiento (OAM) y un protocolo adecuado para recuperar los parámetros de la TU-R 122 cuando lo solicite la Entidad de Gestión 144. De manera similar, los parámetros del extremo lejano de la TU-C 142 pueden derivarse mediante cualquiera de las dos interfaces a través de la interfaz U. Los bits indicadores y los mensajes EOC proporcionados en la capa PMD pueden usarse para generar los parámetros TU-C 142 requeridos en la Entidad de Gestión 124 de la unidad NT 108. Alternativamente, pueden usarse el canal OAM y un protocolo adecuado para recuperar los parámetros de la TU-C 142 cuando lo solicite la Entidad de Gestión 124.

En la interfaz U (también denominada lazo 112), hay dos interfaces de gestión, una en la TU-C 142 (la interfaz U-C 157) y otra en la TU-R 122 (la interfaz U-R 158). La interfaz U-C 157 proporciona parámetros de extremo cercano TU-C para que TU-R 122 los recupere a través de la interfaz U/lazo 112. De manera similar, la interfaz U-R 158

proporciona parámetros TU-R de extremo cercano para que TU-C 142 los recupere a través de la interfaz U/lazo 112. Los parámetros que se aplican pueden ser dependientes del estándar de transceptor que se use (por ejemplo, G.992.1 o G.992.2). El estándar G.997.1 especifica un canal de comunicación opcional de Operación, Administración, y Mantenimiento (OAM) a través de la interfaz U. Si se implementa este canal, los pares TU-C y TU-R pueden usarlo para transportar mensajes OAM de capa física. Por tanto, los transceptores TU 122 y 142 de dicho sistema comparten varios datos operativos mantenidos en sus respectivas MIB. Las interfaces V 156 y V-C 159 se representan además dentro del CO 146 en diferentes puntos del lazo 112. La interfaz G en el elemento 169 se conecta entre la red doméstica 104 y la unidad de Terminación de Red 108.

Representados dentro de la Figura 1 está(n) el(los) sistema(s) 170, por ejemplo, que aloja(n) o proporciona(n) una implementación de VANF, y dicho(s) sistema(s) 170 pueden residir en cualquiera de las múltiples ubicaciones opcionales. Además, el(los) sistema(s) 170 puede(n) constituir un único sistema grande que tiene en su interior una gran colección de equipos informáticos para implementar las metodologías descritas en la presente descripción o constituir múltiples sistemas o subsistemas relacionados e interconectados de manera comunicable para llevar a cabo las modalidades descritas. En ciertas modalidades, el(los) sistema(s) 170 incorpora(n) un centro de datos o reside(n) dentro de un centro de datos que opera en una ubicación geográfica física que es remota y distinta de los componentes de la red, nodos de acceso, DSLAM, DPU, OLT, y otros Equipos de Red similares para lo cual las funciones se abstraen y virtualizan en otro lugar. De acuerdo con la modalidad representada en la Figura 1, se muestra que el(los) sistema(s) 170 opera(n) en varias ubicaciones opcionales de acuerdo con varias modalidades alternativas. Por ejemplo, de acuerdo con una modalidad, el(los) sistema(s) 170 se interconecta(n) de manera comunicable a través de la red de banda ancha 106, por ejemplo, a través de una Internet pública, VPN, u otra red utilizada para alcanzar al equipo de red DSL. Por ejemplo, no es necesario que el(los) sistema(s) 170 se ubique(n) conjuntamente al equipo de red DSL para proporcionar abstracción y virtualización de funciones de elementos de red, así como también servicios asociados, y para estar seguro, dicho(s) sistema(s) 170 con mayor frecuencia no se ubicará(n) junto con los elementos de red y otros componentes de red para los cuales las funciones se abstraen y virtualizan. Dicho(s) sistema(s) 170 por lo tanto puede(n) operar dentro de la "nube", por ejemplo, en una instalación informática o centro de datos alojado remoto dentro del cual reside(n) el(los) sistema(s) 170, desde el cual dicho(s) sistema(s) 170 está(n) conectado(s) potencialmente sobre largas distancias mediante la tecnología de red adecuada hasta el equipo de red implementado remotamente. Dicho proveedor de servicios en la nube por lo tanto puede proporcionar las funciones abstraídas y virtualizadas a otra entidad a través de la "nube" como un servicio por una tarifa de suscripción. O el proveedor de servicios en la nube puede proporcionar la infraestructura informática en la que se ejecutan las funciones. Dichos servicios podrán proporcionarse a proveedores de redes de banda ancha, operadores de redes DSL, proveedores de servicios de redes DSL, etc. En modalidades alternativas, es factible que el(los) sistema(s) 170 opere(n) dentro de la Central telefónica 146 y esté(n) de manera comunicable interconectado(s) a través del NMS 116 o el(los) sistema(s) 170 pueda(n) operar fuera de la Central telefónica 146 y esté(n) de manera comunicable interconectado(s) ya sea con la unidad NT 108 o interconectado(s) a la TU-R 122 dentro de la unidad NT 108.

Como se usan en la presente descripción, los términos "usuario", "abonado", y/o "cliente" se refieren a una persona, empresa y/u organización a la que servicios y/o equipos de comunicación son y/o potencialmente pueden proporcionarse por cualquiera de una variedad de proveedor(es) de servicios. Además, el término "instalaciones del cliente" se refiere a la ubicación donde un proveedor de servicios proporciona servicios de comunicación. Por ejemplo, la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN) usada para proporcionar servicios DSL a las instalaciones del cliente se ubican en, cerca y/o se asocian con el lado de terminación de red (NT) de las líneas telefónicas. Ejemplos de instalaciones de clientes incluyen una residencia o un edificio de oficinas.

Como se usa en la presente descripción, el término "proveedor de servicios" se refiere a cualquiera de una variedad de entidades que proporcionan, venden, aprovisionan, solucionan problemas y/o mantienen servicios de comunicación y/o equipos de comunicación. Ejemplos de proveedores de servicios incluyen una compañía operadora de telefonía, una compañía operadora de cable, una compañía operadora de servicios inalámbricos, un proveedor de servicios de internet, o cualquier servicio que pueda, independientemente o junto con un proveedor de servicios de comunicaciones de banda ancha ofrecer servicios que diagnostiquen o mejoren los servicios de comunicaciones de banda ancha (DSL, servicios DSL, cable, etc.).

Adicionalmente, como se usa en la presente, el término "DSL" se refiere a cualquiera de una variedad y/o variante de tecnología DSL tal como, por ejemplo, DSL Asímetrónico (ADSL), DSL de Alta velocidad (HDSL), DSL Simétrico (SDSL), SHDSL, DSL de Muy alta velocidad/Muy alta velocidad de bits (VDSL) y/o Acceso Este a Terminales de Abonado (G.fast). Dichas tecnologías DSL se implementan comúnmente de acuerdo con un estándar aplicable tal como, por ejemplo, el estándar G.992.1 (también conocido como G.dmt) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (I.T.U.) para módems ADSL, el estándar I.T.U. G.992.3 (también conocido como G.dmt.bis, o G.adsl2) para módems ADSL2, el estándar I.T.U. G.992.5 (también conocido como G.adsl2plus) para módems ADSL2+, el estándar I.T.U. G.993.1 (también conocido como G.vdsl) para módems VDSL, el estándar I.T.U. G.993.2 para módems VDSL2, el estándar I.T.U. G.9701 para módems G.fast, el estándar I.T.U. G.994.1 (G.hs) para módems que implementan el protocolo de intercambio, y/o el estándar I.T.U. G.997.1 (también conocido como G.ploam) para la gestión de módems DSL.

Las referencias a conectar un módem DSL y/o un servicio de comunicación DSL a un cliente se hacen con respecto a equipos de Línea de Abonado Digital (DSL) ilustrativos, servicios DSL, sistemas DSL y/o el uso de líneas telefónicas de cobre de par trenzado ordinario para la distribución de servicios DSL y se entenderá que los métodos y aparatos descritos para caracterizar y/o probar un medio de transmisión para los sistemas de comunicación descritos en la presente descripción pueden aplicarse a muchos otros tipos y/o variedad de equipos, servicios, tecnologías y/o sistemas de comunicación. Por ejemplo, otros tipos de sistemas incluyen sistemas de distribución inalámbricos, sistemas de distribución en línea o por cable, sistemas de distribución de cable coaxial, sistemas de radiofrecuencia de Frecuencia Ultra Alta (UHF)/Muy Alta Frecuencia (VHF), sistemas satelitales u otros sistemas extraterrestres, sistemas de distribución celular, sistemas de línea eléctrica de banda ancha y/o redes de fibra óptica. Adicionalmente, también pueden usarse combinaciones de estos dispositivos, sistemas y/o redes. Por ejemplo, puede usarse una combinación de cable coaxial y de par trenzado interconectados a través de un conector balun, o cualquier otra combinación continua de canal físico, tal como una conexión analógica de fibra a cobre con conexión lineal óptica a eléctrica en una Unidad de Red Óptica (ONU).

Las frases “acoplado a”, “acoplado con”, “conectado a”, “conectado con” y similares se usan en la presente descripción para describir una conexión entre dos elementos y/o componentes y pretenden significar acoplado/conectado lo mismo directamente juntos, que indirectamente, por ejemplo, a través de uno o más elementos intermedios o mediante una conexión por cable/inalámbrica. Las referencias a un “sistema de comunicación” pretenden, donde corresponda, incluir referencias a cualquier otro tipo de sistema de transmisión de datos.

La Figura 2 representa otra arquitectura ilustrativa 200 de acuerdo con las modalidades descritas que incluyen cómo se pueden realizar las VANF en una infraestructura informática ubicada remotamente. Más particularmente, se representa una vista simplificada de los elementos de la red (NE) de acceso de banda ancha, comenzando con los componentes 250A, 250B, 250C, 250D, 250E y 250F del Equipo en las instalaciones del Cliente (CPE) en la parte inferior de la Figura 2 representados como que están conectados a través de líneas de acceso 260 (por ejemplo, trayectorias de acceso cableadas o inalámbricas) a través de una de las puertas de enlace residenciales 245 representadas. Los componentes de red de Puerta de Enlace Residencial (RG) representados aquí pueden ser ellos mismos un tipo de CPE de acuerdo con las varias modalidades. Las Puertas de enlace residenciales 245 se conectan a los nodos de acceso 240A, 240B, y 240C que a su vez se conectan a través de dispositivos de agregación de nodos de acceso 225 tales como Terminales de Línea Óptica (OLT) o conmutadores de agregación de Ethernet como se representa con cada uno de los Nodos de Acceso 240A y 240B. Alternativamente, o adicionalmente según sea el caso, los nodos de acceso pueden conectarse a otra(s) red(es) 205, tales como la Internet pública, las VPN, o a otras redes privadas a través de una Puerta de Enlace de Red de Banda Ancha (BNG) 220 (a veces también llamado Servidor de Acceso Remoto de Banda Ancha (BRAS)) a través de la red de retorno 230 como se representa con el nodo de acceso 240C. Los sistemas de gestión y los controlador(es) 215 se conectan a los varios Elementos de Red a través de cualquiera de una variedad de conexiones que incluye a través de una red troncal privada 210 como se representa aquí.

En el sentido más general, las metodologías descritas en la presente descripción buscan abstraer funciones de los nodos de acceso 240A-C, ya sean dispositivos DSLAM, DPU, OLT, CMTS, etc. Por ejemplo, de acuerdo con modalidades particulares, la gestión, los sistemas y el(los) controlador(es) 215 (por ejemplo, que pueden corresponder al(los) “sistema(s)” como se representó en el elemento 170 de la Figura 1), pueden servir como un hardware informático virtualizado o infraestructura para la funcionalidad abstraída de los nodos de acceso 240A-C, que incluyen cualquier función o funcionalidad capaz de la abstracción de dichos elementos de red y la virtualización correspondiente en la gestión, los sistemas y el(los) controlador(es) 215.

En modalidades alternativas, puede resultar útil abstraer ciertas funciones útiles del nodo de acceso, pero no todas las funciones posibles de abstracción y virtualización correspondiente.

Con respecto a las redes de banda ancha, puede ser preferible abstraer funciones de los nodos de acceso 240A-C que se relacionan con la programación y el control de vectorización como base y luego opcionalmente abstraer otras funciones a medida que surja la necesidad para cualquier implementación particular.

A pesar de la abstracción y virtualización de funciones de los nodos de acceso 240A-C, es obligatorio aun así mantener los nodos de acceso físicos 240A-C en el campo, tales como DSLAM, ya que son los dispositivos físicos los que terminan las líneas de banda ancha y proporcionan conectividad de red a las líneas de banda ancha, independientemente de si dichas líneas son ópticas, DSL, cable, etc.

De acuerdo con la modalidad representada, los sistemas de gestión y el(los) controlador(es) 215 recibe(n) información de los nodos de acceso 240A-C. Tomemos por ejemplo la vectorización. El cálculo de los coeficientes de vectorización en la máquina remota debe tener muestras de error devueltas desde los nodos de acceso 240A-C que podrían ser promedios, o información resumida, pero deben ser información de error sobre las propias líneas de banda ancha. El control de vectorización en los sistemas de gestión y el(los) controlador(es) 215 calcularía entonces los coeficientes de vectorización en base a los datos de muestra de error devueltos desde los nodos de acceso 240A-C y dichos coeficientes de vectorización se devolverían entonces a los nodos de acceso 240A-C que

implementan los coeficientes de vectorización en las respectivas líneas de banda ancha.

Con respecto a la programación, puede ser necesario conocer la ocupación de la cola que puede constituir datos que residen dentro del transceptor para el respectivo nodo de acceso 240A-C que se conecta con una línea de banda ancha correspondiente. Alternativamente, dicha información puede recuperarse de un gestor de políticas o de un sistema de asignación de recursos. Podría obligarse a que dicha información sea devuelta o extraída de los nodos de acceso 240A-C o extraída a través de los nodos de acceso 240A-C desde el CPE, o la información podría extraerse directamente de un sistema de gestión de red. La información de programación no necesita ser datos en tiempo real, y como tal, a menudo son aceptables varios esquemas de agregación y acceso a datos. Los nodos de acceso 240A-C pueden extraer adicionalmente datos operativos en tiempo real con respecto a las líneas de banda ancha en las que los sistemas de gestión y el(los) controlador(es) 215 indicarán entonces qué intervalos de tiempo se asignan en qué líneas. Por ejemplo, puede identificarse que la línea 1 usa particulares intervalos de tiempo, tramas, programación descendente, programación ascendente, etc.

La Figura 3 representa una arquitectura ilustrativa alternativa 300 de acuerdo con las modalidades descritas y, más particularmente, representa conexiones a los recursos computacionales utilizados para la virtualización de acuerdo con ciertas modalidades. Los CPE 340 y los nodos de acceso 350 (por ejemplo, DPU, DSLAM, OLT, CMTS; Ubicados en una Central telefónica (CO), central, terminal remota, gabinete, pedestal, terminal, cabecera, etc.) se conectan con recursos informáticos virtualizados que se ubican remotamente en la nube, el Punto de presencia (PoP), o el centro de datos 310 como se representó aquí. Específicamente, el CPE 340 se conecta a través de la línea de acceso 335 al nodo de acceso 350 que se ubica en la central telefónica (CO), una central, un terminal remoto, un gabinete, un pedestal, un terminal, una cabecera, etc., que a su vez se conecta a través de una red de retroceso 330 al dispositivo de agregación de nodos de acceso 360, y luego de regreso a la nube, el PoP, o el centro de datos 310. Las líneas discontinuas desde el CPE 340 hasta la nube, el PoP, o el centro de datos 310 y desde el nodo de acceso 350 de regreso a la nube, el centro de datos 310 PoP representan conexiones lógicas 375.

Por ejemplo, una Función de Red Virtual (VNF) 380 implementada a través de la nube, el PoP, o el centro de datos 310 puede comunicarse con el nodo de acceso 350 a través de una interfaz de plano de control 385 que reside entre la Función de Red Virtual y el dispositivo de agregación de nodo de acceso 360. Como se representa, el nodo de acceso 350 se acopla con líneas de banda ancha tales como líneas de banda ancha por cable, líneas de banda ancha ópticas (por ejemplo, fibra), líneas de banda ancha DSL, etc., cada una que está representada aquí como línea de acceso 335. El nodo de acceso 350 devuelve datos operativos actuales y condiciones operativas actuales con respecto a las líneas de banda ancha o la línea de acceso 335 a la Función de Red Virtual implementada por la nube, el PoP, o el centro de datos 310 sobre la interfaz del plano de control 385.

La Función de Red Virtual 380 analiza los datos operativos devueltos y las condiciones operativas y luego emite instrucciones al nodo de acceso para adoptar configuraciones, adoptar parámetros de configuración o parámetros, modos, umbrales, etc. operativos, adoptar o implementar coeficientes calculados proporcionados por la función de red virtual 380, implementar esquemas de programación especificados por la función de red virtual 380, etcétera.

El Nodo de acceso 350 entonces adoptará o llevará a cabo en respuesta las instrucciones proporcionadas por la función de red virtual 380. Además de los medios de programación y configuración, también se proporciona un Agente de Gestión Persistente (PMA) de manera que, si los varios elementos de la red se apagan, su configuración se mantendrá de todos modos y por lo tanto persistirá durante el ciclo de encendido o el período de apagado extendido, así potencialmente negando la necesidad de una reconfiguración y un reentrenamiento, o peor aún, tiempo de inactividad prolongado y no disponibilidad de la red para el usuario final.

La Figura 4 representa una arquitectura ilustrativa alternativa 400 de acuerdo con las modalidades descritas, y más particularmente, una migración ilustrativa de una Función de Red Física (PNF) a una Función de Nodo de Acceso Virtualizada o una Función de Red Virtualizada (VNF). Por ejemplo, se representan múltiples CPE 490, cada uno de ellos interconectado comunicativamente con las varias Funciones de Red Física (PNF) 401, 402, 406 y 407. En el caso de la PNF 403, los CPE 490 se conectan sólo indirectamente ya que la PNF 403 se conecta a los CPE a través de una agregación de las PNF 401 y 402, que luego se conectan con la red de retroceso 430A, para formar las funciones de nodo de acceso físico interno 498 representadas. Por el contrario, la porción inferior de los CPE 490 se conecta con la PNF 406 y la PNF 407 respectivamente, que a su vez se conecta a través de la red de retroceso 430B a la Función de Nodo de Acceso Virtualizada (VANF) 408 accesible a través de la(s) red(es) 455, constituyendo así las funciones de nodo de acceso virtualizadas 499. De tal manera, las funciones pueden migrarse, abstraerse, etc., desde ser una función de red física (PNF) tal como 406 y 407 interna a un Nodo de Acceso (AN) 455 hasta ser una Función de Nodo de Acceso Virtualizada (VANF) 408.

Las Funciones de Nodo de Acceso Virtualizadas (VANF) pueden considerarse como Funciones de Red Física (PNF) que se sacan del nodo de acceso físico, se ubican remotamente, y luego se hacen para comunicarse con el nodo de acceso físico. Las VANF pueden reemplazar o complementar las Funciones de Red Física (PNF) que permanecen físicamente en el nodo de acceso físico. Lógicamente puede considerarse que dicha VANF externa es una parte del nodo de acceso a pesar de su presencia remota.

Una VANF puede correr o ejecutarse en una infraestructura virtualizada construida con hardware y software. Esta infraestructura virtualizada puede abarcar una o varias ubicaciones, tales como ubicaciones de diferentes servidores, bastidores, centros de datos, puntos de presencia (PoP), o una nube. Una red física o virtual puede proporcionar conectividad entre estas ubicaciones. Una capa de software que corre en la infraestructura de hardware puede proporcionar máquinas virtuales, infraestructura virtual, una plataforma virtual, software virtual, u otros servicios virtuales que crean la infraestructura virtualizada en la que se implementa la VANF. La VANF o las VANF pueden controlarse por uno o más de: un hipervisor, un orquestador, un Gestor de Función de Red Virtualizada, y un Gestor de Infraestructura Virtualizada.

La Figura 5 representa una arquitectura ilustrativa alternativa 500 de acuerdo con las modalidades descritas, y más particularmente, representa la interfaz de las funciones de nodos de acceso virtualizadas (por ejemplo, VANF) con múltiples proveedores de servicios. Aquí se representa una capa de abstracción de funciones 501 capaz de la conversión de señalización y mediación entre los proveedores de servicios 505A y 505B y las solicitudes de dichos proveedores de servicios 505A y 505B, así como también realizar la asignación de recursos entre ellos. Los proveedores de servicios 505A y 505B interactúan 510 a través de la capa de abstracción de funciones 501 con varios elementos de red 515 a través de varias interfaces patentadas o estándar 520 de acuerdo con la modalidad representada. Cualquiera o todos los elementos de red 515 representados elementos de red 515 pueden incluir transceptores o receptores y transmisores para comunicar datos en las líneas de banda ancha. Por ejemplo, las DPU, los DSLAM, los CPE y otros nodos de acceso pueden incorporar dichos transceptores o receptores/transmisores para comunicar datos.

La comunicación entre proveedores de servicios, VANF, nodos de acceso, y otros sistemas, dispositivos, o infraestructura puede pasar a través de dicha capa de abstracción de funciones 501 que se asigna entre diferentes formatos de señalización como se representa, todos los cuales pueden utilizar una interfaz común 510.

En algunas áreas donde están presentes múltiples proveedores de servicios, puede haber un proveedor de infraestructura que tenga el control de los alambres, cables, o fibras ópticas. En dichas modalidades, puede haber uno o más operadores de nodos de acceso que tengan el control de los nodos de acceso, y uno o más proveedores de servicios minoristas que vendan los servicios de banda ancha a los usuarios finales. El proveedor de infraestructura y el operador del nodo de acceso pueden adicionalmente existir como una sola entidad, denominada "proveedor mayorista".

Las VANF facilitan dichos entornos de múltiples proveedores, ya que las funciones virtualizadas pueden usarse por múltiples partes, y porque puede haber múltiples instancias de cada VANF sin conflicto. Varias funciones pueden o no estar virtualizadas, y dichas funciones virtualizadas pueden o no ser compartidas por múltiples proveedores. Un proveedor minorista puede ser capaz de acceder a las VANF del proveedor mayorista y dicho proveedor minorista puede ser capaz de crear una instancia de una VANF en la infraestructura propiedad de un proveedor mayorista.

Las VANF pueden soportar tanto la desagregación de lazo local físico (LLU) como la desagregación de lazo virtual (VULA). Igualmente puede habilitarse "Súper" VULA, que desagrega las VANF, así como también la infraestructura física, y por lo tanto puede proporcionar un nivel de desagregación de manera que un proveedor minorista pueda realizar operaciones similares a las que haría con la desagregación física.

Además, se permiten varias formas de acceso metálico. Las arquitecturas de Fibra al nodo (FTTN) y Fibra al punto de distribución (FTTdp) utilizan cobre solo en los últimos cientos o miles de metros desde un Multiplexor de Acceso a Línea de Abonado Digital (DSLAM) remoto o una Unidad de Punto de Distribución (DPU), extendiendo la fibra casi al cliente mientras evita el considerable coste de instalar fibra en las instalaciones del cliente. El DSLAM o DPU remoto es un dispositivo muy pequeño y de bajo consumo que necesita ser energéticamente eficiente. Por lo tanto, puede ser particularmente ventajoso virtualizar funciones de control y gestión computacionalmente complejas para las DPU FTTdp que tienden a consumir mayores cantidades de energía eléctrica debido a sus operaciones computacionalmente intensivas. Las VANF pueden eliminar la alimentación de algunas funciones de las DPU FTTdp, y pueden implicar eficiencias energéticas mediante funciones de multiplexación estadística en múltiples líneas o múltiples grupos de transceptores.

Además, las implementaciones de VDSL, que incluyen VDSL1, VDSL2, y VDSL vectorizada, se usan generalmente para implementaciones de FTTN y FTTdp. Las Funciones de Nodo de Acceso Virtualizadas (VANF) para VDSL pueden incluir, a manera de ejemplo: Entidad de Control de Energía (PCE) del Modo de Bajo Consumo (LPM) VDSL para la cual hay una serie de umbrales y otras configuraciones que pueden variarse para configurar VDSL LPM en transceptores individuales. Además, las VANF pueden determinar primitivas que indican la entrada o salida del LPM. Estas configuraciones y primitivas pueden determinarse en una entidad de control de energía virtualizada y comunicarse a los transceptores. Los transceptores también pueden retroalimentar el estado de LPM y varias pruebas y diagnósticos a la entidad de control de energía virtualizada, todo lo cual descarga el procesamiento de los elementos de red implementados en el campo y por lo tanto mejora el consumo de energía, así como también proporciona otros beneficios descritos en la presente descripción.

Las VANF para VDSL pueden incluir además control y gestión de ruido virtual adaptativo al horario de emisión o

ruido virtual autónomo. Con tales técnicas, un transceptor retiene datos sobre el ruido que varía en el tiempo y estos datos luego se usan para determinar la carga de bits. Por ejemplo, puede estimarse un nivel de ruido pico o semipico y luego la estimación de ruido usarse para determinar la carga de bits que puede asumir este nivel de ruido. Alternativamente, la carga de bits, el margen, la energía de transmisión, o la Densidad del Espectro de Energía (PSD) pueden configurarse directamente mediante el uso de los datos de ruido variables en el tiempo. Estos datos también pueden enviarse a una función virtualizada de carga de bits/estimación de ruido, que luego comunica un conjunto calculado de estimaciones de ruido, ruido virtual adaptable al horario de emisión, configuraciones de umbral, o carga de bits de regreso al transceptor implementado en el campo. Un uso de esta técnica es mantener la estabilidad con la diafonía de las líneas que usan el Modo de Bajo Consumo de Energía (LPM); otros usos incluyen el ruido de radio variable en el tiempo y el ruido de los sistemas de Portadora de Línea de Energía (PLC).

Las VANF para VDSL pueden incluir además una gestión virtualizada de la vectorización, que cancela la diafonía. Cualquiera de los siguientes parámetros de gestión puede comunicarse desde la VANF a los transceptores o a la Entidad de Control de Vectorización (VCE) para configurar VDSL vectorizada: Control de banda de frecuencia de vectorización (VECTOR_BAND_CONTROL), Prioridades de línea de cancelación FEXT (FEXT_CANCEL_PRIORITY), habilitación/inhabilitación de cancelación FEXT (FEXT_CANCEL_ENABLE), Habilitación del Modo de Vectorización (VECTORMODE_ENABLE). Además, pueden configurarse la potencia de transmisión y la PSD. Los transceptores también pueden retroalimentar datos de prueba y diagnóstico, incluido el acoplamiento FEXT (XLIN) a la gestión de vectorización virtualizada.

La VANF para VDSL puede incluir además una Entidad de Control de Vectorización (VCE) virtualizada. El precodificador vectorial (descendente) o cancelador del receptor (ascendente, multiplica y suma señales en múltiples líneas mediante coeficientes de vectorización para cancelar la diafonía). Los coeficientes de vectorización pueden calcularse en dicha VCE VANF virtualizada. La cancelación misma entonces ocurre mediante el uso de estos coeficientes en los transceptores, por ejemplo, ordenando a los transceptores que adopten los coeficientes proporcionados. Pueden transmitirse muestras de error de vectorización desde los transceptores a la VCE virtualizada a través de la red, y luego la VCE virtualizada comunica los coeficientes vectoriales de regreso a los transceptores. Las muestras de error de vectorización pueden promediarse, submuestrearse, o ambas para reducir su carga de tráfico en la red. Además, la VANF puede calcular rápidamente, o precalcular, nuevos coeficientes cuando las líneas se unen o abandonan el grupo vectorizado.

La Figura 6 representa una arquitectura ilustrativa alternativa 600 de acuerdo con las modalidades descritas, y más particularmente, representa implementaciones de varias ubicaciones opcionales del Agente de Gestión Persistente Virtualizado (VPMA). Dentro de la nube de red 605 se representan el centro de datos 645 que tiene VPMA 620A, Sistemas de Soporte de Operaciones (OSS) 630 que tienen VPMA 620B y, por último, el Sistema de Gestión de Elementos (EMS) 625 que tiene VPMA 620C, la nube de red 605 que se conecta al dispositivo de agregación de nodos de acceso 610 a través de la red de retroceso 670. El dispositivo de agregación de nodos de acceso 610 incluye VPMA 615 y el dispositivo de agregación de nodos de acceso 610 se interconecta de manera comunicable con cada uno de los dos nodos de acceso 655 representados que a su vez se conectan con los CPE 690.

Además, se habilitan varias formas de acceso metálico FTTdp y G. fast. FTTdp usa G. fast o VDSL, o ambos, para la transmisión final a través de cables metálicos. El elemento de red equivalente "DSLAM" en las implementaciones FTTdp se denomina "DPU". De todos modos, las mismas VANF definidas para VDSL pueden aplicarse a G. fast o FTTdp, además de funciones adicionales. Por ejemplo, las VANF para G. fast pueden incluir programación de tráfico, administración de energía y vectorización, así como también los elementos del Agente de Gestión Persistente Virtual (VPMA) de G. fast (por ejemplo, 615 y 620A-C) que se muestran aquí.

La gestión de tráfico, energía, y vectorización de G. fast se habilitan aún más porque G. fast usa Dúplex por División de Tiempo (TDD) donde una línea dada puede estar transmitiendo datos, inactiva, o silenciosa en cada período de símbolo en cada dirección de transmisión (ascendente o descendente). G. fast puede implementar una "operación discontinua" para el control de energía. Con operación discontinua, los coeficientes de vectorización óptimos y la carga de bits cambian rápidamente.

Por lo tanto las implementaciones de G.fast pueden utilizar cualquiera de las siguientes construcciones interrelacionadas: Asignación de Velocidad Dinámica (DRA) que puede cambiar la relación de asimetría ascendente/descendente, y programar los tiempos en los que cada línea transmite datos, símbolos ficticios, inactivos, o silenciosos; la Entidad de Control de Energía (PCE) que controla los modos o estados de bajo consumo de energía; los coeficientes de vectorización que generalmente se determinan por la VCE; y establecer la carga de bits de cada línea que opcionalmente puede controlarse desde el transmisor. Las tablas de carga de bits de referencia pueden determinarse mediante el sistema de gestión virtualizado. El margen de la Relación Señal-Ruido (SNR) adicionalmente puede variarse para variar indirectamente la carga de bits. De manera similar, pueden establecerse las ganancias por supportadora, gi.

Para facilitar el ahorro de energía del transceptor, puede habilitarse la operación discontinua para G. fast, donde no se usa todo el tiempo disponible para la transmisión de datos, y donde la energía se ahorra apagando las funciones del transceptor el resto del tiempo. Con operación discontinua, los períodos de símbolos en un marco lógico pueden

rellenarse con lo mismo símbolos de datos normales, símbolos ficticios, símbolos inactivos, o símbolos silenciosos. En dichas modalidades, se considera que un símbolo de Canal de Gestión Robusto (RMC) opera de manera similar a los símbolos de datos, y se considera que un símbolo piloto opera como un tipo de símbolo ficticio.

La Figura 7 representa un diagrama de flujo de un método 700 para implementar un algoritmo VANF para la gestión de tráfico, energía, y vectorización. Por ejemplo, la VANF calcula en cada etapa la asignación de tráfico, los coeficientes de vectorización, la carga de bits, las velocidades de bits, y los ahorros de energía de acuerdo con una modalidad particular. Por ejemplo, puede realizarse un flujo de proceso de operación discontinua G. fast a través del método 700 representado, que incluye la coordinación de la operación discontinua G. fast a través de múltiples líneas implementadas a través de una Función de Nodo de Acceso Virtualizada (VANF). El método 700 puede realizarse mediante lógica de procesamiento que puede incluir hardware (por ejemplo, circuitos, lógica dedicada, lógica programable, microcódigo, etc.), software (por ejemplo, instrucciones ejecutadas en un dispositivo de procesamiento) para realizar varias operaciones tales como gestionar, controlar, analizar, recopilar, generar, monitorear, diagnosticar, ejecutar, presentar, recibir, interconectar, comunicar, recibir, transmitir, procesar, proporcionar, determinar, activar, mostrar, recuperar, actualizar, enviar, devolver, etc., en virtud de los sistemas y métodos como se describió en la presente descripción. Por ejemplo, el(los) sistema(s) 170 como se representa(n) en la Figura 1, la Gestión, los Sistemas, el(los) Controlador(es) 215 como se representan en la Figura 2, la arquitectura 800 como se representa en la Figura 8, los sistemas 900 y 1100 en las Figuras 9 y 11 respectivamente, o la máquina 1300 en la Figura 13, pueden implementar las metodologías descritas. Algunos de los bloques y/u operaciones que se enumeran a continuación son opcionales de acuerdo con ciertas modalidades. La numeración de los bloques presentados es para mayor claridad y no pretende prescribir un orden de operaciones en el que deben ocurrir los varios bloques.

Como se representa, el procesamiento comienza y avanza hasta el bloque 701 donde la lógica de procesamiento agrega símbolos inactivos o ficticios a cada trama hasta que todas las líneas estén en operación normal. En el punto de decisión 702, se determina si se logran suficientes velocidades de bits y ahorro de energía, y de ser así, el flujo continúa hasta el final. De cualquier otra manera, el flujo avanza al bloque 703 donde la lógica de procesamiento intenta un intervalo de operación normal más transmisiones que no se solapan en todas las líneas en operación discontinua. En el punto de decisión 704, se determina si se logran suficientes velocidades de bits y ahorro de energía, y de ser así, el flujo continúa hasta el final. De cualquier otra manera, el flujo avanza al bloque 705, donde la lógica de procesamiento intenta un intervalo de operación normal más N intervalos de tiempo solapados en operación discontinua (por ejemplo, comenzando con N=1). En el punto de decisión 706, se determina si se logran suficientes velocidades de bits y ahorro de energía, y de ser así, el flujo continúa hasta el final. De cualquier otra manera, se permiten dos opciones. Si no se logran suficientes velocidades de bits y ahorros de energía y $N < N_{MAX}$ (por ejemplo, N es menor que el umbral N_{MAX} permitido), entonces el flujo incrementa N y se reintenta el bloque 705. De cualquier otra manera, si no se logran suficientes velocidades de bits y ahorros de energía y $N \geq N_{MAX}$ (por ejemplo, N es mayor o igual que el umbral N_{MAX} permitido), entonces el flujo en su lugar avanza al bloque 707 donde la lógica de procesamiento intenta cambiar la carga de bits para acomodar coeficientes de vectorización no óptimos. En el punto de decisión 708, se determina si se logran suficientes velocidades de bits y ahorro de energía, y de ser así, el flujo continúa hasta el final. De cualquier otra manera, el procesamiento regresa al bloque 701 donde el método 700 puede realizarse para otra iteración.

En particular, los cálculos pueden ser realizados fuera de la línea por la VANF sin sobrecargar los nodos de acceso desplegados en el campo, de manera que la VANF puede identificar y enviar al nodo de acceso una configuración adecuada para el nodo de acceso desplegado en el campo para su adopción o al menos para intentar la nueva configuración e informar de regreso los datos operativos y las condiciones subsecuentes al uso de la nueva configuración.

La gestión de energía implica compensaciones complejas en cuanto a demora, rendimiento de vectorización, y uso de energía, y pueden examinarse y optimizarse varios escenarios en una VANF sin sobrecargar los elementos de red implementados en el campo.

La vectorización cancela la diafonía y los coeficientes de vectorización óptimos cambian cuando una cualquiera o más líneas están transmitiendo o no están transmitiendo. Dicho de otra manera, en cualquier período de símbolo, hay un conjunto de líneas que transmiten datos, símbolos ficticios, o inactivos; y un conjunto de líneas que están silenciosas. Si estos conjuntos de líneas cambian, entonces los coeficientes de vectorización óptimos cambian. Para adaptarse a esto, los coeficientes vectoriales pueden cambiar con cualquier cambio en la membresía de estos conjuntos, o la carga de bits y el margen pueden configurarse de manera que el impacto en el rendimiento por el uso de coeficientes de vectorización no óptimos sea aceptable.

A medida que la programación y la vectorización interactúan, por ejemplo, pueden programarse símbolos para la transmisión de manera que estén en diferentes intervalos de tiempo en cada línea en operación discontinua para evitar la necesidad de usar vectorización en esos intervalos de tiempo.

Una Unidad de Transmisión G. fast se denomina una "FTU" y, además, una Unidad de Transmisión G. fast del extremo de la Red es una "FTU-O" mientras que una Unidad de Transmisión G. fast del extremo del Cliente es una

FTU-R. Cuando la vectorización se habilita con operación discontinua, tanto la FTU-0 como la FTU-R soportan una tabla de carga de bits de referencia separada para cada uno de los intervalos, tal como una tabla de carga de bits para el intervalo de operación normal y una tabla de carga de bits para el intervalo de operación discontinuo. La tabla de carga de bits de referencia puede cambiarse enviando comandos del Canal de Operaciones Integrado (EOC) a través de la línea G. fast. Puede usarse el ajuste de ganancia iniciado por el transmisor (TIGA) para cambiar la carga de bits activa y el factor de compensación de ganancia en la unidad remota (FTU-R). Mediante el uso de estos mecanismos, la función DRA puede controlar la configuración de la tabla de carga de bits activa y la tabla de ganancias.

El rendimiento, el rendimiento total, y el uso de energía varían todos en un conjunto complejo de dependencias de estos. Por ejemplo, una línea puede repentinamente tener muy poco tráfico para enviar, entonces la DRA puede configurar la línea para enviar símbolos silenciosos (estar "apagado") durante la mayor parte de la trama TDD. Para satisfacer la demanda de tráfico en otras líneas, la DRA puede entonces cambiar las asignaciones de oportunidades de transmisión de otras líneas e incluso variar la relación de asimetría ascendente/descendente. Es posible que entonces la VCE necesite cambiar los coeficientes del precodificador de vectorización y, para que esto sea implementable puede entonces cambiar algunos de los símbolos silenciosos para que sean símbolos inactivos que transmitan señales de cancelación de vectorización. Esto luego afecta el uso de energía y puede interactuar aún más con la DRA. Todas estas consideraciones se aplican tanto ascendentemente como descendentemente.

Los resultados de estas interacciones no son intuitivos, pero pueden analizarse fuera de la línea, con configuraciones óptimas o mejoradas seleccionadas, y comunicadas a la DPU y a los transceptores para su adopción. Una VANF que abarca las funciones de la DRA, la PCE, y la VCE puede ejecutar una serie de configuraciones candidatas para cada situación, calcular el rendimiento resultante, y el uso de energía, y seleccionar una buena compensación. Estas compensaciones pueden optimizarse iterativamente. El operador o proveedor puede seleccionar las compensaciones deseadas, y configurarlas a través del motor de gestión virtual. Estos cálculos pueden ser prohibitivamente complejos para realizarse en un elemento de red implementado en el campo, pero pueden calcularse fácilmente dentro de la infraestructura informática de un centro de datos que soporte dichos elementos de red implementados en el campo a través de VANF.

Refiriéndose de nuevo a la Figura 6. El Agente de Gestión Persistente de G. fast Virtual (VPMA) puede virtualizar el "Agente de Gestión Persistente (PMA)" para almacenar datos de configuración y diagnóstico para una DPU y proporcionar acceso a dicha información incluso cuando la DPU está apagada debido a la falta de toda energía de Alimentación de Energía Inversa (RPF), u otras condiciones operativas que interrumpan la capacidad de las DPU implementadas en el campo para mantener su propia configuración. La persistencia del PMA también lo hace útil para realizar una serie de funciones de gestión relacionadas. El PMA también puede aceptar cambios de configuración de los sistemas de gestión cuando la DPU no está encendida.

Las soluciones convencionales que proporcionan capacidades del PMA integran PMA en los propios elementos de la red, sin embargo, el PMA puede abstraerse y luego virtualizarse en un PMA virtualizado (VPMA), que es en sí mismo otro tipo de VANF. Algunas funciones del PMA pueden virtualizarse y ser VANF, y algunas funciones del PMA pueden permanecer como funciones de red física (PNF). El VPMA se diferencia fundamentalmente de un PMA en que puede acceder a una gran cantidad de recursos informáticos y al hacerlo proporciona una mayor profundidad de funcionalidad.

Las funciones del VPMA pueden ubicarse en varias ubicaciones como se muestra en la Figura 6. Las funciones del VPMA pueden ser una parte virtualizada de un EMS 625 o una Función de Gestión de Elementos (EMF), un Sistema de Soporte de Operación (OSS) 630 o un Sistema de Gestión de Red (NMS) o el VPMA puede operar como un VNF independiente.

Las funciones del VPMA para FTTdp y G. fast pueden por lo tanto incluir cualquiera de: almacenamiento persistente de ajustes de configuración de la DPU e información de diagnóstico, al que puede accederse incluso cuando la DPU está apagada; y permitir que otros sistemas de gestión cambien la configuración del VPMA cuando se apaga la DPU y luego comuniquen a la DPU cuando se vuelve a encender. Adicionalmente, otros sistemas de gestión pueden leer datos de diagnóstico del VPMA cuando la DPU está apagada. Las funciones del VPMA para FTTdp y G. fast pueden incluir además el control y la gestión de la alimentación de energía inversa (RPF), que incluye la interpretación por parte del VPMA de los mensajes de jadeo final de la DPU o los transceptores, donde el jadeo final puede indicar diferentes razones para el apagado (por ejemplo, el cliente apagó el módem, un fallo en un cable, un fallo en la red eléctrica, etc.).

Las funciones VPMA para FTTdp y G. fast pueden incluir además la llamada configuración de Operaciones, Administración y Gestión "Cero Toque" (OAM), donde las conexiones a nuevos suscriptores pueden realizarse automáticamente en lugar de que las realice un técnico. El VPMA controla las conexiones desde la DPU a los suscriptores y dichos suscriptores pueden estar conectados a puertos de transceptores directamente, o pueden estar conectados a una matriz de conmutación que conecta una línea a un puerto de transceptor cuando un abonado solicita servicio.

Las funciones del VPMA para FTTdp y G.fast pueden incluir además la gestión de modos de bajo consumo de energía (LPM) de G.fast, mediante el uso de datos y control entre capas. Las indicaciones de capas superiores de sesiones, asignación de recursos, niveles de tráfico, ocupación de colas, etc., proporcionan datos que se usan por los análisis en el VPMA para determinar si G.fast debe estar en LPM, qué tipo de LPM usar, y qué ajustes de configuración de LPM usar. Además, los datos de configuración de G.fast LPM pueden devolverse a las funciones de capas superiores tal como la asignación de recursos y la gestión de políticas.

Además de las funciones del VPMA para FTTdp y G.fast, el VPMA puede incluir funciones incluidas enumeradas anteriormente para VDSL; que incluye DRA, control de energía, control de vectorización, carga de bits, y ganancias.

La Figura 8 representa una arquitectura ilustrativa alternativa 800 de acuerdo con las modalidades descritas, y más particularmente, representa una arquitectura interna ilustrativa 800 de las Funciones de Nodo de Acceso Virtualizadas (VANF), que incluye la gestión y orquestación de infraestructura. El OSS/NMS 801 proporciona las funciones del sistema de soporte operativo y del sistema de gestión de red respectivamente. El orquestador 802 controla las interacciones entre las funciones de virtualización y adicionalmente gestiona los servicios de red en todo el dominio de un proveedor y orquesta la coexistencia de recursos y uso en múltiples instancias de la VNF.

El EMS 803 proporciona el sistema de gestión de elementos; las VANF 804 y 805 proporcionan las Funciones de Nodo de Acceso Virtualizadas. El gestor del ciclo de vida de la VANF 806 gestiona las VANF, que incluyen: La creación de instancias, terminación, configuración de recursos, actualizaciones de VANF, rendimiento, y coordinación con el EMS. El gestor de infraestructura virtualizada 807 controla y administra los recursos informáticos, de almacenamiento y de red dentro de la infraestructura informática 810 representada por separado.

Dentro de la infraestructura informática 810 se representa el almacenamiento virtual 811, la red virtual 812, la informática virtual 813, una capa de virtualización 814, todo lo cual es soportado por el hardware de la infraestructura informática 810, que incluye el hardware de almacenamiento 815, el hardware de red 816, y el hardware informático 817.

Por ejemplo, una VANF 804 o 805 puede utilizar un algoritmo o método 700 como el que se representa en la Figura 7 para ejecutar muchos escenarios de “qué pasaría si” e identificar un punto operativo aceptable u óptimo o un conjunto de parámetros de operación. La asignación de tráfico, los coeficientes de vectorización, la carga de bits, las ganancias, las velocidades de bits, y el ahorro de energía de cada línea se calculan por la VANF 804 o 805 en cada etapa sin incurrir en una carga computacional para el nodo de acceso implementado en el campo, y realizar potencialmente un procesamiento que no sólo es una carga para el nodo de acceso implementado en el campo, pero en muchos casos está más allá de las capacidades informáticas de dicho nodo de acceso. La salida del algoritmo o método 700 determina la configuración a usar por el nodo de acceso, la DPU, la Asignación de Velocidad Dinámica (DRA), o la Entidad de Control de Vectorización (VCE).

Otras variantes del algoritmo descrito pueden realizarse por la VANF 804 o 805 para determinar la asignación de intervalos de tiempo, transmisiones, vectorización, carga de bits, y ganancias. Dado un número N de intervalos de tiempo solapados, igualmente puede haber una búsqueda a través de diferentes tiempos posibles de los intervalos de tiempo solapados y no solapados y puede haber un intervalo de tiempo no solapado, así como también intervalos de tiempo parcialmente solapados. Además, pueden utilizarse criterios de parada diferentes a los expresamente establecidos por el método 700.

Otras funciones de banda ancha que pueden ser parte de las VANF 804 y 805 incluyen cualquiera de las siguientes extensiones, tales como diferenciación de servicios, asignación de niveles de Calidad de Servicio (QoS) y Clase de Servicio (CoS); Gestión Dinámica del Espectro (DSM), y control y gestión del acceso de banda ancha por parte del consumidor mediante el uso de aplicaciones o agentes de software.

Las VANF 804 y 805 pueden implementarse centralmente en una única infraestructura o implementarse de forma distribuida en infraestructuras dispares.

La BNG/BRAS (por ejemplo, consulte el elemento 220 en la Figura 2) y el CPE (por ejemplo, cualquiera de los 250A-F en la Figura 2), también pueden realizar control y gestión de la red de acceso de banda ancha que puede virtualizarse junto con las VANF.

El encadenamiento de servicios, mediante el uso de múltiples VANF encadenados o en paralelo y Componentes de Función de Red Virtualizados (VNFC). Dicho encadenamiento de servicios puede controlarse por un orquestador 802 o una función de orquestación equivalente. Por ejemplo, una primera VANF 804 o 805 puede ingresar datos de diagnóstico; una segunda VANF 804 o 805 analiza estos datos; y luego una tercera VANF utiliza los resultados del análisis para reconfigurar un nodo de acceso, sistema, línea, o transceptor.

Las VANF 804 o 805 pueden trabajar junto con controladores de Redes Definidas por Software (SDN).

Las VANF 804 u 805 también pueden implicar funciones, sistemas, e interfaces relacionadas; tales como inventario,

registros de planta, interfaces OSS-EMS, e interfaces de empresa a empresa.

Las Redes Ópticas Pasivas (PON) terminan muchas líneas de acceso en un Terminal Fino Óptico (OFT). El OFT es fundamental para realizar muchas funciones de capa 2 como programación, implementación de políticas, asignación de velocidades de bits, y asignaciones de tráfico. La determinación de la Asignación de Ancho de Banda Dinámica (DBA), las asignaciones de intervalos de tiempo, y las asignaciones de longitud de onda pueden virtualizarse. Los diagnósticos de fibra también pueden virtualizarse. Otras funciones multilínea son actualmente funciones físicas en el OLT. Muchas de estas funciones de acceso óptico pueden virtualizarse y convertirse en VANF.

Los Sistemas de Terminación de Módem por Cable (CMTS) terminan muchas líneas de módem por cable. El CMTS realiza muchas funciones tales como programación, implementación de políticas, asignación de velocidades de bits, y asignaciones de tráfico. El CMTS también es fundamental para las funciones entre múltiples líneas. Pueden virtualizarse las asignaciones de canal de Radiofrecuencia (RF), el control de unión multicanal, y los diagnósticos relacionados con el rendimiento de RF o fibra. Muchas de estas funciones basadas en cables pueden virtualizarse y convertirse en VANF.

Independientemente del tipo de línea de banda ancha o medio físico particular, los análisis de prueba, diagnósticos, monitoreo y resolución de problemas pueden virtualizarse. Los recursos informáticos a gran escala y las bases de datos que almacenan el historial a largo plazo en centros de datos o la nube pueden realizar análisis profundos mucho más allá de lo que es computacionalmente factible a través de los propios nodos de acceso implementados en el campo. Estos pueden ingresar datos de monitoreo, datos de prueba, datos de rendimiento, datos de diagnóstico, y datos de estado de línea o equipo. Las entradas son analizadas por la VANF 804 o 805 para detectar fallas, identificar un rendimiento deficiente, monitorear la Calidad del Servicio (QoS), monitorear la Calidad de la Experiencia (QoE), emitir alarmas, determinar el origen, ayudar en la resolución de problemas y, a veces también recomendar acciones de reparación. Los resultados del análisis de VANF pueden usarse para monitoreo fuera de línea o pruebas en tiempo real.

La VANF 804 u 805 puede reaccionar para realizar diagnósticos, análisis, o reconfiguraciones en respuesta a entradas de otros sistemas o personas. Un consumidor puede proporcionar retroalimentación que indique su satisfacción como cliente o su experiencia con la calidad de su servicio, lo que luego desencadena acciones en una VANF. La retroalimentación del consumidor puede proporcionarse directamente a una VANF 804 o 805, o la retroalimentación puede analizarse por sistemas adicionales o las VANF 804 u 805. Esto puede dar como resultado la generación de instrucciones de reparación, o la generación de un tiquet de problema para notificar a otro sistema, o puede resultar en que una VANF reconfigure un nodo de acceso, una línea, o un transceptor. Dicha retroalimentación de los clientes puede ingresarse a una VANF una vez, o múltiples veces repetidas. De manera similar, un proveedor de servicios o un sistema de monitoreo puede estimar la satisfacción del cliente e ingresar esta estimación a una VANF para desencadenar acciones adicionales.

La Figura 9 ilustra una representación esquemática de un sistema 900 (por ejemplo, para la virtualización de nodos de acceso) de acuerdo con cuales modalidades pueden operar, instalarse, integrarse, o configurarse.

De acuerdo con una modalidad, hay un sistema 900 que tiene al menos un procesador 996 y una memoria 995 en el mismo para ejecutar la lógica de implementación y/o las instrucciones 960. Dicho sistema 900 puede interactuar comunicativamente y ejecutarse cooperativamente con el beneficio de un entorno informático alojado, tal como un proveedor de servicios bajo demanda, un proveedor de servicios basado en la nube, o cualquier entidad que opere remotamente desde los elementos de red que tienen funciones que se abstraen y virtualizan por el sistema remoto, en el que los elementos de la red se interconectan de manera comunicable a través de una red, tal como una Internet pública.

De acuerdo con la modalidad representada, el sistema 900 incluye además una interfaz de plano de control 930 para interconectar de manera comunicable el sistema con un nodo de acceso 978 a través de una red (ver elemento 977 al nodo de acceso), en el que el nodo de acceso 978 se acopla físicamente con una pluralidad de líneas de banda ancha 979. Dicho sistema 900 incluye además un módulo virtualizado 945 para proporcionar una implementación virtualizada 946 de una pluralidad de funciones 980 del nodo de acceso 978 en el sistema 900, en el que el módulo virtualizado 945 se ejecuta en una infraestructura informática virtualizada 944; en el que la interfaz del plano de control 930 del sistema 900 debe recibir datos operativos actuales y condiciones operativas actuales 981 para la pluralidad de líneas de banda ancha 979 desde el nodo de acceso 978; y en el que el módulo virtualizado 945 debe actualizar las implementaciones virtualizadas 946 de la pluralidad de funciones 980 del nodo de acceso 978 en el sistema 900 de acuerdo con los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales 981 recibidas desde el nodo de acceso 978. Dicho sistema 900 incluye además un módulo de análisis 935 para analizar los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales 981 recibidas desde el nodo de acceso 978 y un módulo de instrucciones 925 para generar parámetros de control 982 para afectar la operación del nodo de acceso 978 en base al análisis de los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales 981 recibidos; y además en el que la interfaz del plano de control 930 debe enviar los parámetros de control 982 al nodo de acceso para su adopción en el nodo de acceso 978.

La Infraestructura de Virtualización de Funciones de Red (NFVI) proporciona medios alternativos mediante los cuales implementar la infraestructura informática virtualizada 944 del sistema 900. Independientemente, las Funciones de Red Virtualizadas (VNF) se ejecutan en la infraestructura informática virtualizada 944 del sistema 900 remota de los nodos de acceso 978 desde donde se originan las respectivas funciones 980. Por ejemplo, una vista virtualizada de los recursos informáticos del nodo de acceso 978 se hace disponible localmente en el sistema 900, extraída por el módulo virtualizado 945.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado incluye un módulo de Función de Red Virtualizada (VNF) que se ejecuta en una Infraestructura de Virtualización de Funciones de Red (NFVI), y controlado por uno o más de un Gestor de Funciones de Red Virtualizada (VNFM); y un Orquestador de Virtualización de Funciones de Red (NFVO).

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, la interfaz del plano de control para enviar los parámetros de control al nodo de acceso para su adopción en el nodo de acceso incluye la interfaz del plano de control para ordenar al nodo de acceso que adopte los parámetros de control enviados como una nueva configuración operativa.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el nodo de acceso incorpora uno de: un Multiplexor de Acceso a Línea de Abonado Digital (DSLAM); una Unidad de Punto de Distribución (DPU); un Terminal de Línea Óptica (OLT); y un Sistema de Terminación de Módem por Cable (CMTS).

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el sistema incorpora la funcionalidad del servidor de Función de Red Virtualizada (VNF) físicamente remota del nodo de acceso y en comunicación con el nodo de acceso a través de la red.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, la funcionalidad del servidor VNF se implementa por un proveedor de servicios de terceros diferente de un operador de Internet de banda ancha que posee y es responsable del equipo de red para operar la pluralidad de líneas de banda ancha y diferente de un proveedor de servicios de banda ancha responsable de proporcionar servicios de comunicación de banda ancha a clientes de servicios de banda ancha; y en el que el servidor VNF interactúa de manera comunicable con el nodo de acceso a través de una Internet pública o privada a través de elementos de red de banda ancha del operador del sistema de banda ancha o del proveedor de servicios de banda ancha.

Dicho proveedor de servicios de banda ancha puede ser un proveedor de servicios de banda ancha de tipo DSL, cable, banda ancha, acceso de fibra, o G.fast, etc.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el proveedor de servicios de terceros proporciona servicios de virtualización de red para el nodo de acceso y la pluralidad de líneas DSL dentro de una red DSL como un servicio en la nube basado en suscripción.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, la pluralidad de líneas de banda ancha incluye una pluralidad de Líneas de Abonado Digital (líneas DSL) de una red DSL.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado es para virtualizar funciones de un nodo de acceso de banda ancha definiendo una o más interfaces externas las funciones como que corresponden a las funciones del nodo de acceso de banda ancha, en las que las una o más interfaces externas y las funciones definidas se implementarán en una infraestructura virtualizada dentro de la cual opera el sistema.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado virtualiza funciones de un nodo de acceso de banda ancha, las funciones que se seleccionan del grupo que incluye: una función de Agente de Gestión Persistente (PMA); una función de Asignación de Velocidad Dinámica (DRA); una función de Entidad de Control de Energía (PCE); una función de Entidad de Control de Vectorización (VCE); una función de gestión de Alimentación de Energía Remota (RPF); una función de gestión de telefonía derivada; una función de Operaciones, Administración, y Gestión (OAM) de cero toque; funciones de asignación de Clase de Servicio (CoS); funciones de monitoreo de Calidad de Servicio (QoS); una o más funciones para soportar, interpretar, y manejar mensajes de jadeo final procedentes de los transeptores; una o más funciones para realizar la Gestión Dinámica del Espectro (DSM); una o más funciones para implementar el control de una tabla de carga de bits de referencia; una o más funciones para implementar el control de una tabla de carga de bits activa; una o más funciones para implementar el control de ganancias de subportadora; una o más funciones para implementar el control de velocidades de bits y márgenes SNR; una o más funciones para soportar aplicaciones especificadas, proporcionadas, o administradas por el consumidor que se ejecutarán localmente dentro del sistema o se ejecutarán remotamente del sistema y se interconectarán nuevamente con el sistema; y una o más funciones para realizar diagnósticos.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado virtualiza funciones para uno o más de: una implementación de Línea de Abonado Digital Asimétrica (ADSL); una implementación ADSL1; una implementación ADSL2; una implementación ADSL2plus; una implementación de Línea de Abonado Digital de Muy alta velocidad (VDSL); una implementación VDSL1; una implementación VDSL2; una implementación VDSL vectorizada; una

- 5 implementación G.fast; una implementación de Fibra al Nodo (FTTN); una implementación de Fibra hasta el Punto de Distribución (FTTdp); una implementación de Redes Ópticas Pasivas (PON); una implementación Gigabit PON (GPON); una implementación de PON de Próxima Generación (NGPON); una implementación de PON (XG-PON) con capacidad de 10 Gigabits; una implementación de Ethernet PON (EPON); una implementación de 10 Gigabit PON (10GE PON); una implementación de Ethernet punto a punto sobre fibra; y una implementación del Sistema de Terminación de Módem por Cable (CMTS).
- 10 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado virtualiza funciones para una red de Líneas de Abonado Digitales de Muy alta velocidad (VDSL); y en el que el módulo virtualizado realiza uno o más de: (i) gestión de energía y control de estados de enlace de baja potencia para la red de líneas VDSL, (ii) control y gestión del ruido virtual adaptativo al horario de emisión o ruido virtual autónomo en la red de líneas VDSL, (iii) gestión de vectorización en la red de líneas VDSL, y (iv) Entidad de Control de Vectorización (VCE) para la red de líneas VDSL.
- 15 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado virtualiza funciones para al menos uno de: gestionar el tráfico; gestionar la energía; vectorizar para G.fast; y la determinación sobre múltiples de las líneas de banda ancha a través de uno o más de: Asignación de Velocidad Dinámica (DRA), operación discontinua, control de energía, control de vectorización, tablas de carga de bits de referencia, tablas de carga de bits activos, ganancias por subportadora, y Ajuste de Ganancia Iniciado por el Transmisor (TIGA).
- 20 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado implementa un Agente de Gestión Persistente Virtual o un Agente de Gestión Persistente Virtual G.fast para almacenar de forma persistente diagnósticos, para almacenar de forma persistente información de configuración, para controlar y gestionar la información de alimentación de energía inversa (RPF), para controlar las conexiones desde una Unidad de Punto de Distribución (DPU) a los suscriptores conectados con las líneas de banda ancha, y/o para administrar los Modos de Bajo Consumo de Energía (LPM) de G.fast.
- 25 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado virtualiza funciones para una Red Óptica Pasiva (PON) o un Terminal de Línea Óptica (OLT), en el que las funciones virtualizadas de la PON o la OLT son para realizar una o más de: Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA); asignación y programación de intervalos de tiempo para diferentes usuarios y diferentes tipos de tráfico; y asignaciones de longitud de onda en implementaciones Multiplexadas por División de Longitud de Onda (WDM) o implementaciones híbridas WDM/PON por división de tiempo.
- 30 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado virtualiza funciones para un Sistema de Terminación de Módem por Cable (CMTS), en el que las funciones virtualizadas del CMTS son para realizar una o más de: asignación de intervalos de tiempo; programación de intervalos de tiempo; gestión del tráfico por intervalos de tiempo; asignación de canales de Radiofrecuencia (RF); control de la Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM); y control de la unión de canales.
- 35 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado virtualiza interfaces que permiten el Acceso al Lazo Virtual Desagregado (VULA).
- 40 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo de análisis 935 debe analizar uno o más de los parámetros de prueba, parámetros de monitoreo del rendimiento, parámetros de diagnóstico, y parámetros de estado; y en el que el módulo de análisis debe monitorear además la Calidad de Servicio (QoS), monitorear la Calidad de Experiencia (QoE), monitorear la emisión de alarmas, analizar entradas para determinar el origen e informar las operaciones de solución de problemas a través de resultados de análisis.
- 45 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo de análisis debe analizar diagnósticos de entrada o analizar la salida y generar en respuesta al menos uno de: una recomendación de reparación o acción correctiva; un tíquet de problema; una reconfiguración para el nodo de acceso; una reconfiguración de línea; y una reconfiguración del transceptor.
- 50 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, la interfaz del plano de control para enviar los parámetros de control al nodo de acceso para su adopción en el nodo de acceso incluye el plano de control del sistema para interactuar con al menos uno de: una Función de Red Física (FNP); una Puerta de Enlace de Red de Banda Ancha (BNG); un Servidor de Acceso Remoto de Banda Ancha (BRAS); un Equipo en las Instalaciones del Cliente (CPE); unas Puertas de Enlace Residenciales (RG); un controlador de Redes Definidas por Software (SDN); uno o más sistemas de Gestión; uno o más Sistemas de Soporte de Operaciones (OSS); uno o más Sistemas de Soporte Empresarial (BSS); y uno o más Sistemas de Gestión de Elementos (EMS).
- 55 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado proporciona la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones del nodo de acceso dentro de una máquina virtual para ejecutar en el sistema, en el que se va a realizar una copia de seguridad de la máquina virtual en almacenamiento persistente como un archivo, y en el que la máquina virtual es redistribuible a otros sistemas capaces de ejecutar la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones del nodo de acceso.
- 60 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado proporciona la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones del nodo de acceso dentro de una máquina virtual para ejecutar en el sistema, en el que se va a realizar una copia de seguridad de la máquina virtual en almacenamiento persistente como un archivo, y en el que la máquina virtual es redistribuible a otros sistemas capaces de ejecutar la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones del nodo de acceso.
- 65

De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado proporciona la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones del nodo de acceso ya sea centralizadas dentro de una única infraestructura o distribuidas en infraestructuras dispares.

5 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado proporciona la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones del nodo de acceso a través del encadenamiento de servicios lo mismo con múltiples Componentes de Función de Red Virtualizados (VNFC) encadenados o dentro de VNFC paralelos, los VNFC que se controlan mediante una función de orquestación expuesta en el sistema.

10 De acuerdo con otra modalidad del sistema 900, el módulo virtualizado debe realizar reconfiguraciones en respuesta a una entrada que tiene una medida de satisfacción del consumidor en la misma, la medida de satisfacción del consumidor que constituye uno o más de: entrada del consumidor; una estimación de la satisfacción del consumidor determinada por un sistema de monitoreo; una estimación de la satisfacción del consumidor determinada por un sistema de gestión de la calidad del servicio; y una estimación de la satisfacción del consumidor proporcionada por
15 un proveedor de servicios.

En una modalidad, el sistema 900 incluye bus(es) de comunicación 915 para transferir transacciones, instrucciones, solicitudes, resultados de pruebas, análisis, condiciones operativas actuales, entradas y salidas de diagnóstico, instrucciones salientes y parámetros de configuración, y otros datos dentro del sistema 900 entre una pluralidad de
20 dispositivos periféricos interconectados de manera comunicable con uno o más buses de comunicación 915. La interfaz del plano de control 930 del sistema 900 puede recibir además solicitudes, devolver respuestas, y de cualquier otra manera interactuar con elementos de red ubicados por separado del sistema 900.

En algunas modalidades, la interfaz del plano de control 930 comunica información a través de una conexión fuera de banda separada de las comunicaciones basadas en línea DSL, donde las comunicaciones “dentro de banda” son comunicaciones que atraviesan los mismos medios de comunicación que los datos de carga útil (por ejemplo, contenido) que se intercambian entre dispositivos en red y donde las comunicaciones “fuera de banda” son comunicaciones que atraviesan un medio de comunicación aislado, separado del mecanismo para la comunicación de los datos de carga útil. Una conexión fuera de banda puede servir como una interfaz redundante o de respaldo
25 sobre la cual comunicar datos de control entre el sistema 900 y otros dispositivos en red o entre el sistema 900 y un proveedor de servicios de terceros. Por ejemplo, la interfaz del plano de control 930 puede proporcionar un medio mediante el cual comunicarse con el sistema 900 para proporcionar o recibir funciones e información relacionadas con la gestión y el control.

35 La Figura 10 representa un diagrama de flujo de un método 1000 para implementar la virtualización de funciones del nodo de acceso. El método 1000 puede realizarse mediante lógica de procesamiento que puede incluir hardware (por ejemplo, circuitos, lógica dedicada, lógica programable, microcódigo, etc.), software (por ejemplo, instrucciones ejecutadas en un dispositivo de procesamiento) para realizar varias operaciones tales como gestionar, controlar, analizar, recopilar, generar, monitorear, diagnosticar, ejecutar, presentar, recibir, interconectar de manera comunicable, virtualizar, actualizar, analizar, enviar, comunicar, recibir, transmitir, procesar, proporcionar, determinar, activar, mostrar, recuperar, devolver, etc., en virtud de los sistemas y métodos como se describió en la presente descripción. Por ejemplo, el(los) sistema(s) 170 como se representa(n) en la Figura 1, la Gestión, los Sistemas, el(los) Controlador(es) 215 como se representan en la Figura 2, la arquitectura 800 como se representa en la Figura
40 8, los sistemas 900 y 1100 en las Figuras 9 y 11 respectivamente, o la máquina 1300 en la Figura 13, pueden implementar las metodologías descritas. Algunos de los bloques y/u operaciones que se enumeran a continuación son opcionales de acuerdo con ciertas modalidades. La numeración de los bloques presentados es para mayor claridad y no pretende prescribir un orden de operaciones en el que deben ocurrir los varios bloques.

El método 1000 comienza en el bloque 1005 con la lógica de procesamiento para interconectar de manera comunicable una interfaz del plano de control del sistema con un nodo de acceso a través de una red, en la que el nodo de acceso se acopla físicamente con una pluralidad de líneas de banda ancha.

En el bloque 1010, la lógica de procesamiento virtualiza una pluralidad de funciones del nodo de acceso en el sistema.

55 En el bloque 1015, la lógica de procesamiento proporciona una implementación virtualizada de las funciones virtualizadas del nodo de acceso a través de un módulo virtualizado del sistema, en el que el módulo virtualizado se ejecuta en una infraestructura informática virtualizada.

60 En el bloque 1020, la lógica de procesamiento recibe, a través de la interfaz del plano de control, datos operativos actuales y condiciones operativas actuales para la pluralidad de líneas de banda ancha desde el nodo de acceso.

En el bloque 1025, la lógica de procesamiento actualiza la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones del nodo de acceso en el sistema de acuerdo con los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas desde el nodo de acceso.

65

En el bloque 1030, la lógica de procesamiento analiza, a través de un módulo de análisis del sistema, los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas desde el nodo de acceso.

En el bloque 1035, la lógica de procesamiento genera, a través de un módulo de instrucciones, parámetros de control para afectar la operación del nodo de acceso en base al análisis de los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas.

En el bloque 1040, la lógica de procesamiento envía, a través de la interfaz del plano de control, los parámetros de control al nodo de acceso para su adopción en el nodo de acceso.

De acuerdo con otra modalidad del método 1000, el módulo virtualizado incluye un módulo de Función de Red Virtualizada (VNF) que se ejecuta en una Infraestructura de Virtualización de Funciones de Red (NFVI), y controlado por uno o más de un Gestor de Funciones de Red Virtualizada (VNFM); y un Orquestador de Virtualización de Funciones de Red (NFVO).

De acuerdo con una modalidad particular, hay medios de almacenamiento no transitorios legibles por ordenador, que tienen instrucciones almacenadas en los mismos que, cuando se ejecutan por uno o más procesadores y memoria de una infraestructura de computación en la nube virtualizada, las instrucciones hacen que el sistema realice operaciones que incluyen: interconectar de manera comunicable una interfaz del plano de control del sistema con un nodo de acceso a través de una red, en el que el nodo de acceso se acopla físicamente con una pluralidad de líneas de banda ancha; virtualizar una pluralidad de funciones del nodo de acceso en el sistema; proporcionar una implementación virtualizada de las funciones virtualizadas del nodo de acceso a través de un módulo virtualizado del sistema, en el que el módulo virtualizado se ejecuta en la infraestructura de computación en la nube virtualizada; recibir, a través de la interfaz del plano de control, datos operativos actuales y condiciones operativas actuales para la pluralidad de líneas de banda ancha desde el nodo de acceso; actualizar la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones del nodo de acceso en el sistema de acuerdo con los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas desde el nodo de acceso; analizar, a través de un módulo de análisis del sistema, los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas desde el nodo de acceso; generar, a través de un módulo de instrucciones, parámetros de control para afectar la operación del nodo de acceso en base al análisis de los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas; y enviar, a través de la interfaz del plano de control, los parámetros de control al nodo de acceso para su adopción en el nodo de acceso.

La Figura 11 ilustra una representación esquemática de un sistema 1100 (por ejemplo, una implementación de una VANF) de acuerdo con la cual las modalidades pueden operar, instalarse, integrarse, o configurarse.

De acuerdo con una modalidad, hay un sistema 1100 que tiene al menos un procesador 1196 y una memoria 1195 en el mismo para ejecutar la lógica de implementación y/o las instrucciones 1160. Dicho sistema 1100 puede interactuar comunicativamente y ejecutarse cooperativamente con el beneficio de un entorno informático alojado, tal como un proveedor de servicios bajo demanda, un proveedor de servicios basado en la nube, o cualquier entidad que opere remotamente desde los elementos de red que tienen funciones que se abstraen y virtualizan por el sistema remoto, en el que los elementos de la red se interconectan de manera comunicable a través de una red, tal como una Internet pública.

De acuerdo con la modalidad representada, el sistema 1100 incluye además un módulo virtualizado 1145 que opera en la infraestructura informática virtualizada 1144, en el que el módulo virtualizado 1145 debe proporcionar una implementación virtualizada 1146 de una pluralidad de funciones 1180 asociadas con una o más Unidades de Punto de Distribución (DPU) ubicadas remotamente y/o Multiplexores de Acceso a Línea de Abonado Digital (DSLAM) 1178, cada una de las una o más DPU y/o DSLAM 1178 ubicadas remotamente que tiene una pluralidad de líneas de banda ancha 1179 acopladas a las mismas; en el que el módulo virtualizado 1145 controla adicionalmente las funciones del Agente de Gestión Persistente (PMA) 1183 y controla la coordinación de la una o más DPU y/o DSLAM 1178 ubicadas remotamente y la pluralidad de líneas de banda ancha 1179 acopladas con la una o más DPU y/o DSLAM 1178 ubicadas remotamente virtualizando una o más funciones 1180 de la una o más DPU y/o DSLAM 1178 ubicadas remotamente para operar en la infraestructura informática virtualizada 1144. Dicho sistema 1100 incluye además una interfaz de red 1130 para recibir datos 1181 y enviar instrucciones de control 1182 para la operación de la pluralidad de líneas de banda ancha 1179 hacia y desde la una o más DPU y/o DSLAM 1178 ubicadas remotamente.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, el módulo virtualizado debe comunicarse además bidireccionalmente con la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, el módulo virtualizado incorpora un módulo de Función de Red Virtualizada (VNF) para proporcionar la implementación virtualizada de las funciones asociadas con una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente; en el que el módulo de VNF para operar en la infraestructura informática virtualizada del sistema incluye el módulo de VNF para operar en una Infraestructura de Función de Red Virtualizada (VNFI) mediante el uso de los procesadores y la memoria de esta infraestructura; y en el que el VNFI del sistema

virtualiza las funciones de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente localmente en el sistema.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, la interfaz de red es para enlazar de manera comunicable el sistema con la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente al menos parcialmente a través de una Red pública o privada; y en el que la interfaz de red incluye una interfaz de plano de control para enlazar de manera comunicable el módulo virtualizado del sistema con la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, la interfaz del plano de control del sistema es para recibir datos operativos actuales y condiciones operativas actuales para la pluralidad de líneas de banda ancha desde la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente a través de la Internet pública o privada.

De acuerdo con otra modalidad, el sistema 1100 incluye, además: un módulo de análisis 1135 para analizar los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente; y un módulo de instrucción 1125 para generar parámetros de control para afectar la operación de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente en base al análisis de los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales recibidas.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, el módulo virtualizado es para actualizar la implementación virtualizada de la pluralidad de funciones de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente del sistema de acuerdo con los datos operativos actuales y las condiciones operativas actuales desde la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, el módulo virtualizado se actualiza mediante unos Sistemas de Gestión de Elementos (EMS) y/o unos Sistemas de Gestión de Red (NMS) de manera comunicable interconectados con el módulo virtualizado del sistema.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, el EMS y/o el NMS envía comandos al módulo virtualizado del sistema haciendo que el módulo virtualizado agregue o cambie servicios y/o configuraciones en una o más de la pluralidad de líneas como se representa dentro de la implementación virtualizada en el sistema; y en el que el sistema incluye además un módulo de análisis para: (i) analizar los servicios y/o configuraciones a través de las funciones de PMA, y (ii) controlar la coordinación de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente emitiendo comandos a la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente en base al análisis de los servicios y/o configuraciones.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, cada una de la pluralidad de funciones se seleccionan del grupo que incluye: (i) Operaciones, Administración y Gestión (OAM) cero toque (ii) control y gestión de la operación discontinua, (iii) control y gestión de la Asignación de Velocidad Dinámica (DRA), (iv) gestión de telefonía derivada, (v) gestión de Alimentación de Energía Inversa (RPF), (vi) gestión del consumo de energía y estados de enlace de baja potencia, (vii) control y gestión de vectorización, (viii) cálculo de coeficientes de vectorización, (ix) funcionalidades de capa 2 y superiores, (x) gestión de ruido virtual adaptativo al horario de emisión, y (xi) determinación de parámetros de control.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, la pluralidad de funciones incluye una determinación integrada y coordinada sobre la pluralidad de líneas de banda ancha de uno o más parámetros de control, el uno o más parámetros de control seleccionados cada uno del grupo que incluye: Asignación de Velocidad Dinámica (DRA), parámetros de control de operación discontinua, parámetros de control de energía, parámetros de control de vectorización, tablas de carga de bits de referencia, tablas de carga de bits activos, parámetros de control de ganancias por subportadora, y parámetros de control de ajuste de ganancia iniciado por el transmisor (TIGA).

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, el módulo virtualizado para controlar las funciones de PMA y la coordinación de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente incluye: el módulo virtualizado que abstrae el control de vectorización de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente, en los que el control de vectorización abstraído de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente se realiza localmente en la infraestructura informática virtualizada a través del módulo virtualizado; y en el que el sistema incluye además la interfaz de red para enviar instrucciones de control para la operación de la pluralidad de líneas de banda ancha a la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente, las instrucciones de control que especifican al menos operaciones de vectorización para la pluralidad de líneas de banda ancha.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, el módulo virtualizado además virtualiza funciones de PMA abstraídas de una unidad de Terminación de Línea Óptica (OLT) de manera comunicable enlazada con una cualquiera de las DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, la una o más DPU ubicadas remotamente incorporan una unidad de "Fibra al Punto de distribución" ("FTTdp") que opera la pluralidad de líneas de banda ancha de acuerdo con uno cualquiera de: un estándar de comunicaciones compatible con Línea de Abonado Digital de Muy alta velocidad de bits ("VDSL"); un estándar de comunicaciones compatible con G.fast; un estándar de comunicaciones compatible

con G.vdsl; un estándar de comunicaciones compatible con ITU-T G.9701; o un estándar de comunicaciones compatible con ITU-T G.993.2.

De acuerdo con otra modalidad, el sistema 1100 incluye, además: la interfaz de red para enviar instrucciones de control para la operación de la pluralidad de líneas de banda ancha en una cualquiera de las DPU ubicadas remotamente de acuerdo con cualquiera de los estándares de comunicaciones compatibles con G.fast, G.vdsl, VDSL, ITU-T G.9701, o ITU-T G.993.2.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, la infraestructura informática virtualizada se implementa mediante un servicio de computación en la nube que opera en una ubicación geográfica diferente de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente, y en el que el servicio de computación en la nube es accesible para la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente a través de una Internet pública o privada.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, la infraestructura informática virtualizada se implementa dentro de un centro de datos que opera en una ubicación geográfica diferente de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente, y en el que la infraestructura informática es accesible a la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente a través de una interfaz de red privada o una interfaz de Red Privada Virtual (VPN).

Por ejemplo, los grandes operadores de redes pueden optar por utilizar su propia plataforma de computación en la nube o centro de datos, y su propia red entre la nube y la DPU/DSLAM en lugar de suscribirse a servicios proporcionados por un tercero. En tal caso, la interconexión de red puede ser privada u operar a través de una VPN establecida a través de trayectorias de comunicación públicas y/o privadas, y las capacidades de computación en la nube no son servicios de suscripción en absoluto para una entidad tan grande, sino más bien, son servicios proporcionados internamente.

De acuerdo con otra modalidad del sistema 1100, el sistema incorpora una interfaz de computación en la nube accesible a través de una Internet pública o privada, con la infraestructura de computación en la nube alojando funciones virtualizadas de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente, que incluye el acceso indirecto y el control indirecto de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente sin requerir que los usuarios de la interfaz de computación en la nube accedan directamente o se autenticuen directamente en una cualquiera de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente.

En una modalidad, el sistema 1100 incluye bus(es) de comunicación 1115 para transferir transacciones, instrucciones, solicitudes, resultados de pruebas, análisis, condiciones operativas actuales, entradas y salidas de diagnóstico, instrucciones salientes y parámetros de configuración, y otros datos dentro del sistema 1100 entre una pluralidad de dispositivos periféricos interconectados de manera comunicable con uno o más buses de comunicación 1115. La interfaz de red 1130 (por ejemplo, o una interfaz del plano de control de acuerdo con modalidades seleccionadas) del sistema 1100 puede además recibir solicitudes, devolver respuestas, y de cualquier otra manera interactuar con elementos de red ubicados por separado del sistema 1100.

La Figura 12 representa un diagrama de flujo de un método 1200 para implementar funciones del Agente de Gestión Persistente (PMA) para el control y la coordinación de componentes de DPU y DSLAM. El método 1200 puede realizarse mediante lógica de procesamiento que puede incluir hardware (por ejemplo, circuitos, lógica dedicada, lógica programable, microcódigo, etc.), software (por ejemplo, instrucciones ejecutadas en un dispositivo de procesamiento) para realizar varias operaciones tales como exponer, gestionar, controlar, analizar, recopilar, generar, monitorear, diagnosticar, ejecutar, presentar, recibir, interactuar de manera comunicable, virtualizar, actualizar, analizar, enviar, comunicar, recibir, transmitir, procesar, proporcionar, determinar, activar, mostrar, recuperar, devolver, etc., en virtud de los sistemas y métodos como se describió en la presente descripción. Por ejemplo, el(los) sistema(s) 170 como se representa(n) en la Figura 1, la Gestión, los Sistemas, el(los) Controlador(es) 215 como se representan en la Figura 2, la arquitectura 800 como se representa en la Figura 8, los sistemas 900 y 1100 en las Figuras 9 y 11 respectivamente, o la máquina 1300 en la Figura 13, pueden implementar las metodologías descritas. Algunos de los bloques y/u operaciones que se enumeran a continuación son opcionales de acuerdo con ciertas modalidades. La numeración de los bloques presentados es para mayor claridad y no pretende prescribir un orden de operaciones en el que deben ocurrir los varios bloques.

El método 1200 comienza en el bloque 1205 con lógica de procesamiento para exponer en el sistema, una implementación virtualizada de una pluralidad de funciones asociadas con una o más Unidades de Punto de Distribución (DPU) y/o Multiplexores de Acceso a Línea de Abonado Digital (DSLAM) ubicadas remotamente, cada una de las una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente que tiene una pluralidad de líneas de banda ancha acopladas a las mismas.

En el bloque 1210, la lógica de procesamiento virtualiza una o más funciones de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente para operar en una infraestructura informática virtualizada que se ejecuta a través del uno o más procesadores y la memoria del sistema.

En el bloque 1215, la lógica de procesamiento controla las funciones del Agente de Gestión Persistente (PMA) y

controla la coordinación de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente y la pluralidad de líneas de banda ancha acopladas con la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente en la implementación virtualizada a través de la una o más funciones virtualizadas.

- 5 En el bloque 1220, la lógica de procesamiento envía instrucciones de control para la operación de la pluralidad de líneas de banda ancha a la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente.

De acuerdo con otra modalidad del método 1200, virtualizar una o más funciones de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente incluye operar un módulo de Función de Red Virtualizada (VNF) que se ejecuta en una
10 Infraestructura de Virtualización de Funciones de Red (NFVI) a través de la infraestructura informática virtualizada del sistema.

De acuerdo con otra modalidad del método 1200, el módulo de Función de Red Virtualizada (VNF) se controla por uno o más de un Gestor de Funciones de Red Virtualizada (VNFM); y un Orquestador de Virtualización de
15 Funciones de Red (NFVO).

De acuerdo con una modalidad particular, hay medios de almacenamiento no transitorios legibles por ordenador, que tienen instrucciones almacenadas en los mismos que, cuando se ejecutan por uno o más procesadores y la memoria de una infraestructura de computación en la nube virtualizada, las instrucciones hacen que el sistema
20 realice operaciones que incluyen: exponer en el sistema, una implementación virtualizada de una pluralidad de funciones asociadas con una o más Unidades de Punto de Distribución (DPU) y/o Multiplexores de Acceso a Línea de Abonado Digital (DSLAM) ubicadas remotamente, cada una de las una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente que tienen una pluralidad de líneas de banda ancha acopladas a ellas; virtualizar una o más funciones de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente para operar en una infraestructura informática virtualizada
25 que se ejecuta a través de los procesadores y la memoria del sistema; controlar las funciones del Agente de Gestión Persistente (PMA) y controlar la coordinación de la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente y la pluralidad de líneas de banda ancha acopladas con la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente en la implementación virtualizada a través de la virtualizada o más funciones; y enviar instrucciones de control para la operación de la pluralidad de líneas de banda ancha a la una o más DPU y/o DSLAM ubicadas remotamente.

La Figura 13 ilustra una representación esquemática de una máquina 1300 en la forma ilustrativa de un sistema informático, de acuerdo con una modalidad, dentro de la cual podrá ejecutarse un conjunto de instrucciones, para hacer que la máquina 1300 realice una cualquiera o más de las metodologías discutidas en la presente descripción.
30 En modalidades alternativas, la máquina puede conectarse, conectarse en red, interconectarse, etc., con otras máquinas en una Red de Área Local (LAN), una Red de Área Amplia, una intranet, una extranet, o la Internet. La máquina puede operar en la capacidad de un servidor o una máquina cliente en un entorno de red cliente-servidor, o como una máquina par en un entorno de red de par a par (o distribuida). Ciertas modalidades de la máquina pueden estar en la forma de un ordenador personal (PC), un tablet PC, un decodificador (STB), un Asistente Digital Personal (PDA), un teléfono móvil, un dispositivo web, un servidor, un enrutador de red, un conmutador o puente, un
40 sistema informático, o cualquier máquina capaz de ejecutar un conjunto de instrucciones (secuenciales o de cualquier otra manera) que especifiquen las acciones que debe realizar dicha máquina. Adicionalmente, mientras solo se ilustra una única máquina, el término "máquina" también se entenderá que incluye cualquier colección de máquinas (por ejemplo, ordenadores) que ejecutan individualmente o juntos un conjunto (o múltiples conjuntos) de instrucciones para realizar una cualquiera o más de las metodologías descritas en la presente descripción.

El sistema informático ilustrativo 1300 incluye el(los) procesador(es) 1302, una memoria principal 1304 (por ejemplo, memoria de sólo lectura (ROM), memoria flash, memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM) tal como DRAM síncrona (SDRAM) o DRAM Rambus (RDRAM), etc., memoria estática tal como memoria flash, memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), RAM volátil pero de alta velocidad de datos, etc.), y una memoria secundaria 1318 (por
50 ejemplo, un dispositivo de almacenamiento persistente que incluye unidades de disco duro e implementaciones de bases de datos persistentes), que se comunican entre sí a través de un bus 1330. La memoria principal 1304 incluye información e instrucciones y componentes de programas de software necesarios para realizar y ejecutar las funciones con respecto a las varias modalidades de los sistemas, métodos, y dispositivos de gestión como se describió en la presente descripción. El módulo de análisis 1324, el módulo virtualizado 1325, y la implementación virtualizada 1323 pueden almacenarse dentro de la memoria principal 1304 y ejecutarse desde la memoria principal 1304 para llevar a cabo las metodologías como se describió en la presente descripción. La memoria principal 1304 y sus subelementos (por ejemplo, 1323, 1324 y 1325) son operables junto con la lógica de procesamiento 1326 y/o el software 1322 y el(los) procesador(es) 1302 para realizar las metodologías discutidas en la presente descripción.

El(Los) procesador(es) 1302 puede(n) representar uno o más dispositivos de procesamiento de propósito general tales como un microprocesador, una unidad central de procesamiento, o similares. Más particularmente, el(los) procesador(es) 1302 puede(n) ser microprocesadores de computación de conjunto de instrucciones complejas (CISC), microprocesadores de computación de conjunto de instrucciones reducido (RISC), microprocesadores de palabra de instrucción muy larga (VLIW), procesadores que implementan otros conjuntos de instrucciones, o
65 procesadores que implementan una combinación de conjuntos de instrucciones. El(Los) procesador(es) 1302 también puede(n) ser uno o más dispositivos de procesamiento de propósito especial tales como un circuito

integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de puertas programables en campo (FPGA), un procesador de señales digitales (DSP), un procesador de red o similares. El(Los) procesador(es) 1302 puede(n) configurarse para ejecutar la lógica de procesamiento 1326 para realizar las operaciones y la funcionalidad que se discute en la presente descripción.

5 El sistema informático 1300 puede incluir además una o más tarjetas de interfaz de red 1308 para interconectar comunicativamente el sistema informático 1300 con una o más redes 1320 desde las cuales se puede recopilar información para su análisis. El sistema informático 1300 también puede incluir una interfaz del usuario 1310 (tal como una unidad de visualización de vídeo, una pantalla de cristal líquido (LCD), o un tubo de rayos catódicos (CRT)), un dispositivo de entrada alfanumérica 1312 (por ejemplo, un teclado), un dispositivo de control de cursor 10 1314 (por ejemplo, un ratón), y un dispositivo de generación de señales 1316 (por ejemplo, un altavoz integrado). El sistema informático 1300 puede incluir además un dispositivo periférico 1336 (por ejemplo, dispositivos de comunicación inalámbricos o por cable, dispositivos de memoria, dispositivos de almacenamiento, dispositivos de procesamiento de audio, dispositivos de procesamiento de vídeo, etc.). El sistema informático 1300 puede realizar las funciones de un dispositivo de gestión 1334 capaz de interconectarse con líneas de comunicación digitales tales como líneas telefónicas de cobre dentro de grupos vectorizados y no vectorizados, monitorear, recopilar, analizar, y reportar información, e iniciar, activar, y ejecutar varias instrucciones de detección y localización de fallos.

20 La memoria secundaria 1318 puede incluir un medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina (o más específicamente un medio de almacenamiento no transitorio accesible por máquina) 1331 en el que se almacena uno o más conjuntos de instrucciones (por ejemplo, software 1322) que incorporan una cualquiera o más de las metodologías o funciones descritas en la presente descripción. El software 1322 también puede residir, o alternativamente residir dentro de la memoria principal 1304, y puede además residir completa o al menos parcialmente dentro del (de los) procesador(es) 1302 durante la ejecución del mismo por el sistema informático 1300, la memoria principal 1304 y el(los) procesador(es) 1302 constituyen también medios de almacenamiento legibles por máquina. El software 1322 puede transmitirse o recibirse adicionalmente por una red 1320 a través de una tarjeta de interfaz de red 1308.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende:
una capa de abstracción de funciones que permite la comunicación;
5 una primera al menos una interfaz para acoplar la capa de abstracción de funciones a elementos de la red de acceso de banda ancha;
al menos un módulo virtualizado configurado para ejecutarse en una estructura informática virtualizada, el al menos un módulo virtualizado acoplado a una interfaz a la capa de abstracción de funciones, el al menos un módulo virtualizado configurado para realizar las etapas de:
10 proporcionar (1015) una implementación virtualizada de al menos una función de los elementos de la red de acceso de banda ancha;
en respuesta a recibir (1020) datos operativos y condiciones operativas actuales para el acceso de banda ancha desde al menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha a través de la capa de abstracción de funciones, actualizar (1025) la implementación virtualizada de la al menos una función de los elementos de la red de acceso de banda ancha;
15 generar (1035) parámetros de control para afectar una operación de al menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha, los parámetros de control que se basan al menos parcialmente en los datos operativos y las condiciones operativas actuales; y
comunicar los parámetros de control a al menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha a través de la capa de abstracción de funciones.
20
2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la comunicación habilitada comprende mediar una solicitud por al menos un proveedor de servicios, opcionalmente en donde el al menos un proveedor de servicios interactúa con al el menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha a través de la capa de abstracción de funciones.
25
3. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde el al menos un módulo virtualizado comprende un módulo de Función de Red Virtualizada (VNF), la VNF configurada para operar en una Infraestructura de Virtualización de Funciones de Red (NFVI) y para controlarse por uno o más de:
30 un Gestor de Funciones de Red Virtualizada (VNFM);
un sistema de gestión y controlador; o
un Orquestador de Virtualización de Funciones de Red (NFVO),
y/o en donde el al menos un módulo virtualizado proporciona la implementación virtualizada a través del encadenamiento de servicios con múltiples Componentes de Función de Red Virtualizados (VNFC) encadenados o dentro de VNFC paralelos, los VNFC que se controlan por una función de orquestación.
35
4. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde el al menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha comprende uno o más de:
40 una Puerta de Enlace de Red de Banda Ancha (BNG);
un nodo de acceso;
un dispositivo de agregación de nodos de acceso,
una Puerta de Enlace Residencial (RG); o
un Equipo en las Instalaciones del Cliente (CPE).
45
5. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde la estructura informática virtualizada comprende componentes de hardware en diferentes ubicaciones y componentes de software.
50
6. El sistema de cualquier reivindicación anterior que comprende además una interfaz común que proporciona comunicación entre al menos un proveedor de servicios y el módulo virtualizado y/o en donde dos o más proveedores de servicios usan la capa de abstracción de funciones para compartir parte o la totalidad de la pluralidad de funciones virtualizadas.
55
7. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde un Sistema de Gestión de Elementos (EMS) o un Sistema de Gestión de Red (NMS) está interconectado de manera comunicable con los elementos de la red de acceso de banda ancha a través de la capa de abstracción de funciones.
60
8. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde los elementos de la red de acceso de banda ancha comprenden al menos uno de:
un Multiplexor de Acceso a Línea de Abonado Digital (DSLAM);
una Unidad de Punto de Distribución (DPU);
un Terminal de Línea Óptica (OLT);
un Sistema de Terminación de Módem por Cable (CMTS);
un nodo de transmisión de línea eléctrica;
un nodo de acceso al sistema celular;
un nodo de acceso a datos móviles LTE;
65 un nodo de acceso a un punto de acceso Wi-Fi;

un nodo Ethernet punto a punto sobre fibra; o
un conmutador de agregación de Ethernet.

- 5 9. El sistema de cualquier reivindicación anterior en donde al menos un módulo virtualizado virtualiza funciones para una Red Óptica Pasiva (PON) o un Terminal de Línea Óptica (OLT) que realiza uno o más de:
Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA);
gestionar el tráfico;
asignación y programación de intervalos de tiempo para diferentes usuarios y diferentes tipos de tráfico; o
10 asignaciones de longitud de onda en implementaciones Multiplexadas por División de Longitud de Onda (WDM) o
implementaciones híbridas WDM/PON por división de tiempo.
- 15 10. El sistema de cualquier reivindicación anterior en donde al menos un módulo virtualizado virtualiza funciones para un Sistema de Terminación de Módem por Cable (CMTS) que realiza uno o más de:
asignación de intervalos de tiempo;
programación de intervalos de tiempo;
gestión del tráfico de intervalos de tiempo;
asignación de canales de Radiofrecuencia (RF);
20 control de Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM); o
control de unión de canales.
- 25 11. El sistema de cualquier reivindicación anterior, en donde el al menos un módulo virtualizado virtualiza interfaces que permiten el Acceso al Lazo Virtual Desagregado (VULA).
- 30 12. El sistema de cualquier reivindicación anterior en donde el al menos un módulo virtual se configura además para realizar las etapas de:
analizar un parámetro de diagnóstico o un parámetro de estado;
monitorear al menos uno de un
parámetro de Calidad de Servicio (QoS);
un parámetro de Calidad de Experiencia (QoE); o
una alarma; o
analizar las entradas para determinar el origen e informar las operaciones de solución de problemas a través
de los resultados del análisis,
opcionalmente, en donde el al menos un módulo virtual se configura además para generar al menos uno de:
35 una reparación o acción correctiva recomendada;
un tíquet de problema;
una reconfiguración para un nodo de acceso;
una reconfiguración de línea; o
una reconfiguración del transceptor.
- 40 13. El sistema de cualquier reivindicación anterior que comprende además una interfaz de plano de control que se configura para interactuar con al menos uno de:
una Función de Red Física (PNF);
una Puerta de Enlace de Red de Banda Ancha (BNG);
45 un Servidor de Acceso Remoto de Banda Ancha (BRAS);
un Equipo en las Instalaciones del Cliente (CPE);
una Puerta de Enlace Residencial (RG);
un controlador de Redes Definidas por Software (SDN);
uno o más sistemas de Gestión;
50 uno o más Sistemas de Soporte de Operaciones (OSS);
uno o más Sistemas de Soporte Empresarial (BSS); o
uno o más Sistemas de Gestión de Elementos (EMS).
- 55 14. Un método implementado por ordenador para el procesamiento de funciones dentro de una estructura informática virtualizada, el método que comprende:
proporcionar (1015) una implementación virtualizada de al menos una función de elementos de la red de
acceso de banda ancha;
en respuesta a recibir (1020) datos operativos y condiciones operativas actuales para el acceso de banda
ancha desde al menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha a través de una
60 capa de abstracción de funciones, actualizar (1025) la implementación virtualizada de la al menos una
función de los elementos de la red de acceso de banda ancha;
generar (1035) parámetros de control para afectar una operación de al menos uno de los elementos de la red
de acceso de banda ancha, los parámetros de control que se basan al menos parcialmente en los
datos operativos y las condiciones operativas actuales; y
65 comunicar los parámetros de control a al menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha a
través de la capa de abstracción de funciones.

15. Un medio o medios no transitorios legibles por ordenador que comprenden una o más secuencias de instrucciones que, cuando se ejecutan por al menos un procesador, provocan que se realicen etapas que comprenden:

- 5 proporcionar (1015) una implementación virtualizada de al menos una función de elementos de la red de acceso de banda ancha;
- en respuesta a recibir (1020) datos operativos y condiciones operativas actuales para el acceso de banda ancha desde al menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha a través de una capa de abstracción de funciones, actualizar (1025) la implementación virtualizada de la al menos una función de los elementos de la red de acceso de banda ancha;
- 10 generar (1035) parámetros de control para afectar una operación de al menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha, los parámetros de control que se basan al menos parcialmente en los datos operativos y las condiciones operativas actuales; y
- comunicar los parámetros de control a al menos uno de los elementos de la red de acceso de banda ancha a través de la capa de abstracción de funciones.
- 15

FIGURA 1

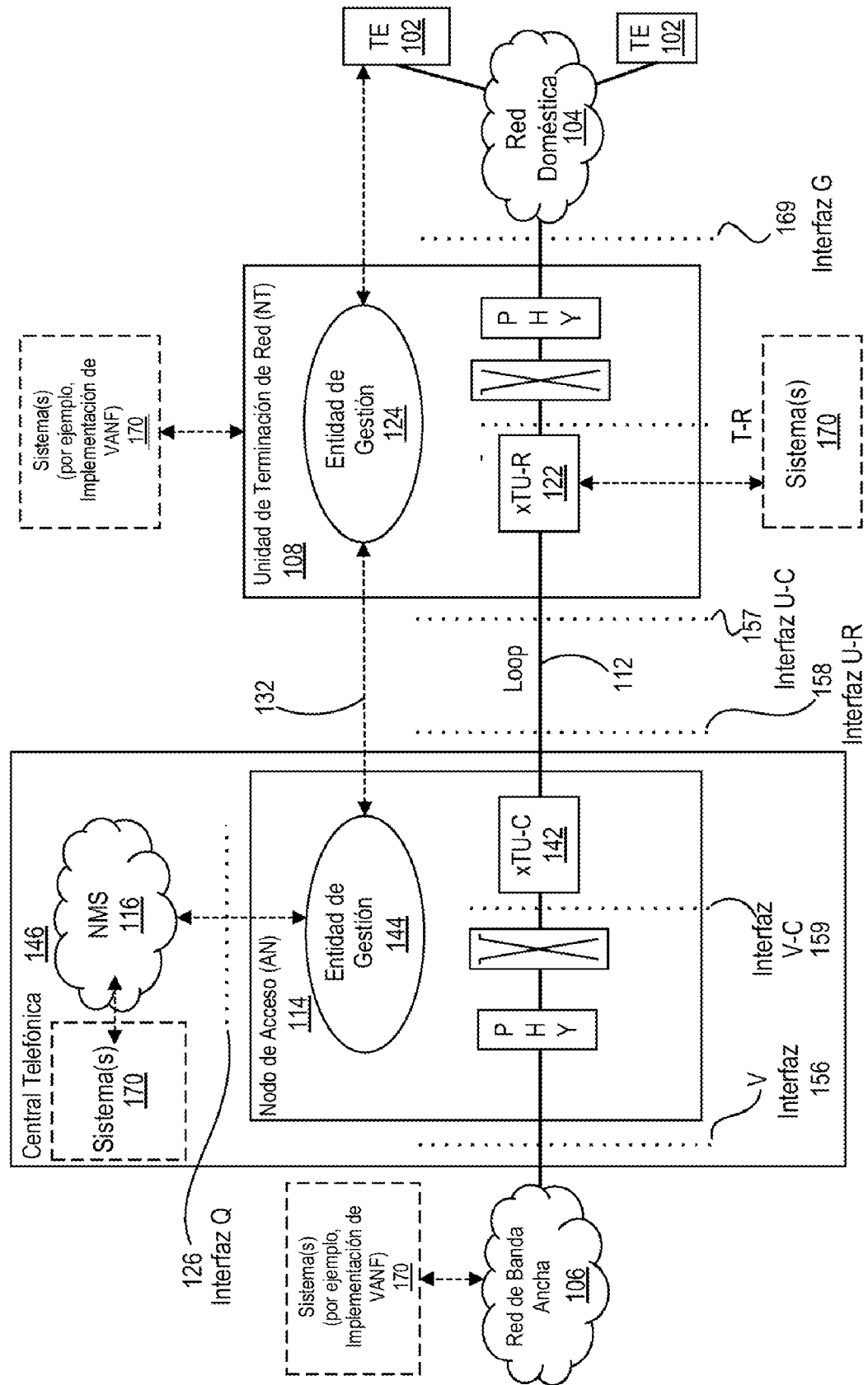


FIGURA 2

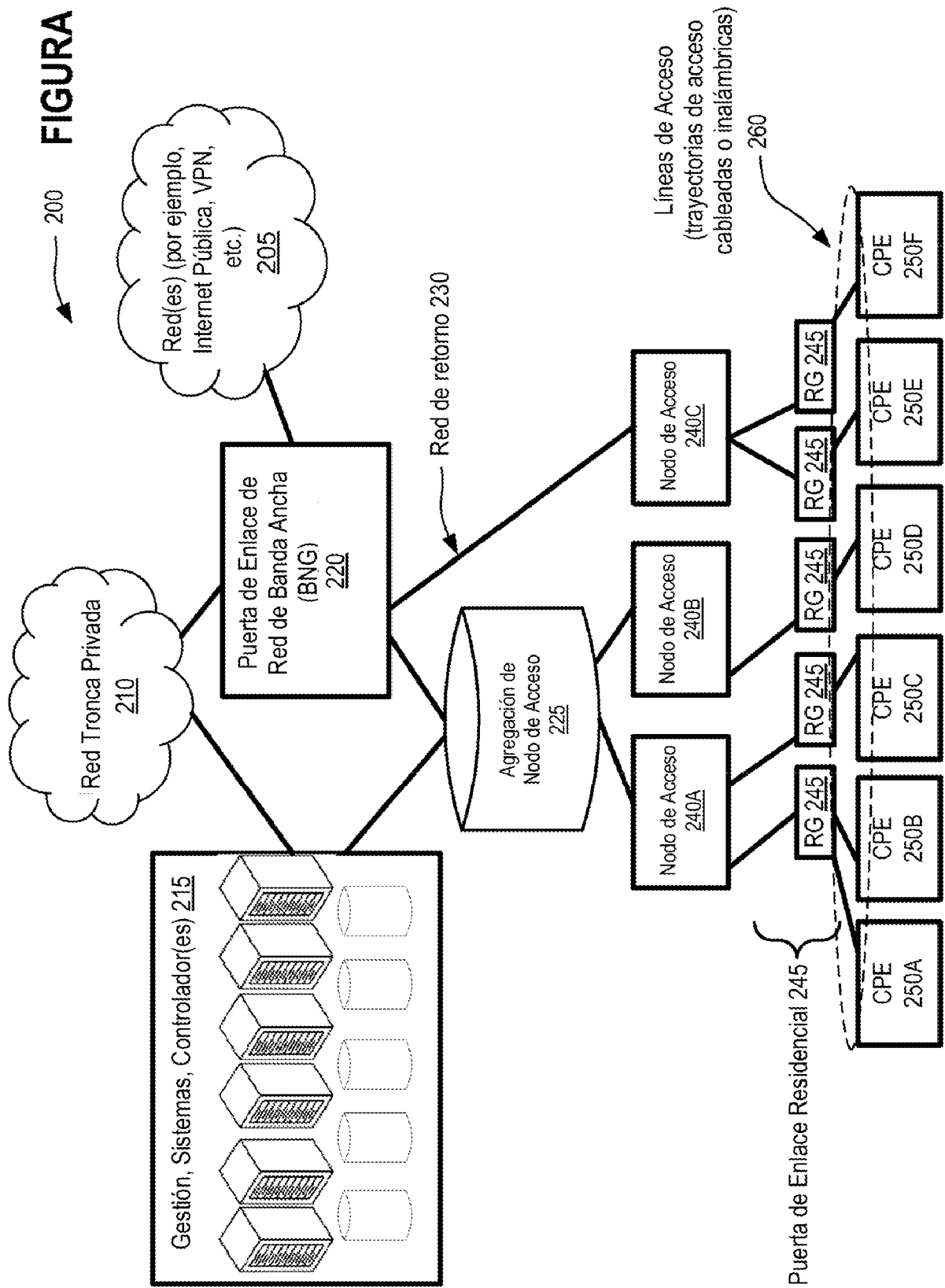


FIGURA 3

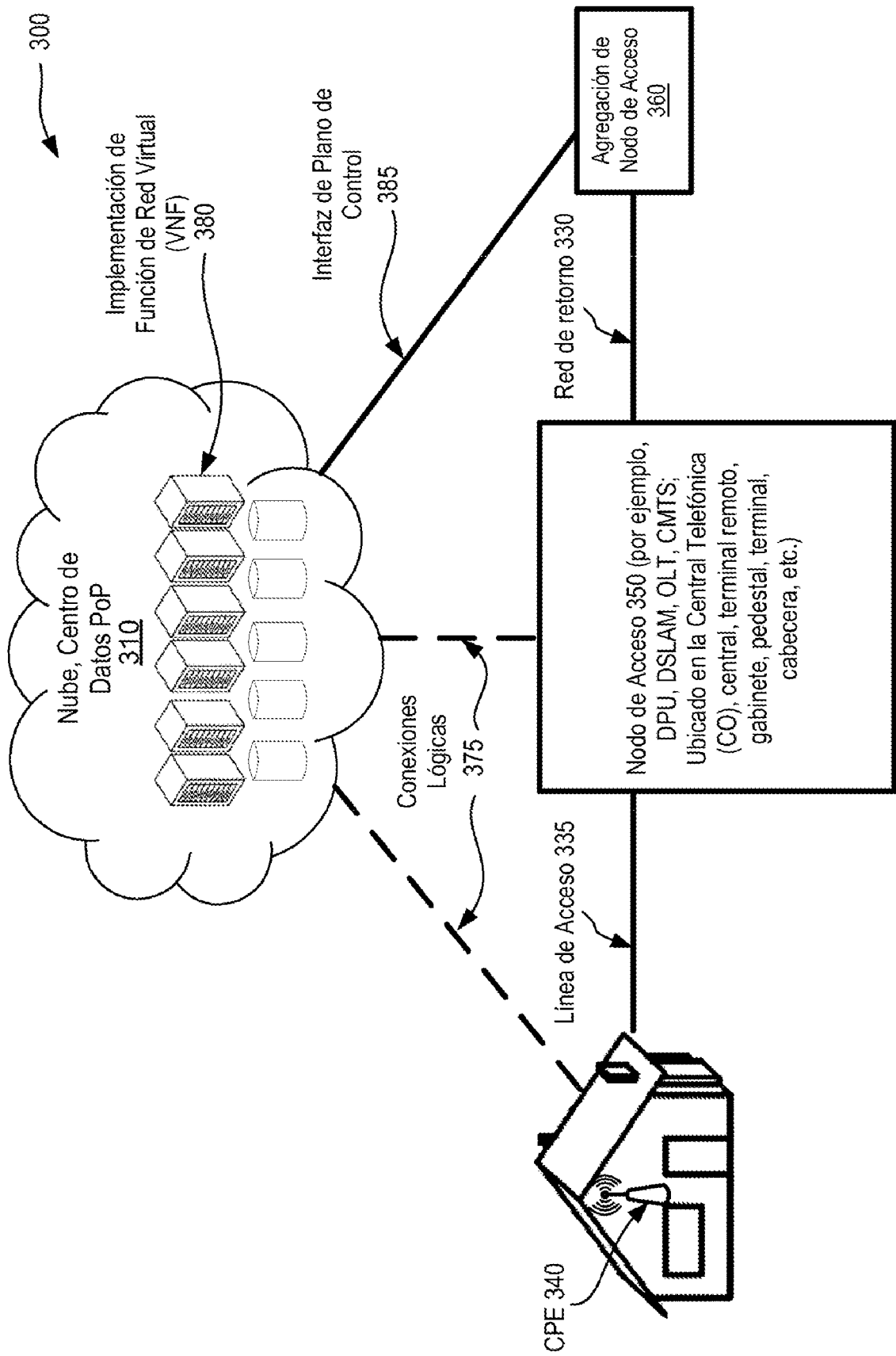


FIGURA 4

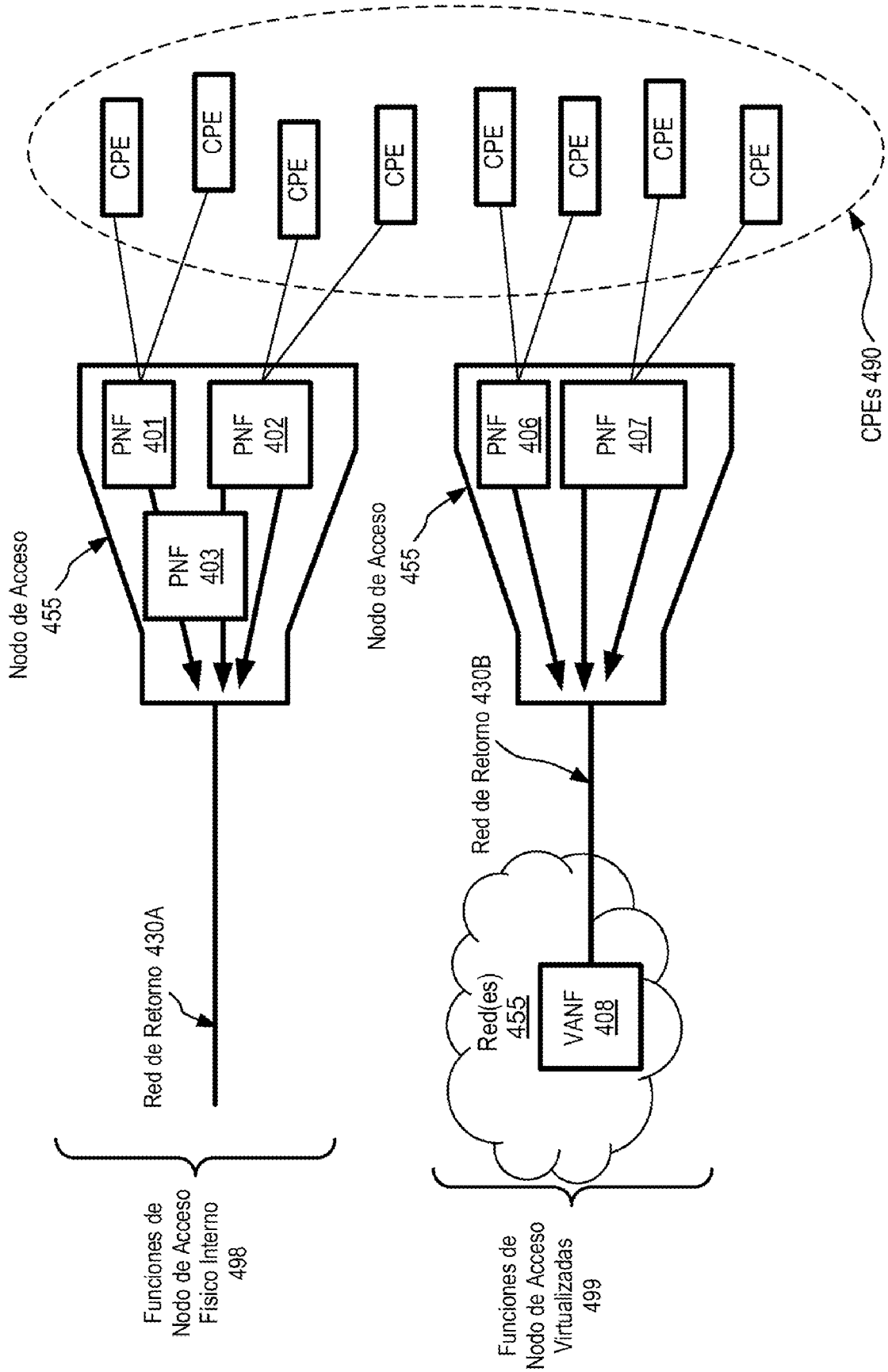


FIGURA 5

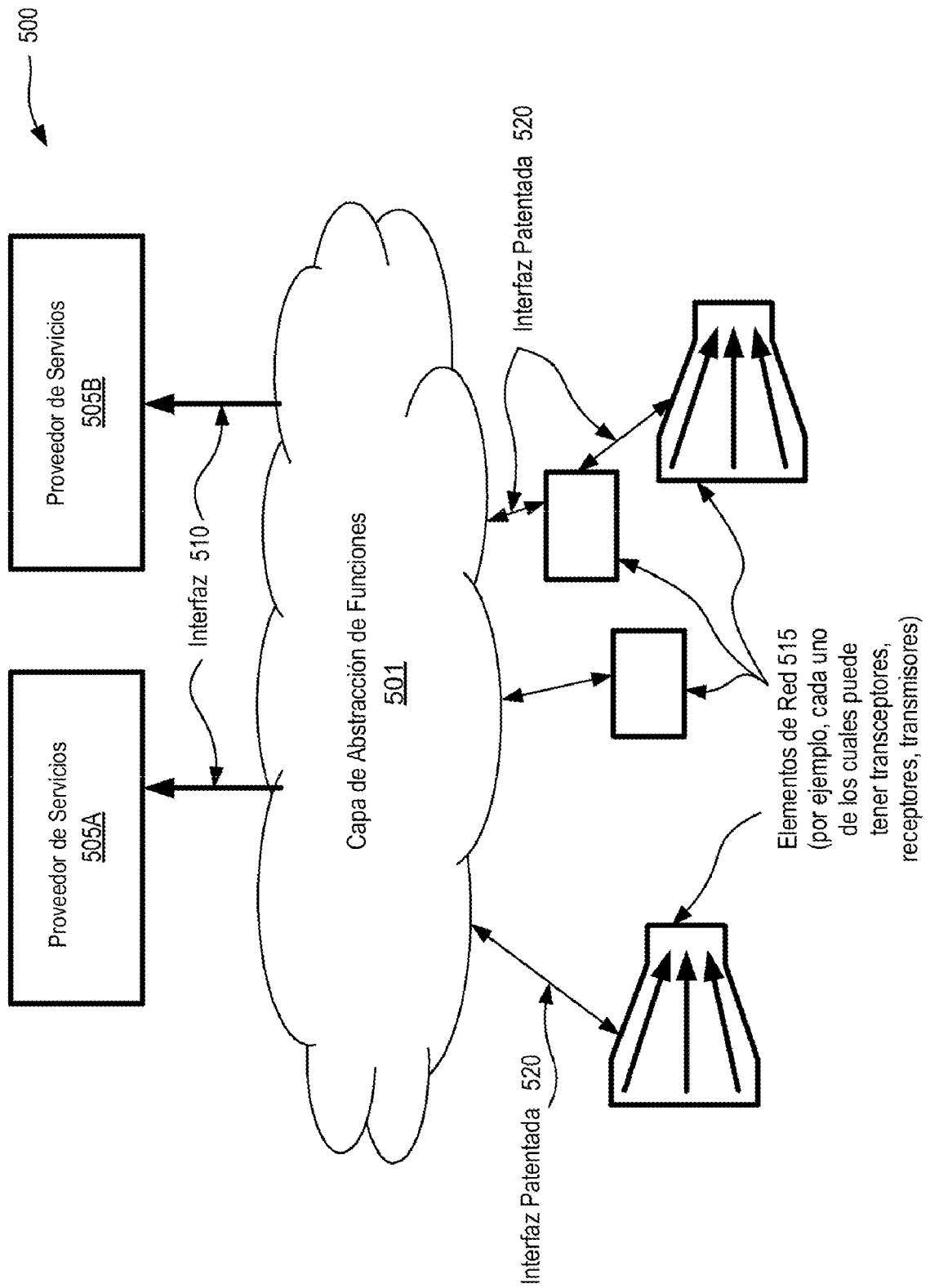


FIGURA 6

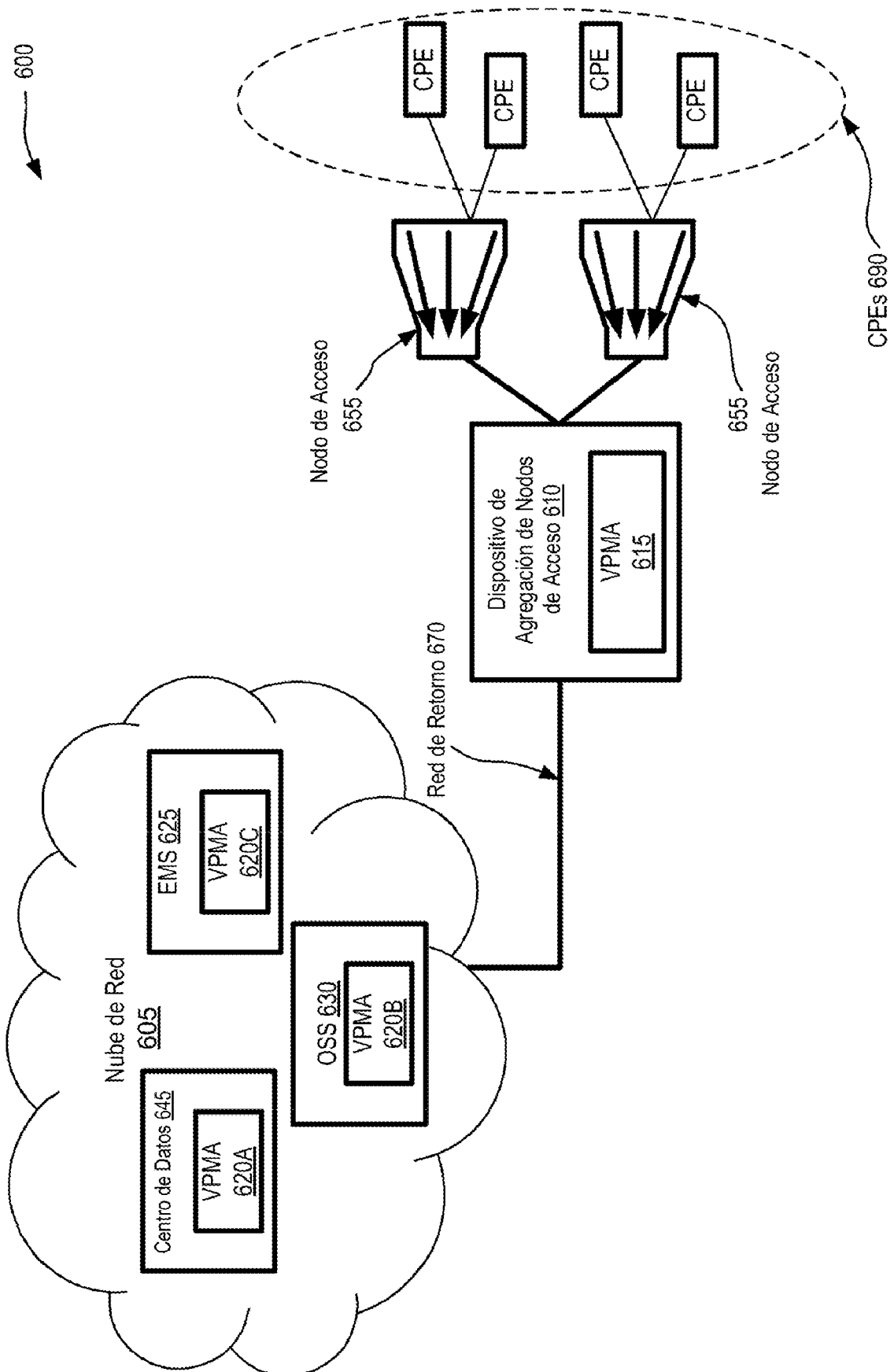
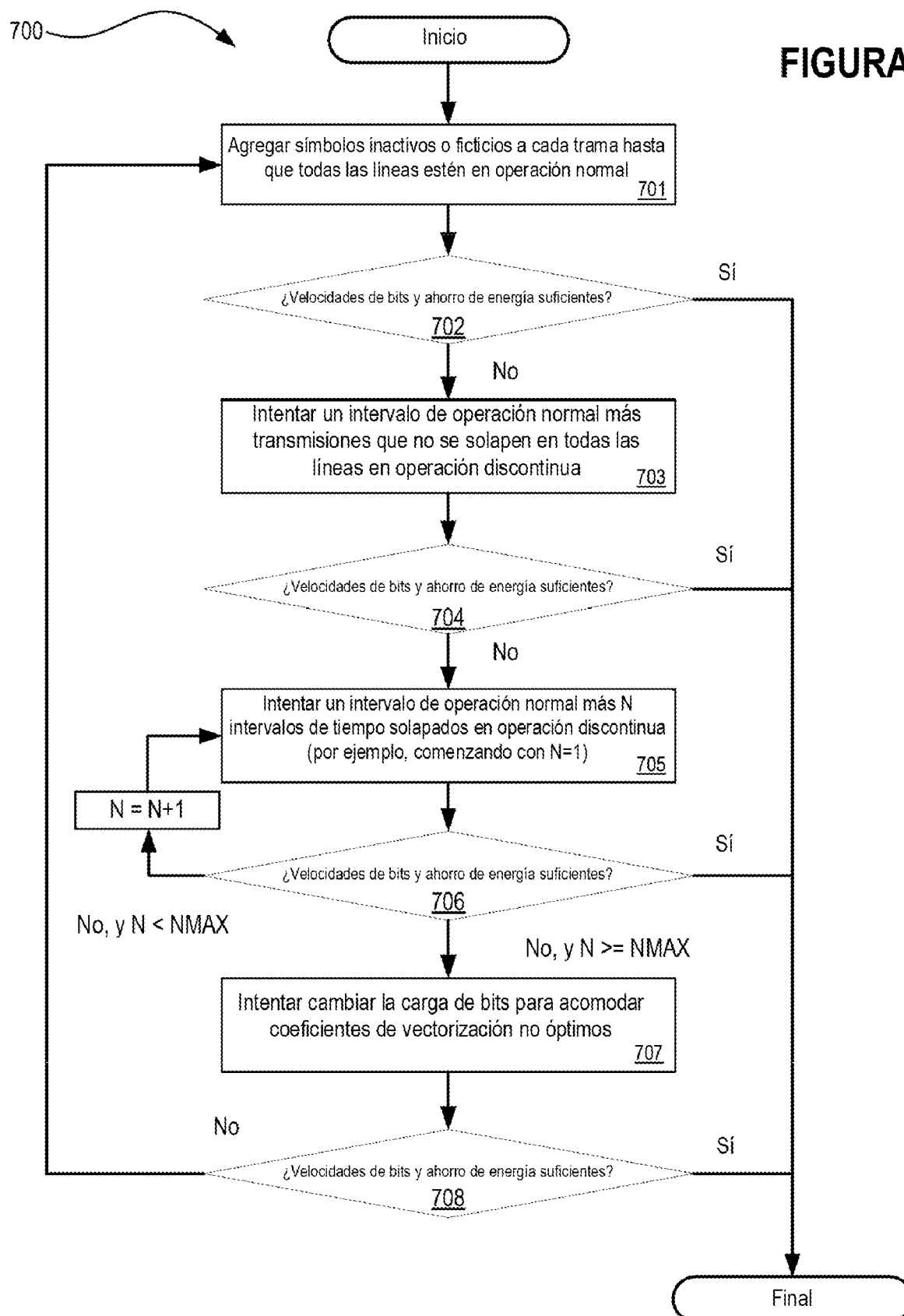
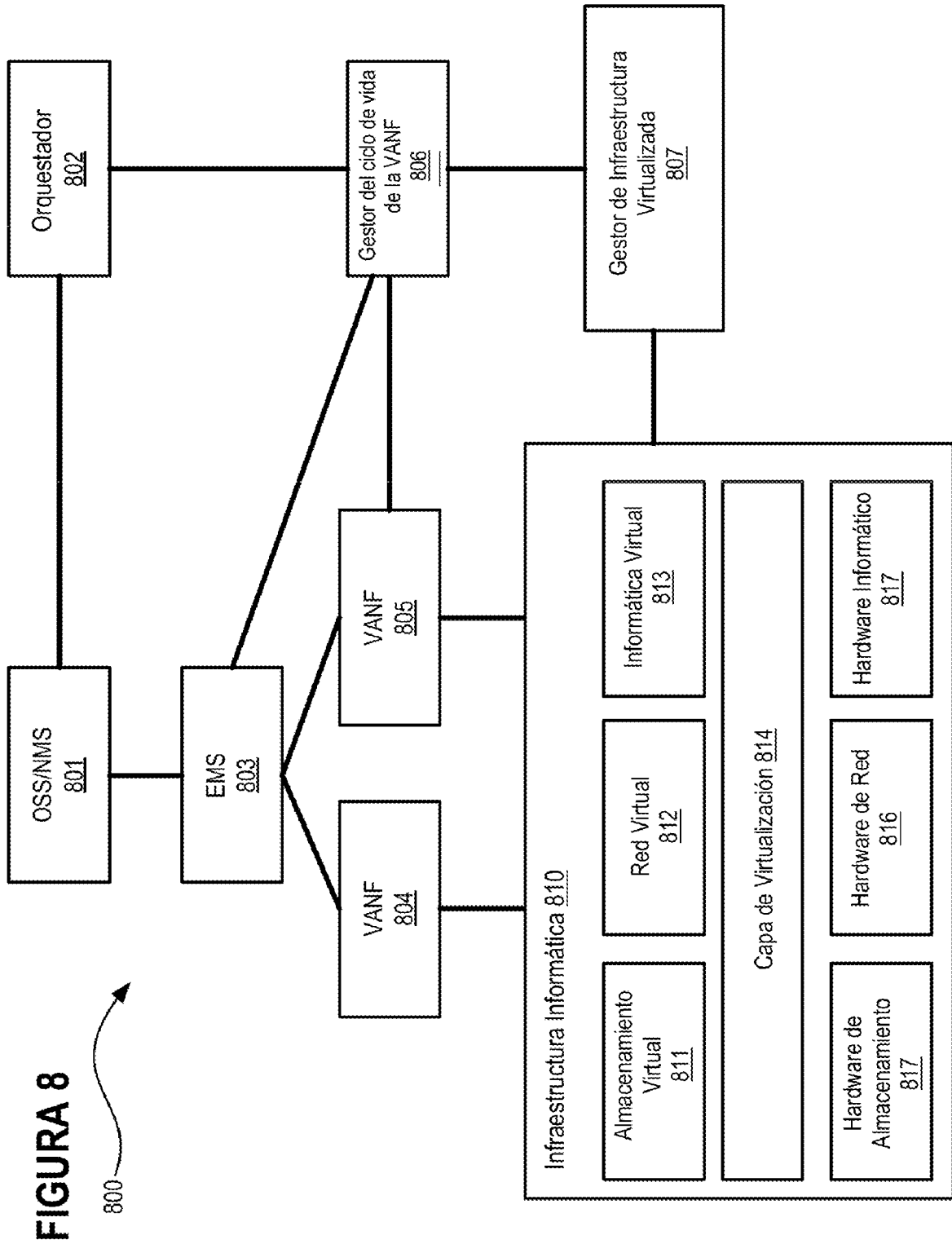


FIGURA 7





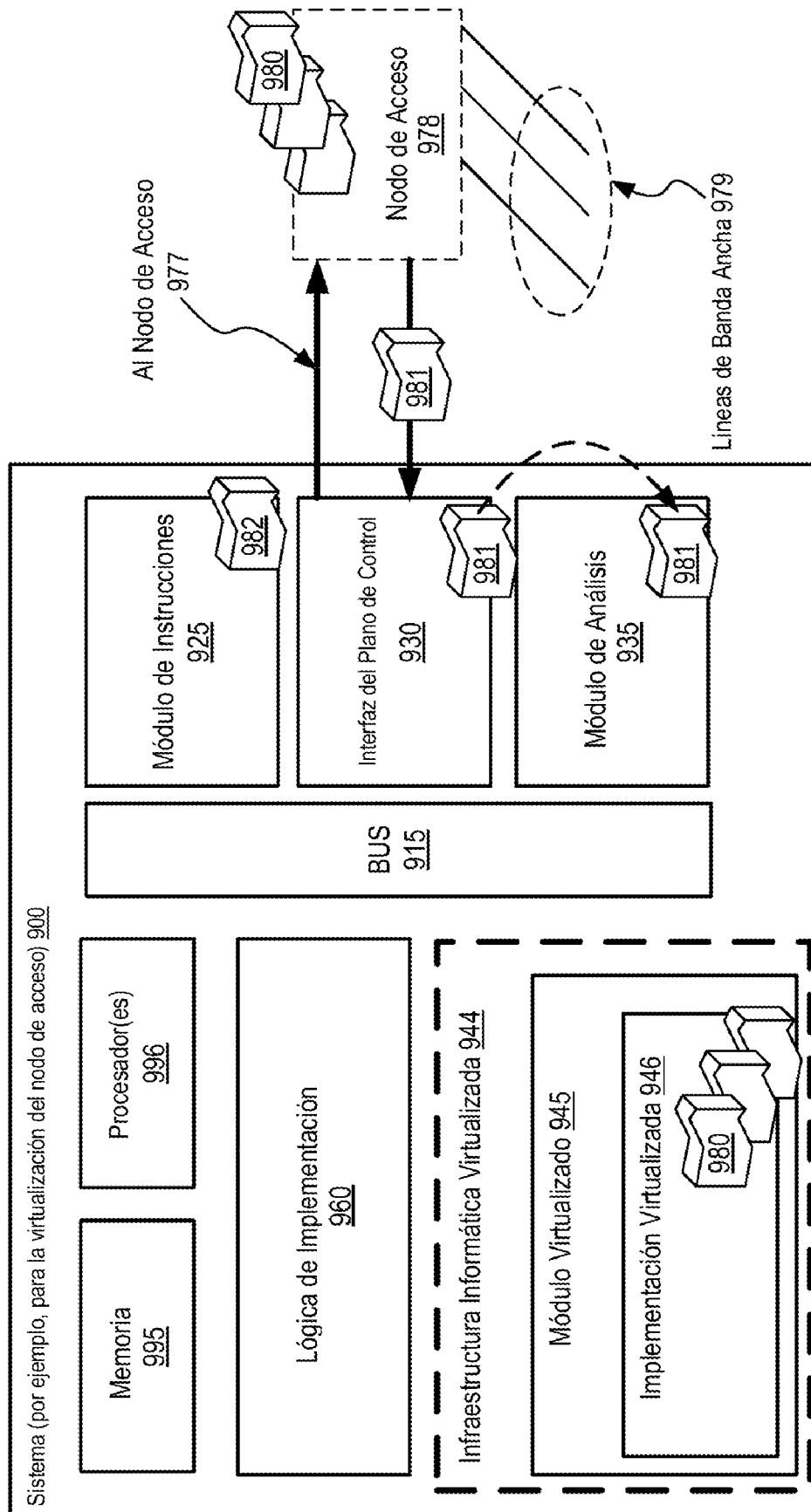
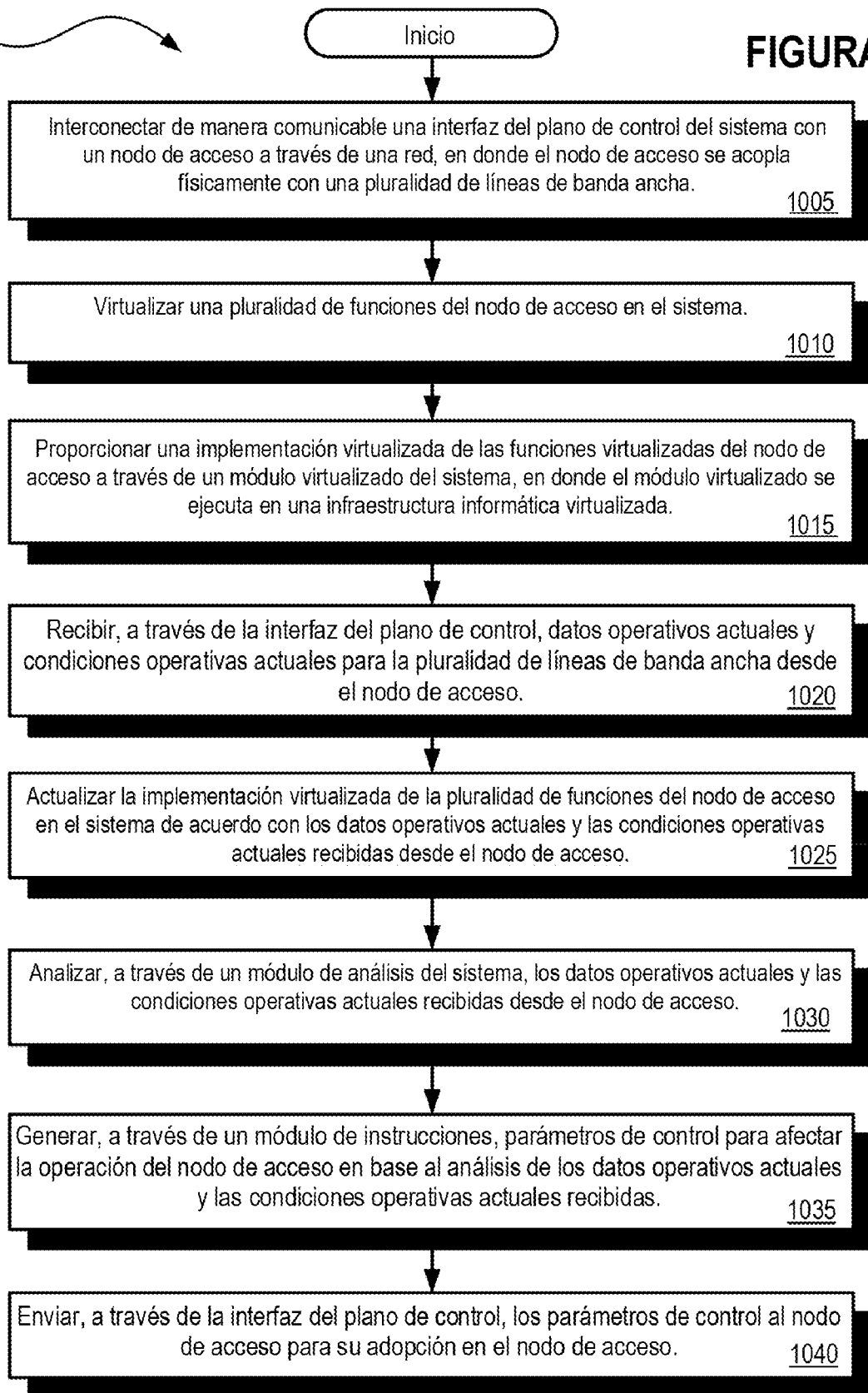


FIGURA 9

1000

FIGURA 10



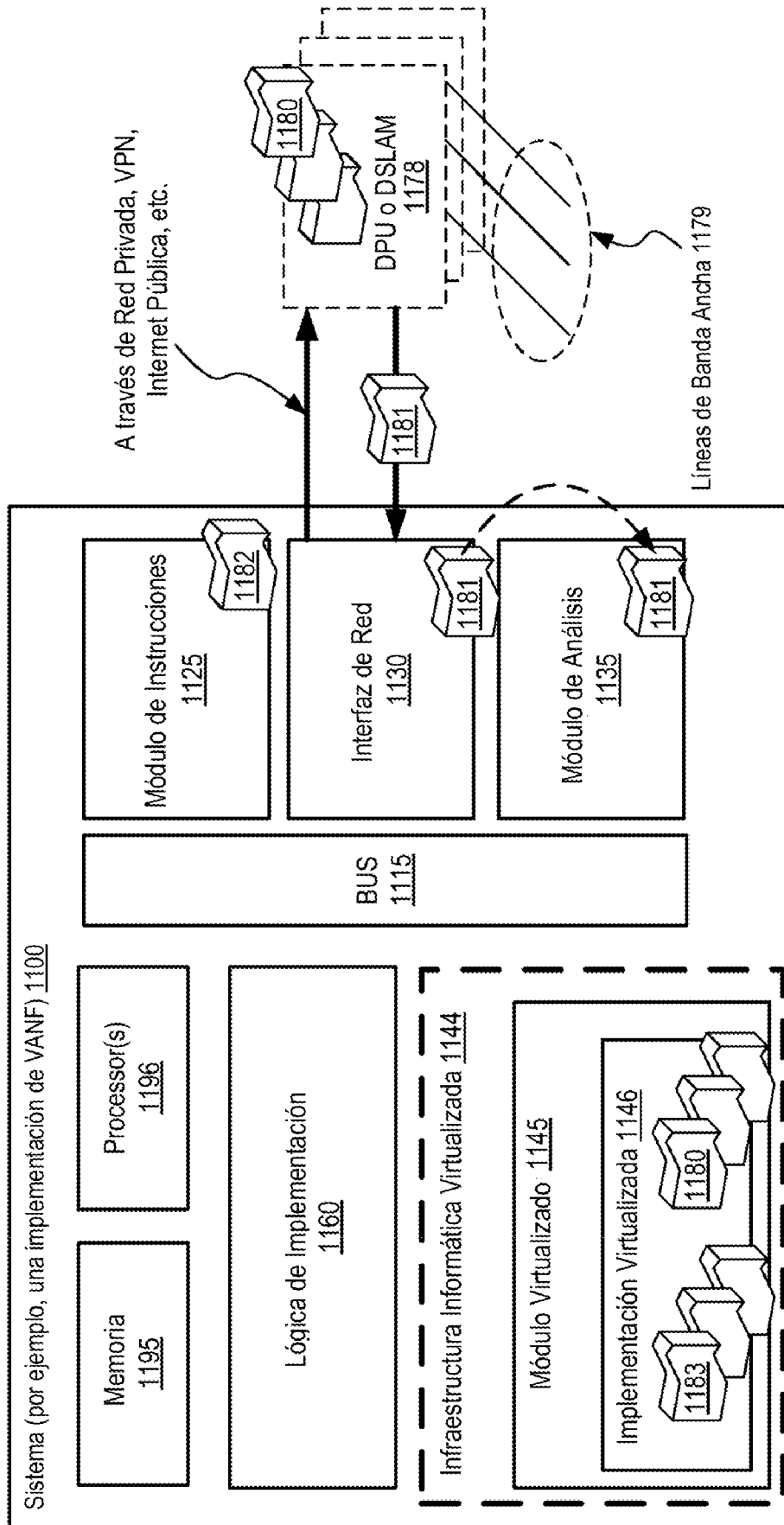


FIGURA 11

FIGURA 12

