

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 830 375**

51 Int. Cl.:

H04L 12/24 (2006.01)

H04L 12/28 (2006.01)

H04L 12/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.12.2014** **PCT/US2014/068666**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2016** **WO16089414**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2014** **E 14907600 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2020** **EP 3228049**

54 Título: **Método y aparato para predecir el éxito de la optimización de una línea DSL**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
03.06.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MURUGESAN, SUGUMAR y
MOHSENI, MEHDI

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 830 375 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para predecir el éxito de la optimización de una línea DSL.

5 Campo técnico

Las realizaciones de la presente invención se refieren a la predicción del éxito de la optimización de una línea DSL.

Antecedentes

10 La optimización de la línea DSL es un proceso sofisticado que implica ajustar varias configuraciones de la capa física, tal como la velocidad de transmisión de datos, la protección contra el ruido, el margen operativo, etc., posiblemente en múltiples iteraciones de circuito cerrado. Las incertidumbres en el resultado de este proceso surgen de la presencia de ruido de impulso difícil de predecir en el canal y del hecho de que cada línea DSL puede exhibir
15 características subyacentes únicas como interferencia, atenuación, etc. A pesar de estos desafíos, es crucial predecir el resultado de la optimización de DSL para que, por ejemplo, los recursos apropiados puedan asignarse de manera eficiente en la red DSL. Por ejemplo, una línea cuya optimización posterior a la mejora del rendimiento se predice que será significativamente mejor que la de otra línea podría recibir una mayor prioridad en el envío a un optimizador DSL para optimizar, por ejemplo, si hay un límite en la cantidad de líneas que se pueden optimizar en un
20 determinado período de tiempo.

Las predicciones de la técnica anterior para el rendimiento de la optimización de DSL se limitan a capturar condiciones simples, planas o absolutas, como cuando se violan los límites del nivel del sistema (por ejemplo, si la tasa de optimización posterior deseada está por encima de la capacidad del canal), o cuando la dirección deseada
25 de la optimización no es viable (por ejemplo, si una línea DSL es inestable y la tasa de postoptimización deseada está por encima de la tasa de transmisión actual, ya que se considera imposible mejorar tanto la tasa como la estabilidad al mismo tiempo). En resumen, los intentos de la técnica anterior para predecir el rendimiento de optimización de DSL pueden ser más precisos en la captura de eventos de borde del espectro de baja probabilidad, que en proporcionar una cuantificación integral del rendimiento del optimizador de DSL para el "medio del espectro más común".
30

El documento WO-A1-02/05529 analiza una técnica para la calificación de bucles para nuevos servicios DSL, que implica el uso de un sistema experto como una red neuronal

35 El documento US-A-6091713 trata de un método y sistema que usa características de transmisión de banda de voz para estimar la viabilidad de desplegar servicios de banda ancha sobre un bucle de abonado en la red telefónica pública conmutada.

40 El documento US-B2-8031761 trata la configuración o el control de los parámetros de un sistema DSL relacionados con la potencia, el uso de la banda y el margen, según los datos operativos recopilados.

Breve descripción de los dibujos

45 Algunas realizaciones se ilustran a modo de ejemplo, y no a modo de limitación, y se pueden entender más plenamente con referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considera en conexión con las figuras, en las que:

La **figura 1** ilustra una arquitectura a modo de ejemplo en la que algunas realizaciones pueden operar;

La **figura 2** es un diagrama de flujo de una realización de la invención.

50 La **figura 3** es un diagrama de flujo de una realización de la invención.

La **figura 4** es un diagrama de la probabilidad del éxito de la optimización de una línea DSL frente al estado de rendimiento actual/estado de rendimiento objetivo para diversas medidas de las características de DSL según realizaciones de la invención.

55 La **figura 5** es un diagrama de la probabilidad del éxito de la optimización de una línea DSL frente al estado de rendimiento actual/estado de rendimiento objetivo para diversas medidas de las características de DSL según realizaciones de la invención.

Descripción detallada

60 Las realizaciones de la invención están dirigidas principalmente para su uso con sistemas de comunicación de banda ancha por cable, pero también son aplicables a la comunicación inalámbrica y los sistemas estocásticos generales. Esto incluye redes ópticas pasivas (PON), banda ancha de fibra punto a punto, banda ancha Ethernet activa, banda ancha por cable utilizando especificaciones de interfaz de servicio de datos por cable (DOCSIS); y líneas de abonado digital (DSL).
65

Como se usa en el presente documento, el término "DSL" se refiere a cualquiera de una variedad y/o variante de

tecnología DSL como, por ejemplo, DSL asimétrico (ADSL), ADSL2, ADSL2plus, DSL de alta velocidad (HDSL), HDSL2, DSL simétrico (SDSL), SHDSL, DSL de muy alta velocidad/muy alta velocidad de bits (VDSL), VDSL2, VDSL2 vectorizado y/o G.fast. Dichas tecnologías DSL se implementan habitualmente de acuerdo con una norma aplicable como, por ejemplo, la norma G.992.1 (también conocida como G.dmt) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (I.T.U.) para módem ADSL, la norma G.992.3 de la I.T.U. (también conocida como G.dmt.bis o G.adsl2) para módem ADSL2, la norma G.992.5 de la I.T.U. (también conocida como G.adsl2plus) para módem ADSL2+, la norma G.993.1 de la I.T.U. (también conocida como G.vdsl) para módem VDSL, la norma G.993.2 de la I.T.U. para módem VDSL2, la norma G.993.5 de la I.T.U. para módem DSL compatibles con Vectoring, la norma G.998.4 de la I.T.U. para módem DSL que admiten retransmisión, la norma G.994.1 (G.hs) de la I.T.U. para módem que implementan protocolo de enlace, y/o la norma G.997.1 de la I.T.U. (también conocido como G.ploam) para la administración de módem DSL. La norma G.997.1 especifica la administración de la capa física para los sistemas de transmisión ADSL en función del canal de operación incrustado claro (EOC) definido en G.997.1 y el uso de bits indicadores y mensajes EOC definidos en las normas G.992.x, G.993.x y G.998.4. Además, G.997.1 especifica el contenido de los elementos de administración de red para la configuración, la administración de fallos y el rendimiento. Al realizar las funciones desveladas, los sistemas pueden utilizar una diversidad de datos operativos (lo que incluye datos de rendimiento) que se encuentra disponible en un nodo de acceso (AN).

La figura 1 ilustra una arquitectura 100 de ejemplo en la que las realizaciones pueden funcionar de acuerdo con las normas anteriores. En la figura 1, el equipo de terminal 102 de un usuario (por ejemplo, un dispositivo de equipo en las instalaciones del cliente (CPE) o un ordenador, nodo de red, dispositivo de LAN, etc.) está acoplado con una red doméstica 104 que, a su vez, está acoplada con una unidad 108 de terminación de red (NT). Se pueden implementar varios dispositivos de unidad de terminación (TU). Una unidad de terminación proporciona modulación para una conexión, bucle o línea de banda ancha. En una realización, la unidad 108 de NT incluye un dispositivo receptor de unidad de terminación (TU-R) (por ejemplo, CPE de banda ancha, módem o pasarela) 122.

En una realización, el CPE 122 de banda ancha recopila y almacena, entre otras cosas, datos de rendimiento y/u operativos en su Base de Información de Administración (MIB), que es una base de datos de información a la que se puede acceder a través de protocolos de administración de red, tal como el Protocolo de Administración de Red Simple (SNMP), un protocolo de administración que se utiliza para recopilar información de un dispositivo de red para proporcionarla a una consola/programa administrador; a través de comandos de Lenguaje de Transacción 1 (TL1), siendo TL1 un lenguaje de comandos bien establecido utilizado para programar respuestas y comandos entre elementos de la red de telecomunicaciones; mediante la señalización del canal de operaciones integrado (eoc) sobre una línea DSL, mediante un protocolo basado en TR-69; a través de la señalización de interfaz de control y administración de UIT-T G.984.4 y G.988 ONU (OMCI); mediante señalización de administración DOCSIS; a través de la Plataforma de Aplicación de Cable Abierta (OCAP); a través de señalización Ethernet OAM; a través de OAM extendido para Ethernet PON (EPON) usando SIEPON; a través de interfaces de servicios web; a través de una interfaz de navegador web; o mediante una interfaz de línea de comandos (CLI). "TR-69" o "Informe técnico 069" se refiere a una especificación técnica de foro de DSL titulada Protocolo de Administración de CPE WAN CWMP que define un protocolo de capa de aplicación para la administración remota de dispositivos de usuario final. También se pueden usar herramientas de interfaz y programación compatibles con XML o "eXtended Markup Language". En otra realización, cualquiera o más de los dispositivos 170 de administración recopilan y almacenan el rendimiento y/o los datos operativos en una Base de información de Administración (MIB) directamente accesible al dispositivo 170 de administración, o accesible a través de una o más unidades de terminación de red 108, estación de administración de red (NMS) 116, red 106 de banda ancha y red 104 doméstica.

En una realización, la Unidad de Terminación de Red 108 está comunicada en interfaz con un dispositivo 170 de administración como se describe en el presente documento. En otra realización, el módem o la puerta 122 de enlace se interconecta de forma comunicable con el dispositivo 170 de administración. Cada módem 122 en un sistema puede estar acoplado con una unidad 142 de transmisión (TU-O) en una Oficina Central (CO), cabecera u otra ubicación 146 central. La TU-C 142 está ubicada en un nodo de acceso (AN) 114 en la Oficina Central o cabecera 146. Un dispositivo 170 de administración también mantiene un MIB de rendimiento y/o datos operativos pertenecientes a TU-O 142. El nodo de acceso 114 se puede acoplar con una red 106 de banda ancha u otra red de área amplia (WAN), tal como será apreciado por los expertos en la materia. Cada módem 122 y la TU-O 142 están acopladas entre sí por una conexión 112 de banda ancha que, en el caso de DSL, puede ser una línea de par trenzado, tal como una línea de teléfono, que puede portar otros servicios de comunicación además de las comunicaciones basadas en DSL. La conexión de banda ancha también puede ser una fibra punto a punto, una red óptica pasiva (PON), una red de televisión por cable, una red híbrida de fibra-coaxial (HFC), una red inalámbrica fija o una red de operador de línea eléctrica (PLC).

El dispositivo 170 de administración puede ser gestionado u operado por un proveedor de servicios de los servicios de banda ancha o puede ser operado por un tercero, separado de la entidad que proporciona servicios de banda ancha a los usuarios finales. Por tanto, de acuerdo con una realización, el aparato 170 es operado y gestionado por una entidad que es separada y distinta de un operador de telecomunicaciones responsable de una pluralidad de líneas de comunicación digital.

Varias de las interfaces que se muestran en la figura 1 se usan para determinar y recoger datos operativos y/o de

rendimiento. La interfaz Q 126 proporciona la interfaz entre el sistema 116 de administración de red (NMS) del operador y el nodo 114 de acceso.

Dentro de la figura 1 se representa el dispositivo 170 de administración que opera en diversas ubicaciones opcionales de acuerdo con varias realizaciones alternativas. Por ejemplo, el dispositivo 170 de administración está ubicado en la oficina central o cabecera 146 e interconectado a la red 104 doméstica (por ejemplo, una LAN) y la red 106 de banda ancha (por ejemplo, WAN). En otra realización, el dispositivo 170 de administración opera en la red 106 de banda ancha (por ejemplo, en la WAN). En otra realización más, el aparato 170 funciona como un servidor, servidores o infraestructura de computación en la nube remotos.

Tal como se usa en el presente documento, las expresiones "usuario", "abonado" y/o "cliente" se refieren a una persona, empresa y/u organización a la que se proporcionan y/o se pueden proporcionar, potencialmente, servicios y/o equipo de comunicación por cualquiera de una diversidad de proveedor o proveedores de servicios. Además, la expresión "instalaciones del cliente" se refiere a la ubicación a la que se están proporcionando servicios de comunicación por un proveedor de servicios. Las instalaciones del cliente a modo de ejemplo incluyen una residencia o un edificio de oficinas. Tal como se usa en el presente documento, la expresión "proveedor de servicios" se refiere a cualquiera de una diversidad de entidades que proporcionan, comercializan, proveen, solucionan problemas en, y/o mantienen, servicios de comunicación y/o equipos de comunicación. Los proveedores de servicios a modo de ejemplo incluyen una empresa operadora de telefonía, una empresa operadora de cable, una empresa operadora inalámbrica, un proveedor de servicios de Internet, un operador de la competencia o cualquier servicio que pueda, independientemente o junto con un proveedor de servicios de comunicaciones de banda ancha, ofrecer servicios que diagnostican o mejoran los servicios de comunicaciones de banda ancha (DSL, servicios de DSL, cable, fibra, etc.).

En una realización de la invención, un sistema de administración DSL, como cualquiera de los dispositivos 170 de administración antes mencionados, o un controlador DSL ubicado en, o que opera y se comunica en conjunto con, cualquiera de los dispositivos 170 de administración, predice la consecución de un rendimiento mejorado de una línea 112 de DSL, antes de que un optimizador de DSL realmente intente optimizar el rendimiento de la línea de DSL. El controlador de DSL, y/o el optimizador de DSL, en realizaciones de la invención, pueden estar ubicados en, u operar en conjunto con, uno cualquiera de los dispositivos 170, CO 146, AN 114, TU-O 142, NT 108, o CPE 122 de administración. Con referencia a la figura 2, en una realización 200, el sistema de administración de DSL inicia el proceso en 205 obteniendo en 210 un estado de rendimiento actual de la línea 112 DSL, antes de la optimización, y obteniendo además en 215, un estado de rendimiento deseado, u objetivo, de la línea DSL después de la optimización.

Además de recibir un estado de rendimiento actual y objetivo para una línea DSL, el sistema de administración DSL también obtiene en 220 una medida de las características de la línea DSL de la línea DSL. En una realización, las características de la línea DSL que se miden son la capacidad de transmisión de datos de la línea DSL y la tasa actual de utilización de la capacidad de la línea DSL. Una vez que se obtiene la medida, el sistema de administración de DSL identifica, de entre un almacén de registros de información asociada con la optimización del rendimiento de una serie de líneas DSL, un grupo particular o subconjunto de los registros de información de rendimiento correspondientemente asociados con un grupo o subconjunto del número de líneas DSL que tienen una medida similar de las características de la línea DSL como la línea DSL para las que se prevé lograr un rendimiento mejorado. Por ejemplo, en una realización, los registros pueden almacenarse en la MIB en la que el CPE 122 de banda ancha recopila y almacena, entre otras cosas, datos de rendimiento y/o operativos. En realizaciones alternativas, los registros se almacenan en un almacén permanente (memoria no volátil) acoplado a, o en comunicación con, un dispositivo 170 de administración u otro dispositivo accesible a un dispositivo de administración, tal como CO 146, AN 114, TU- O 142, NT 108, red 106 de banda ancha y red 104 doméstica. El grupo de registros se identifica buscando en todos los registros para encontrar el grupo o subconjunto de registros relacionados con una serie de líneas DSL que tienen una medida de características de línea DSL similar a la línea DSL para la que se prevé lograr un rendimiento mejorado.

En una realización, la medida de las características de la línea DSL de la línea DSL es una medida de la capacidad de transmisión de datos y una medida de la utilización actual de la capacidad de transmisión de datos de la línea DSL. En una realización, la capacidad de la línea DSL se define, o representa, como uno o más de: una velocidad de bits máxima alcanzable (MABR), una longitud de bucle de línea DSL y una atenuación de línea DSL. En una realización, la utilización actual de la línea DSL se define, o se representa, como una o ambas de una relación de una tasa de sincronización actual (SYNC) a MABR, y un margen operativo actual de la línea DSL.

El sistema de administración obtiene en 225 una probabilidad de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL, optimizándola desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo, basándose en un análisis estadístico del subconjunto identificado de registros de información de rendimiento. asociado con el subconjunto identificado de líneas DSL que detectan las instancias en las que el optimizador DSL ha optimizado previamente el rendimiento del subconjunto de líneas DSL desde un estado igual o similar al estado de rendimiento actual a un estado igual o similar al estado de rendimiento objetivo. Por ejemplo, el sistema de administración puede, en una realización de la invención, realizar un análisis estadístico en un subconjunto de registros de información

asociados con el subconjunto identificado de líneas DSL que detecta los casos en los que el optimizador DSL ha optimizado previamente el rendimiento del subconjunto de líneas DSL desde un rango de estados de rendimiento actuales que abarcan o que están cerca del mismo estado que el estado actual hasta un rango de estados de rendimiento objetivo que abarcan o que están cerca del mismo estado que el estado de rendimiento objetivo.

Se contempla que diversas aplicaciones puedan aprovechar las realizaciones de la invención. Por ejemplo, una vez que la probabilidad de optimización se ha estimado en 225, un sistema de administración de DSL puede priorizar la optimización de la línea DSL en relación con otra línea DSL, en función de la probabilidad obtenida de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo. No es necesario que la otra línea DSL sea comparable de forma fija (ya sea en términos de capacidad, tasa de utilización actual, estado actual o estado objetivo) con la línea DSL en cuestión. De hecho, el estado objetivo de la otra línea DSL puede ser diferente. Por ejemplo, uno solo puede estar interesado en comparar la probabilidad de éxito en la mejora del estado de una línea DSL por una tasa delta (delta = tasa de utilización objetivo - tasa de utilización actual) y mantener la línea DSL estable. En otros casos de uso, la probabilidad de éxito se puede comparar para líneas DSL con capacidad o utilización actual comparable, o con un estado actual comparable, o con un estado objetivo comparable, o cualquier combinación de los anteriores.

Otra aplicación implica la asignación de recursos del sistema DSL de acuerdo con la probabilidad obtenida de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo. Otra aplicación más se refiere a proporcionar resultados recomendando un producto de servicio para la línea DSL de acuerdo con la probabilidad obtenida de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo. Como ejemplo, dado un producto de servicio, definido por una velocidad de transmisión de datos mínima y máxima admitida por un proveedor de servicios de Internet, si una realización determina que la probabilidad de mejorar el estado de la línea DSL desde el estado actual al estado objetivo dentro de los límites del producto de servicio del cliente es muy baja, el sistema DSL puede recomendar degradar el producto de servicio a uno con una velocidad mínima de transmisión de datos más baja. Como alternativa, el sistema de administración de DSL puede recomendar la actualización a un producto de servicio superior en función de la probabilidad de éxito de un estado objetivo muy bueno.

Como se señaló anteriormente, el sistema de administración obtiene a 225 una probabilidad de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL, optimizándola desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo, en base a un análisis estadístico del subconjunto identificado de registros de información de rendimiento asociada con el subconjunto identificado de líneas DSL que detecta las instancias en las que el optimizador DSL ha optimizado previamente el rendimiento del subconjunto de líneas DSL desde un estado igual o similar al estado de rendimiento actual a un estado igual o similar al estado de rendimiento objetivo. En una realización, esto se logra calculando la frecuencia con la que el subconjunto identificado de registros de información de rendimiento asociado con el subconjunto identificado de líneas DSL indica que el optimizador DSL ha optimizado previamente el rendimiento del subconjunto de líneas DSL de un estado igual o similar como el estado de rendimiento actual a un estado igual o similar como el estado de rendimiento objetivo.

Con respecto al estado de rendimiento actual de la línea DSL, en una realización, el estado actual se define, o representa, como una velocidad de transmisión de datos actual para la línea DSL y como un estado actual de estabilidad para la línea DSL, donde el estado actual de estabilidad es un estado estable o un estado inestable. En una realización, existe un estado estable cuando las violaciones y reentrenamientos del código de línea DSL están dentro de los umbrales establecidos para la línea DSL y existe un estado inestable cuando las violaciones o reentrenamientos del código de línea DSL están fuera de los umbrales establecidos para la línea DSL.

Con respecto al estado de rendimiento objetivo de la línea DSL, el estado de rendimiento objetivo de la línea DSL se define, o representa, como una tasa de transmisión de datos objetivo para la línea DSL y como un estado objetivo de estabilidad de la línea DSL, donde el estado objetivo de estabilidad es un estado estable o un estado inestable, como se ha definido anteriormente.

Con referencia a la figura 3, otra realización de la invención 300 implica un sistema de administración de DSL que predice el logro de un rendimiento mejorado de una línea DSL, antes de que un optimizador DSL en el sistema de administración de DSL optimice realmente el rendimiento de la línea DSL. El proceso comienza en 305 con una fase 310 de entrenamiento del algoritmo, obteniendo primero en 315 registros de, por ejemplo, información relacionada con el rendimiento asociada con la optimización del rendimiento de las líneas DSL. En una realización, cada registro proporciona una medida de las características de la línea DSL antes de la optimización de una de las líneas DSL, así como un primer estado de rendimiento antes de la optimización de la línea DSL y un segundo estado de rendimiento después de la optimización de la línea DSL. Los registros se clasifican en 320 en una de varias categorías separadas de acuerdo con la medida de las características de la línea DSL proporcionada en cada registro. En una realización, cada una de las categorías está definida por un rango no superpuesto de la medida de las características de la línea DSL indicadas en los registros.

En una realización, clasificar cada uno de los registros en una categoría separada de acuerdo con la medida de las características de la línea DSL implica seleccionar una medida de las características de la línea DSL mediante la

cual clasificar cada uno de los registros de modo que las líneas DSL que están asociadas con los registros de una categoría particular se espera que tengan características de canal subyacentes similares. En 325, la última etapa de la fase de entrenamiento del algoritmo, la realización calcula, para cada categoría de registros, una frecuencia con la que los registros en la categoría indican que las líneas DSL asociadas fueron optimizadas desde un primer estado de rendimiento a un segundo estado de rendimiento. En una realización, el cálculo de la frecuencia con la que se optimizaron los registros de la categoría desde el primer estado de rendimiento al segundo estado de rendimiento se realiza para cualquier valor o rango o valores para el primer estado y el segundo estado. En una realización, estos cálculos se utilizan como base para crear una tabla de búsqueda de las probabilidades para cualquier posible primer y segundo estado para cada categoría.

La siguiente realización contempla una fase 330 de predicción de optimización exitosa, en la que, como primera etapa, se obtiene en 335 un estado de rendimiento actual de una línea DSL antes de la optimización y un estado de rendimiento objetivo de la línea DSL después de la optimización. La realización obtiene además una medida de las características de la línea DSL de la línea DSL en 340, y busca en 345 los registros compilados en la fase de entrenamiento del algoritmo para identificar una de las categorías de registros que tienen el rango de medidas de las características de la línea DSL que abarcan o es más similar a la medida obtenida de las características de la línea DSL de la línea DSL y, dentro de dicha categoría de registros, determinar la probabilidad de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo, en función de la frecuencia calculada con la que los registros de la categoría identificada indican que las líneas DSL asociadas se optimizaron desde un primer estado de rendimiento similar al estado de rendimiento actual a un segundo estado de rendimiento similar al estado de rendimiento objetivo.

Al igual que con la otra realización descrita en el presente documento, la realización descrita con referencia a la Figura 3 también puede admitir una serie de aplicaciones, como un sistema de administración de DSL que prioriza la optimización de la línea DSL en relación con otra línea DSL, en función de la probabilidad obtenida de que el optimizador de DSL optimizará el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo, o la asignación de recursos del sistema DSL de acuerdo con la probabilidad obtenida de que el optimizador DE DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo, o proporcionando salida recomendando un producto de servicio para la línea DSL de acuerdo con la probabilidad obtenida de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo.

Así también, el estado de rendimiento actual de la línea DSL, en esta realización, se define como una velocidad de transmisión de datos actual para la línea DSL y como un estado actual de estabilidad para la línea DSL, donde el estado actual de estabilidad es un estado estable o inestable, y el estado de rendimiento objetivo de la línea DSL se define como una velocidad de transmisión de datos objetivo para la línea DSL y como un estado objetivo de estabilidad de la línea DSL, donde el estado objetivo de estabilidad es un estado estable o inestable.

Con referencia a los datos empíricos representados en la figura 4 y recopilados durante la prueba de las realizaciones de la invención 400, en la fase de entrenamiento del algoritmo 310, se recopiló un número suficiente de puntos de datos para el estado de rendimiento de la línea DSL antes y después de que se realizaran las optimizaciones DSL. Con estos datos, la fase 330 de predicción del éxito pudo calcular la probabilidad con la que el estado de la línea DSL posterior a la optimización alcanzó un estado de rendimiento objetivo. La medida de las características de la línea DSL de la línea DSL que se seleccionaron en la prueba de una realización de la invención fue la capacidad de la línea DSL y la tasa actual de utilización de la capacidad de la línea DSL. En terminología DSL, la capacidad de la línea DSL se denomina MABR (velocidad de bits máxima alcanzable). Las realizaciones de la invención miden la utilización de corriente (U_c) como SYNCH/MABR donde SYNCH es la tasa de sincronización actual. La elección de (MABR , U_c) en una realización de la invención deriva del hecho de que MABR indica la capacidad de la línea DSL caracterizada por la atenuación de la señal y el ruido estacionario en la línea DSL. Por lo tanto, las líneas DSL con estadísticas estacionarias subyacentes similares se agrupan en la misma categoría en 320.

U_c indica el grado de capacidad de la línea DSL que se está utilizando. Una motivación para elegir U_c se puede ilustrar con un ejemplo: si las líneas DSL 1 y 2 tienen la misma capacidad y el mismo estado de estabilidad, pero la línea 2 tiene una tasa de utilización más baja, se puede esperar que la línea 2 se enfrente a alteraciones de ruido no estacionario más severas, como el ruido de impulso de la línea. En otras palabras, a pesar de una utilización relativamente insuficiente de la línea, debido a la presencia de alteraciones de ruido más serios, la línea 2 muestra el mismo comportamiento de estabilidad que la línea 1. Por lo tanto, en promedio, la línea 2 tendrá una probabilidad menor de éxito en el logro de un estado de rendimiento objetivo después de la optimización.

La Figura 4 ilustra gráficamente probabilidades de éxito decrecientes monótonamente para U_c decreciente monótonamente, validando empíricamente el uso de (MABR , U_c) como la medida de las características de la línea DSL, en una realización de la invención. Con referencia al diagrama de flujo de la figura 3, durante la etapa 330 de predicción del éxito, para una línea DSL considerada, se identifica la categoría apropiada de líneas DSL a partir de la cual obtener la medida de características en 340 en base a los valores de MABR y U_c . Para un estado estable objetivo dado y la tasa objetivo deseada (U_t), la probabilidad de éxito se recupera de los cálculos realizados en 325 durante la fase 310 de entrenamiento del algoritmo. Esta probabilidad de éxito, a su vez, se puede utilizar en varios

componentes de DSL para asignar eficientemente los recursos de la red.

La figura 4 contiene dos gráficos 405 y 410. Las líneas DSL consideradas en ambos gráficos tienen un estado de estabilidad inicial = estable. (Recuérdese que el estado actual comprende tanto la estabilidad de arranque como la tasa de corriente en una realización). El gráfico 405 corresponde a líneas con MABR en el rango de (4000, 8000) kbps (recuerde que la medida de DSL comprende tanto MABR como la utilización de corriente en una realización). El eje horizontal corresponde a una tasa objetivo (recuérdese que el estado objetivo se compone de la tasa objetivo y la estabilidad del objetivo). Se considera estabilidad objetivo = estable. El eje vertical en ambos gráficos es la probabilidad calculada de que un optimizador DSL logre un estado objetivo en el eje horizontal. Cada representación en el gráfico 405 está definido por una utilización actual. Por ejemplo, la representación 415 proporciona una probabilidad calculada, entre líneas con MABR actual en [4000, 8000 kbps) y utilización actual en (0, 0,2], de que el optimizador DSL alcance el estado objetivo correspondiente en el eje horizontal, cuando el estado de estabilidad actual es estable y la tasa actual = utilización actual multiplicada por MABR (recuérdese que la utilización actual = tasa de sincronización actual/MABR). Asimismo, las representaciones 420, 425 y 430 proporcionan una probabilidad calculada, entre líneas con varios rangos de MABR y utilización actual, de que el optimizador DSL alcance el estado objetivo correspondiente en el eje horizontal, cuando el estado de estabilidad actual es estable y la tasa actual = utilización actual multiplicado por MABR.

Es importante destacar que (1) dentro de un rango de MABR como se representa en 405 y 410, para un estado objetivo dado, a medida que aumenta la utilización actual, la probabilidad de alcanzar el estado objetivo también aumenta, y (2) cuando cambia el rango de MABR (gráfico 405 al gráfico 410), las probabilidades cambian. Si bien (1) lo anterior respalda las realizaciones de la invención descritas anteriormente, (1) y (2) combinadas también validan la elección de las medidas DSL (MABR, utilización actual) descritas en el presente documento y, en general, la necesidad de agrupar líneas basadas en medidas DSL.

La figura 5 ilustra gráficamente a 500 probabilidades de éxito decrecientes monótonamente para U_c decreciente monótonamente, validando empíricamente el uso de (MABR, U_c) como la medida de las características de la línea DSL, en una realización de la invención. En particular, la figura 5 contiene dos gráficos 505 y 510. Las líneas DSL consideradas en ambos gráficos tienen un estado de estabilidad inicial = inestable. El gráfico 505 corresponde a líneas con MABR en el rango de [3000, 5000) kbps. El eje horizontal corresponde a una tasa objetivo. Se considera estabilidad objetivo = estable. El eje vertical en ambos gráficos 505 y 510 es la probabilidad calculada de que un optimizador DSL alcance un estado objetivo en el eje horizontal. Cada representación en el gráfico 505 está definido por una utilización actual. Por ejemplo, la gráfica 515 proporciona una probabilidad calculada, entre líneas con MABR actual en [3000, 5000 kbps) y utilización actual en (0, 0,2], de que el optimizador DSL alcance el estado objetivo correspondiente en el eje horizontal, cuando el estado de estabilidad actual es estable y la tasa actual = utilización actual multiplicada por MABR (recuérdese que la utilización actual = tasa actual/MABR). Asimismo, los gráficos 520, 525, 530 y 535 proporcionan una probabilidad calculada, entre líneas con varios rangos de MABR y utilización actual, de que el optimizador DSL alcance el estado objetivo correspondiente en el eje horizontal, cuando el estado de estabilidad actual es inestable y la tasa actual = utilización actual multiplicada por MABR. Dentro de un rango de MABR como se representa en 505 y 510, para un estado objetivo dado, a medida que aumenta la utilización actual, también aumenta la probabilidad de lograr el estado objetivo, y cuando cambia el rango de MABR (gráfico 505 a gráfico 510), las probabilidades igualmente cambian.

El sistema de administración de DSL, o el controlador de DSL, puede ser un sistema informático de propósito general o de propósito especial, de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento, dentro del cual se puede ejecutar un conjunto de instrucciones, para hacer que los dispositivos mencionados realicen una o más de las metodologías tratadas en el presente documento. En realizaciones alternativas, estos dispositivos pueden estar conectados, en red, interconectados, etc., con otras máquinas en una red de área local (LAN), una red de área amplia, una intranet, una extranet o Internet. Uno o más de los dispositivos pueden operar en la capacidad de un servidor o un cliente en un entorno de red cliente-servidor, o como un par en un entorno de red de igual a igual (o distribuido). En determinadas realizaciones, cada uno de los dispositivos se pueden encontrar en la forma de un ordenador personal (PC), un PC de tipo tableta, una unidad de adaptación multimedios (STB), un asistente digital personal (PDA), un teléfono celular, un aparato web, un servidor, un enrutador, conmutador o puente de red, sistema informático, televisión con Internet o cualquier máquina capaz de ejecutar un conjunto de instrucciones (secuencial o de otro modo) que especifican acciones que van a ser emprendidas por esa máquina. Además, cuando solo se ilustra una única máquina, también se deberá interpretar que la expresión "máquina" incluye cualquier colección de máquinas (por ejemplo, ordenadores) que ejecutan individual o conjuntamente un conjunto (o múltiples conjuntos) de instrucciones para realizar una o más cualesquiera de las metodologías analizadas en el presente documento.

Uno o más de los dispositivos pueden incluir un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio (o, más específicamente, un medio de almacenamiento no transitorio accesible por máquina) en el que se almacenan uno o más conjuntos de instrucciones (por ejemplo, el software) que materializan una o más cualesquiera de las metodologías o funciones descritas en el presente documento. El software también puede residir, o alternativamente residir, dentro de una memoria principal de un dispositivo, y además puede residir completa o al menos parcialmente dentro de un procesador(es) durante la ejecución del mismo por un sistema informático, la memoria principal y el procesador(es) también constituyen medios de almacenamiento legibles por máquina. Además, el software puede

transmitirse o recibirse además a través de una red a través de una tarjeta de interfaz de red.

- 5 Aunque la materia objeto que se desvela en el presente documento se ha descrito a modo de ejemplo y en términos de las realizaciones específicas, se ha de entender que las realizaciones reivindicadas no se limitan a las realizaciones explícitamente enumeradas que se desvelan. Por el contrario, se tiene por objeto que la divulgación cubra diversas modificaciones y disposiciones similares según sean evidentes a los expertos en la materia. Por lo tanto, al alcance de las reivindicaciones adjuntas se le debería conceder la interpretación más amplia con el fin de abarcar la totalidad de tales modificaciones y disposiciones similares. Se ha de entender que se tiene por objeto que la descripción anterior sea ilustrativa y no restrictiva. Muchas otras realizaciones serán evidentes a los expertos en la materia tras leer y entender la descripción anterior. Por lo tanto, el alcance de la materia objeto desvelada debe determinarse con referencia a las reivindicaciones adjuntas.
- 10

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para predecir el logro de un rendimiento mejorado de una línea DSL antes de que un optimizador DSL en un sistema de administración DSL optimice el rendimiento de la línea DSL, que comprende:

obtener (210) un estado de rendimiento actual de la línea DSL antes de la optimización;
obtener (215) un estado de rendimiento objetivo de la línea DSL después de la optimización;
obtener (220) una medida de las características de la línea DSL de la línea DSL;
identificar, de entre una pluralidad de registros de información asociados con la optimización del rendimiento de una pluralidad de líneas DSL, un subconjunto de los registros de información asociados con la optimización del rendimiento de un subconjunto de líneas DSL que tienen una medida similar de características de la línea DSL que la línea DSL para la que se prevé lograr un mejor rendimiento; y
obtener una probabilidad de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado actual de rendimiento al estado objetivo de rendimiento, basándose en un análisis estadístico del subconjunto identificado de registros de información asociado con el la optimización del rendimiento del subconjunto de líneas DSL, donde dicho análisis estadístico detecta instancias en las que el optimizador DSL ha optimizado previamente el rendimiento del subconjunto de líneas DSL desde un estado igual o similar al estado actual de rendimiento a un estado igual o similar como el estado objetivo de rendimiento.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:

obtener (315) la pluralidad de registros de información asociada con la optimización del rendimiento de una pluralidad de líneas DSL, donde cada registro indica una medida de las características de la línea DSL en el momento de la optimización y un primer estado de rendimiento antes, y un segundo estado de rendimiento después de la optimización de una de la pluralidad de líneas DSL;
clasificar (320) cada uno de la pluralidad de registros en una de una pluralidad de categorías de acuerdo con la medida de las características de la línea DSL, indicada en cada registro, donde cada una de la pluralidad de categorías está definida por un rango no superpuesto de las medidas de las características de la línea DSL indicadas en la pluralidad de registros; y
calcular (325), para cada categoría de la pluralidad de registros, una frecuencia con la que los registros de la categoría indican que la pluralidad asociada de líneas DSL se optimizaron desde un primer estado de rendimiento a un segundo estado de rendimiento,
donde dicha identificación comprende identificar la una de la pluralidad de categorías de registros que tienen el rango de medidas de las características de la línea DSL que abarcan o es más similar a la medida obtenida de las características de la línea DSL de la línea DSL, y
dicha obtención de la probabilidad se basa en la frecuencia con la que los registros en la identificada de la pluralidad de categorías indican que la pluralidad asociada de líneas DSL se optimizaron desde un primer estado de rendimiento similar al estado de rendimiento actual a un segundo estado de rendimiento similar al estado de rendimiento objetivo.

3. El método de la reivindicación 1, que comprende además asignar recursos del sistema DSL de acuerdo con la probabilidad obtenida de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo.

4. El método de la reivindicación 1, que comprende además proporcionar una salida recomendando un producto de servicio para la línea DSL según la probabilidad obtenida de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo.

5. El método de la reivindicación 1, donde obtener, en base a un análisis estadístico, la probabilidad de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo comprende calcular la frecuencia con la que el subconjunto identificado de los registros de información asociados con la optimización del rendimiento del subconjunto de líneas DSL indican que el optimizador DSL ha optimizado previamente el rendimiento del subconjunto de líneas DSL desde un estado igual o similar al estado de rendimiento actual a un estado igual o similar como el estado de rendimiento objetivo.

6. El método de la reivindicación 1, donde identificar, entre una pluralidad de registros de información asociados con la optimización del rendimiento de una pluralidad de líneas DSL, un subconjunto de los registros de información asociados con la optimización del rendimiento de un subconjunto de líneas DSL que tienen una medida similar de las características de la línea DSL como la línea DSL para la que se va a predecir el logro de un rendimiento mejorado de la línea DSL comprende buscar en un almacén de memoria accesible al sistema de administración DSL que contiene la pluralidad de registros de información asociados con la optimización del rendimiento de la pluralidad de líneas DSL para el subconjunto de registros de información asociada con la optimización del rendimiento del subconjunto de líneas DSL que tienen la medida de características de línea DSL similar a la línea DSL.

7. El método de la reivindicación 1 o 2, que comprende además priorizar la optimización de la línea DSL en base a la probabilidad obtenida de que el optimizador DSL optimice el rendimiento de la línea DSL desde el estado de rendimiento actual al estado de rendimiento objetivo.

5 8. El método de la reivindicación 2, donde:

obtener la pluralidad de registros de información asociados con la optimización del rendimiento de una pluralidad de líneas DSL comprende almacenar la pluralidad de registros de información en un almacén de memoria accesible al sistema de administración DSL;

10 e identificar una de la pluralidad de categorías de registros que tiene el rango de las medidas de las características de la línea DSL que abarcan o es más similar a la medida obtenida de las características de la línea DSL de la línea DSL comprende buscar la pluralidad de registros de información en el almacén de memoria accesible al sistema de administración DSL.

15 9. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, donde:

el estado de rendimiento actual de la línea DSL se define, o representa, como una velocidad de transmisión de datos actual para la línea DSL y como un estado actual de estabilidad para la línea DSL, donde el estado actual de estabilidad es un estado estable o un estado inestable, y/o

20 el estado de rendimiento objetivo de la línea DSL se define, o representa, como una velocidad de transmisión de datos objetivo para la línea DSL y como un estado objetivo de estabilidad de la línea DSL, donde el estado objetivo de estabilidad es un estado estable o un estado inestable.

25 10. El método de la reivindicación 1 o 2, donde la medida de las características de la línea DSL comprende una capacidad y una utilización actual de la línea DSL.

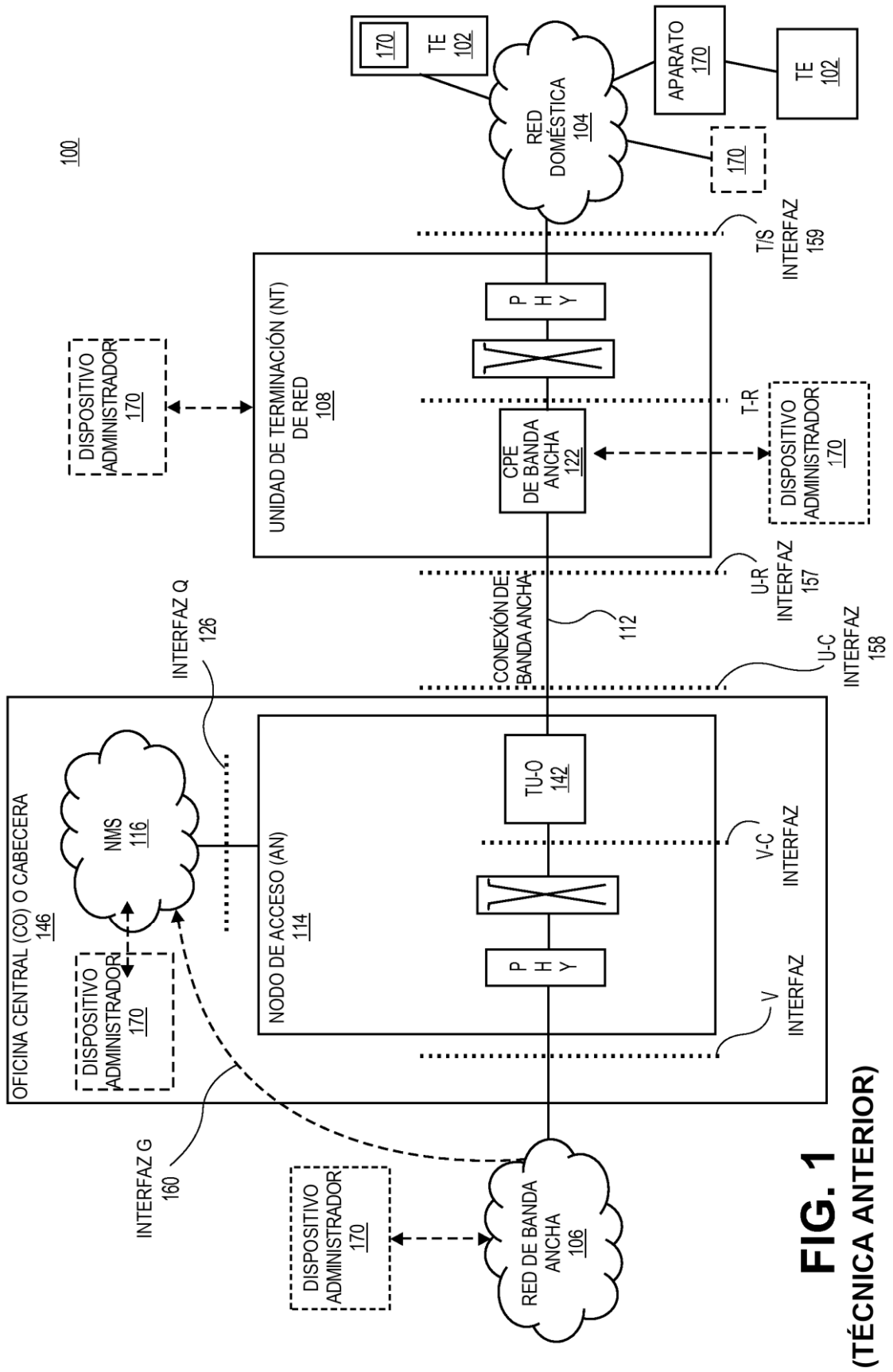
11. El método de la reivindicación 10, donde:

30 la capacidad de la línea DSL se define o representa como uno o más de: una velocidad de bits máxima alcanzable (MABR), una longitud de bucle de línea DSL y una atenuación de línea DSL; y/o
la utilización actual de la línea DSL se define, o se representa, como uno o ambos de: una relación de una tasa de sincronización actual (SYNC) a MABR, y un margen operativo actual de la línea DSL.

35 12. El método de la reivindicación 2, donde clasificar cada uno de la pluralidad de registros en una de una pluralidad de categorías según la medida de las características de la línea DSL comprende seleccionar la medida de las características de la línea DSL mediante la cual clasificar cada uno de la pluralidad de registros en uno de la pluralidad de categorías de manera que se espera que la pluralidad de líneas DSL asociadas con una de la pluralidad de categorías tenga características de canal DSL subyacentes similares.

40 13. Un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador, que comprende instrucciones de ordenador, que, cuando se ejecutan, hacen que un sistema de administración de DSL acoplado a un sistema de línea de abonado digital (DSL) realice un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

45 14. Un sistema configurado para llevar a cabo un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.



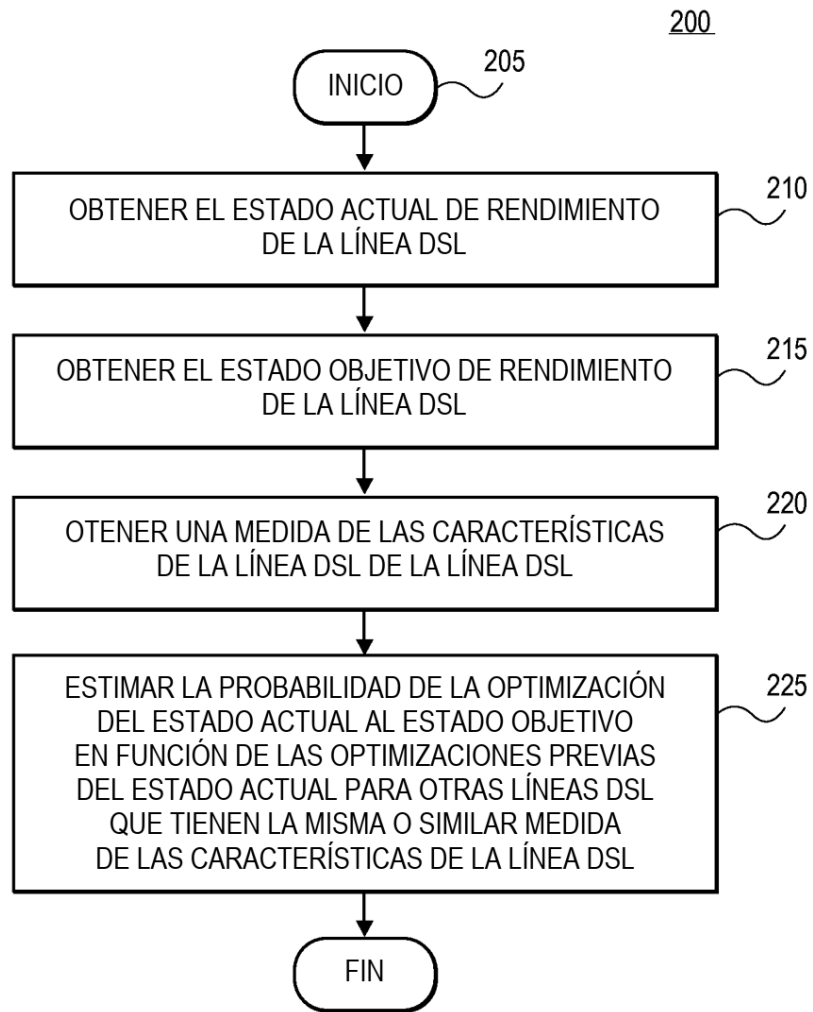
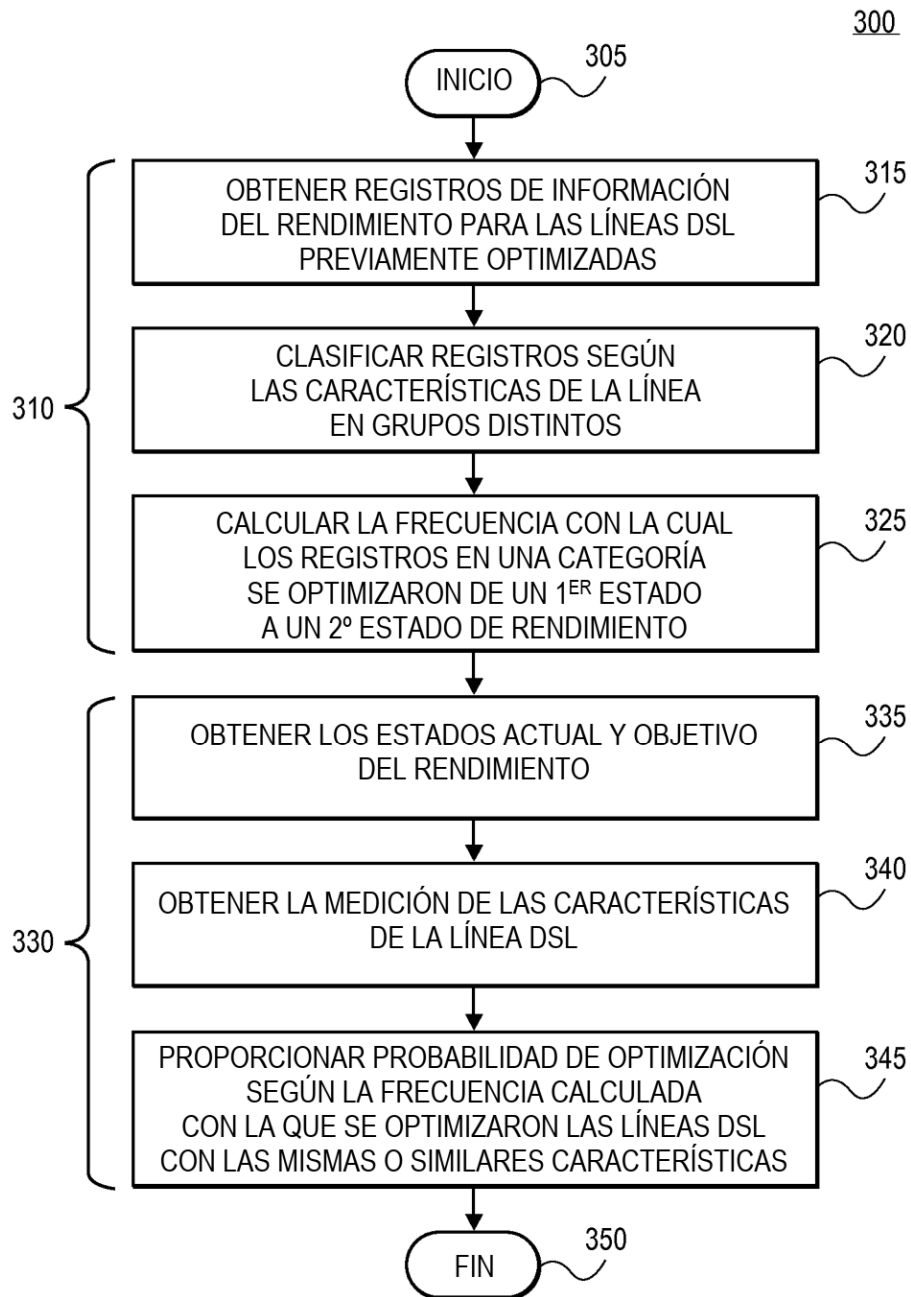
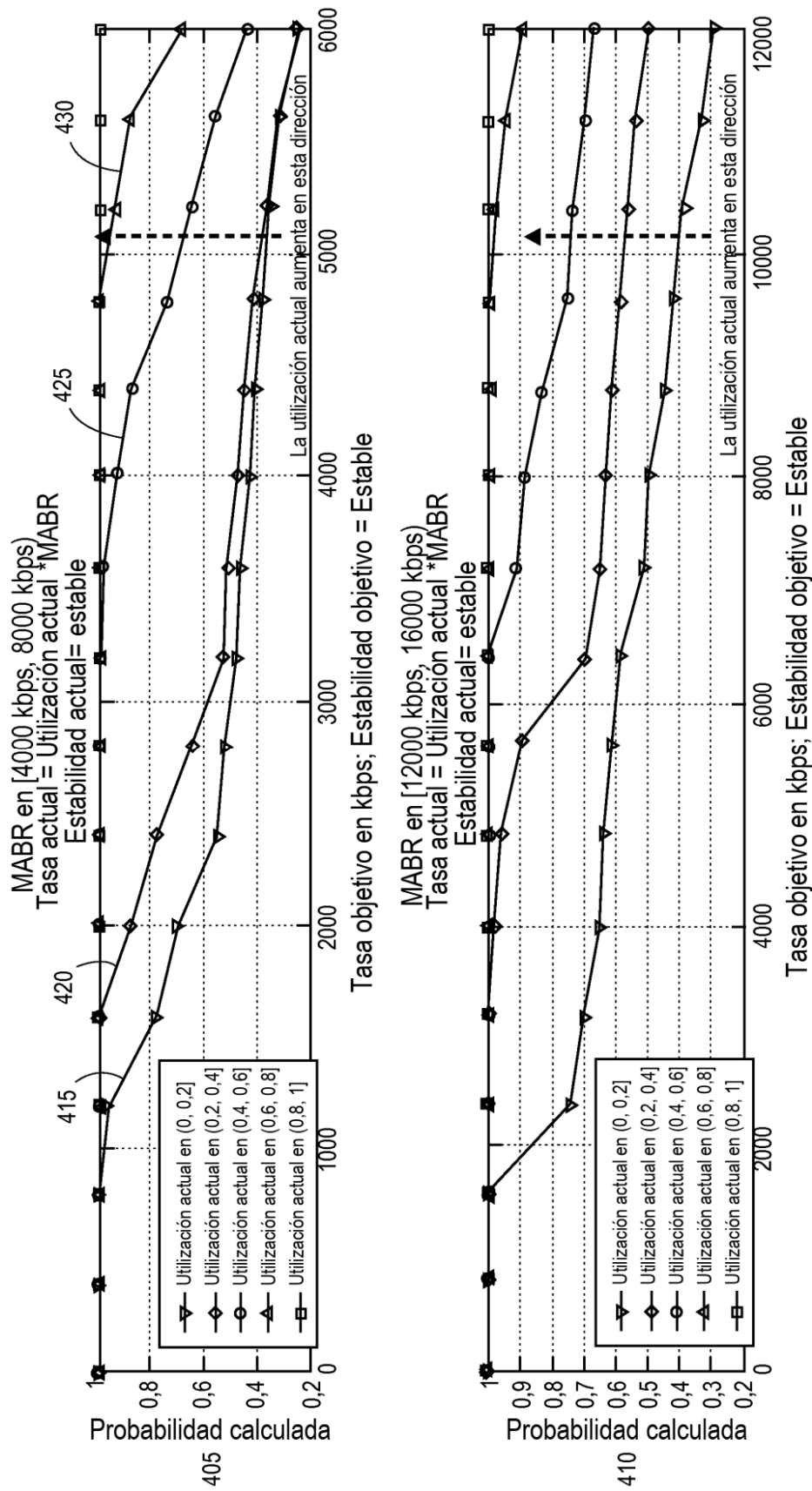
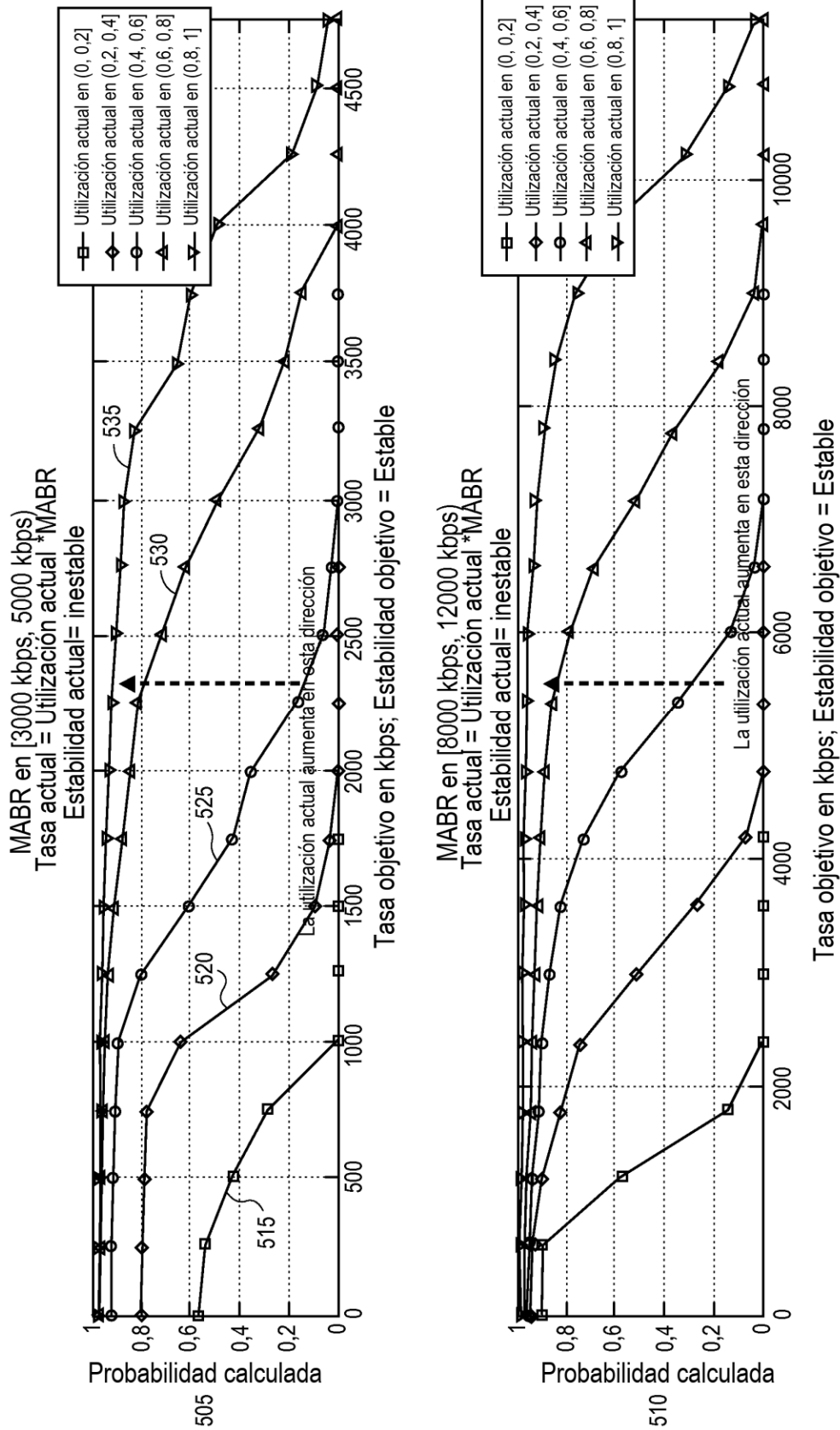


FIG. 2

**FIG. 3**





500

FIG. 5