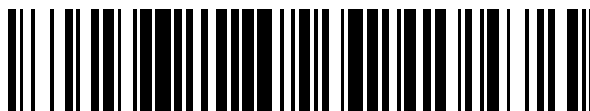


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 543**

51 Int. Cl.:  
**H04B 3/46** (2006.01)  
**H04M 11/06** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06755837 .9**
- 96 Fecha de presentación: **28.02.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1869790**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.12.2007**

54 Título: **Control de estado y de perfil de línea de un sistema de DSL**

30 Prioridad:  
**03.03.2005 US 71762**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.10.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.10.2012**

73 Titular/es:  
**ADAPTIVE SPECTRUM AND SIGNAL  
ALIGNMENT, INC.  
303 TWIN DOLPHIN DRIVE REDWOOD CITY  
CA 94065, US**

72 Inventor/es:  
**RHEE, Wonjong;  
ALMANDOZ, Iker y  
CIOFFI, John, M.**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

**ES 2 388 543 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**

Control de estado y de perfil de línea de un sistema de DSL

**Antecedentes de la invención**

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere, en general, a procedimientos, sistemas y aparatos para gestionar sistemas de comunicaciones digitales. Más específicamente, la presente invención se refiere a la gestión de estados operativos, tales como perfiles de línea, en un sistema de DSL.

**Descripción de la tecnología relacionada**

10 Las tecnologías de línea de abonado digital (DSL) proporcionan un ancho de banda potencialmente amplio para la comunicación digital por líneas existentes de abonado telefónico (denominadas bucles y / o planta de cobre). Las líneas de abonado telefónico pueden proporcionar este ancho de banda a pesar de su diseño original solamente para la comunicación analógica por banda de voz. En particular, la DSL asimétrica (ADSL) puede ajustarse a las características de la línea de abonado usando un código de línea discreto multitonal (DMT) que asigna un cierto número de bits a cada tono (o subportadora), que puede ser ajustado a las condiciones del canal, según lo  
15 determinado durante el entrenamiento e inicialización de los módems (habitualmente, transceptores que funcionan como transmisores y receptores a la vez) en cada extremo de la línea de abonado.

En la mayoría de los DSLAM (Multiplexadores de Acceso a Línea de Abonado Digital) de ADSL 1 desplegados, un "perfil de línea" especifica parámetros tales como velocidad de datos, densidad espectral de potencia (PSD), margen, parámetros de corrección anticipada de errores (FEC) y una máscara portadora (CMASK) para un cliente / línea de  
20 DSL específico adosado al DSLAM. Un "perfil de línea" (también llamado perfil) es distinto a un "tipo de servicio", que se refiere a la velocidad de datos y a las gamas de latencia deseadas / permitidas para una línea, según el pago o la elección del cliente. Clientes distintos pueden tener perfiles distintos. Un ejemplo que enumera parámetros de perfil controlables aparece en la tabla a continuación:

**Nombre de perfil: Perfil1**

25 *Retardo de intercalación: Bajo (Canal rápido)*

*Nivel máximo de PSD flujo abajo: -46 dBm/Hz*

*Máxima velocidad flujo abajo: 6.016 kbps*

*Mínima velocidad flujo abajo: 192 kbps*

*Máxima velocidad flujo arriba: 416 kbps*

30 *Mínima velocidad flujo arriba: 64 kbps*

*Máximo margen de ruido: 16 dB*

*Margen de ruido de destino: 6 dB*

*Mínimo margen de ruido: 0 dB*

*Máscara portadora a usar (en formato hexadecimal):*

35 *FFF01FFF0FFFFFFFFFFFFFFE0001FFFFFF00000000000000 0000000000000000*

Los operadores usan actualmente estos perfiles de manera sencilla para controlar solamente la velocidad de datos de una línea individual, y tal vez los valores configurados de la FEC. Por lo tanto, el perfil de una línea individual a menudo se escoge manualmente, causando con frecuencia que la línea permanezca en ese perfil a menos que el personal de mantenimiento cambie manualmente el perfil durante una respuesta a una incidencia o en respuesta a una solicitud de  
40 cliente para un servicio distinto de DSL. Incluso cuando se permite a una línea avanzar automáticamente hacia otros pocos perfiles, se han aplicado severas restricciones, que dan como resultado que solamente unos pocos perfiles sean considerados como candidatos para el avance. Además, las reglas para cualquier cambio de perfil pueden verse como funciones fijas o estáticas de un parámetro, o de un número muy pequeño de parámetros caracterizadores de línea. Tales transiciones sencillas no permiten diversos tipos de servicio, y fracasan en la asistencia para superar y / o  
45 abordar diversas degradaciones del ruido (por ejemplo, ruido de impulso y ruido de diafonía), limitando por ello la velocidad de datos desplegada y / o las capacidades de alcance de ADSL y VDSL.

El documento US2003/086514 describe procedimientos y sistemas para controlar dinámicamente un sistema de DSL. Se recoge información acerca de líneas de comunicación digital en el sistema y se determinan las características de línea y de señal de las líneas de DSL, incluso los efectos de interferencia. En base a las características determinadas y a los parámetros de prestaciones deseados, se ajusta el funcionamiento de las líneas de DSL para mejorar, o controlar de otra forma, las prestaciones del sistema. La recolección y el procesamiento de información pueden ser realizados por un miembro que no sea un usuario en el sistema y que también pueda controlar las características y parámetros operativos del sistema. El procedimiento puede usarse para eliminar o reducir la interferencia de señales, tal como la diafonía, que pueda ser inducida en líneas de DSL en sistemas de DSL.

Los sistemas, procedimientos y técnicas que permiten la implementación de una amplia variedad de perfiles de línea y transiciones entre tales perfiles, automáticamente y con facilidad, en sistemas de comunicación tales como los sistemas de DSL, representarían un avance significativo en la técnica. En particular, la priorización e implementación de opciones de transición en el sistema de comunicación representarían un considerable avance en el campo de las velocidades de servicio del DSL y los alcances asociados.

Un primer aspecto de la invención proporciona un procedimiento en un controlador de DSL acoplado con una línea de DSL, comprendiendo el procedimiento: operar la línea de DSL en el perfil actual de línea; recolectar datos operativos referidos al funcionamiento de la línea de DSL en el perfil actual de línea; evaluar si ha de efectuarse o no la transición del funcionamiento de una línea de DSL desde un perfil de línea actual a uno entre una pluralidad de perfiles de línea de destino, implementando en software, o hardware, o una combinación de los mismos: una matriz de transición de estados de perfiles que indica una pluralidad de posibles transiciones desde el perfil de línea actual a uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, una pluralidad de sub-reglas, cada una de ellas para evaluar una viabilidad o inviabilidad de la pluralidad de perfiles de línea de destino dentro de la matriz de transición de estados de perfiles, una pluralidad de tablas de umbrales, en donde cada una entre la pluralidad de tablas de umbrales acentúa o atenúa las sub-reglas individuales, y una regla global que utiliza dicha(s) sub-regla(s) para determinar la viabilidad o inviabilidad para cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, en donde la pluralidad de sub-reglas y la regla global se basan en datos informados y estimados a partir de los datos operativos recolectados; determinar la viabilidad o inviabilidad del perfil de línea actual y de cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino en base a los datos operativos recolectados, y según las salidas de algunas de, o todas, las sub-reglas y la regla global; y seleccionar uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino en los cuales operar la línea de DSL, en donde el perfil de línea seleccionado comprende cualquiera, entre el perfil de línea actual y la pluralidad de perfiles de línea de destino, que tenga la mayor prioridad en la matriz de transición de estados de perfiles, y que no esté evaluado como inviable; y operar la línea de DSL en el perfil de línea seleccionado.

Un segundo aspecto de la invención proporciona un optimizador de DSL acoplado con un sistema de DSL para evaluar si se instruye o no a una línea de DSL, que funciona en un perfil de línea actual, para efectuar la transición al funcionamiento en uno entre una pluralidad de perfiles de línea de destino, comprendiendo el optimizador de DSL: una unidad de control de transición de estados que implementa en software, o hardware, o una combinación de los mismos: una matriz de transición de estados de perfiles que indica una pluralidad de posibles transiciones desde el perfil de línea actual a uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, una pluralidad de sub-reglas, cada una de ellas para evaluar una viabilidad o inviabilidad de la pluralidad de perfiles de línea de destino dentro de la matriz de transición de estados de perfiles, una pluralidad de tablas de umbrales, en donde cada una entre la pluralidad de tablas de umbrales acentúa o atenúa las sub-reglas individuales, y una regla global que utiliza dicha(s) sub-regla(s) para determinar la viabilidad o inviabilidad para cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, en donde la pluralidad de sub-reglas y la regla global se basan en datos informados y estimados a partir de los datos operativos recolectados; un módulo de recolección de datos para recolectar datos operativos referidos al funcionamiento de la línea de DSL en el perfil actual; un módulo de análisis para determinar la viabilidad o inviabilidad del perfil de línea actual y de cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, en base a los datos operativos recolectados, y según las salidas de algunas de, o todas, las sub-reglas y la regla global; y un módulo selector de perfiles de línea para seleccionar uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino en los cuales operar la línea de DSL, en donde el perfil de línea seleccionado comprende cualquiera, entre el perfil de línea actual y la pluralidad de perfiles de línea de destino, que tenga la mayor prioridad en la matriz de transición de estados y que no esté evaluado como inviable.

La evaluación de la viabilidad de permanecer en el estado actual o de avanzar a uno de los estados de destino puede basarse en distribuciones de datos informados y estimados, derivadas de datos operativos recolectados a partir del sistema de comunicación. Los estados de destino pueden priorizarse y disponerse en una matriz u otro marco, haciendo más sencilla la evaluación y la selección.

La viabilidad puede tener en cuenta tanto la suficiencia de los datos disponibles (informados y / o estimados) como la probabilidad del comportamiento de la línea en el estado actual y en cualquier estado de destino en consideración. Las probabilidades de satisfacer umbrales operativos y / o de prestaciones pueden usarse en varias sub-reglas cuyas salidas se combinen en una regla global que proporciona una decisión de viabilidad. Los vectores de ponderación pueden usarse para ponderar o purgar completamente datos antiguos. En un sistema de DSL estas ponderaciones,

sub-reglas y otros factores pueden reflejar diferencias entre el comportamiento y la transmisión de datos flujo arriba y flujo abajo. Los diversos aspectos de la presente invención pueden ajustarse y / o actualizarse adaptablemente o dinámicamente para asimilar condiciones de línea cambiantes, y actualizarse adaptablemente o dinámicamente para asimilar condiciones de línea cambiantes, objetivos de prestaciones, etc.

- 5 Los procedimientos, técnicas, aparatos, procesos y equipos según las realizaciones de la presente invención pueden implementarse en un controlador, un optimizador de DSL o similares. Tal implementación puede ser parte de un sistema de gestión de espectro dinámico.

Los detalles y ventajas adicionales de la invención se proporcionan en la siguiente Descripción Detallada y en las Figuras asociadas.

10 **Breve descripción de las diversas vistas de la ilustración**

La presente invención será inmediatamente entendida a partir de la siguiente descripción detallada, conjuntamente con los dibujos adjuntos, en donde los números iguales de referencia designan elementos estructurales iguales, y en los cuales:

La Figura 1 es un sistema de modelo de referencia en bloques esquemáticos según el estándar G.997.1.

- 15 La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra el despliegue de DSL ejemplar y genérico.

La Figura 3A es un diagrama en bloques esquemático de una realización de la presente invención en un sistema de DSL.

La Figura 3B es un diagrama en bloques esquemático de otra realización de la presente invención en un sistema de DSL.

- 20 La Figura 4 incluye un diagrama ejemplar de transición de estados, y matrices que incorporan el diagrama de transición de estados y la priorización de las transiciones disponibles entre diversos estados.

La Figura 5 es una regla global ejemplar que utiliza diversas sub-reglas para producir una decisión en cuando a si un estado de destino es o no viable o bien, en algunas realizaciones, no inviable.

- 25 La Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra una o más realizaciones de la presente invención en las cuales se evalúa la transición de la operación de una línea de DSL u otra línea de comunicación desde un estado actual a uno o más estados de destino.

La Figura 7 es un diagrama de flujo de otra realización de la presente invención para estimar datos de prestaciones para una línea de DSL que usa un perfil de línea de destino.

- 30 La Figura 8 es un diagrama en bloques de un típico sistema informático o sistema de circuitos integrados adecuado para implementar realizaciones de la presente invención.

**Descripción detallada de la invención**

- 35 La siguiente descripción detallada de la invención se referirá a una o más realizaciones de la invención, pero no está limitada a tales realizaciones. En cambio, la descripción detallada está concebida solamente para ser ilustrativa. Los expertos en la técnica apreciarán inmediatamente que la descripción detallada dada en el presente documento con respecto a las Figuras se proporciona con fines explicativos, ya que la invención se extiende más allá de estas realizaciones limitadas.

- 40 Las realizaciones de la presente invención implementan transiciones de estados que pueden realizar flexiblemente distintas transiciones de estados en una o más implementaciones sencillas. Según se usa en la descripción en el presente documento (y a menos que se indique lo contrario en un caso dado), un "estado" es equivalente a un perfil. Es posible agrupar un conjunto de perfiles en un único estado (por ejemplo, allí donde un estado está definido por velocidad solamente y varios sub-estados se distinguen, en consecuencia, como una función de distintas configuraciones para la FEC, la PSD, etc.). Tal agrupación puede ser dependiente de la implementación.

- 45 En la explicación de la presente invención, el término "perfil" significa "perfil de línea". Esta es una definición de parámetros usados para operar la línea, tales como la velocidad de datos, las configuraciones de FEC, etc. El término "estado" se refiere a una posición dentro de un diagrama dado de transición de estados, u otro esquema. En algunas realizaciones de la presente invención, 2 o más líneas pueden estar funcionando usando el mismo "perfil", aunque estén en distintos "estados". Por ejemplo, supongamos que la Línea 1 ha avanzado desde el Perfil 1A (que usa una velocidad máxima de datos de 1,0 Mbps) al Perfil 1B (que usa una velocidad máxima de datos de 1,53 Mbps). Supongamos adicionalmente que la Línea 2 ha avanzado desde el Perfil 2A (que usa una velocidad máxima de datos

de 3,0 Mbps) al Perfil 2B (que usa una velocidad máxima de datos de 1,5 Mbps). Ambas Líneas 1 y 2 pueden estar ahora usando el mismo "perfil", que posee una velocidad máxima de datos de 1,5 Mbps, pero estar en distintos estados, ya que sus anteriores historias de operación de perfiles y / o selecciones de parámetros son distintas. Solamente las velocidades máximas de datos son las mismas. Cada estado puede tener una velocidad máxima de datos, pero no todas las líneas con la misma velocidad máxima de datos corresponden al mismo estado. De manera similar, no todas las líneas con la misma velocidad máxima de datos pueden corresponder tampoco al mismo perfil. Para los fines de evaluación de potenciales transiciones subsiguientes, el Perfil 1B y el Perfil 2B pueden por tanto ser perfiles idénticos, pero estados distintos. Los expertos en la técnica apreciarán que los sistemas existentes de DSL pueden igualar los tres términos, de modo que estado, velocidad máxima de datos y perfil correspondan aproximadamente a la misma situación. Sin embargo, según la realización de la presente invención, esta invención permite que los 3 términos sean potencialmente distintos. Los expertos en la técnica podrán distinguir los diversos casos específicamente descritos en el presente documento, y abarcados de otro modo por la presente invención, por el contexto y la naturaleza de los sistemas usados y así descritos.

En muchos de los ejemplos específicos presentados en el presente documento de realizaciones de la presente invención, los estados y los perfiles pueden ser los mismos. Es decir, la historia anterior de perfiles no se considera "directamente" al determinar el estado de una línea. En cambio, en muchas realizaciones, la viabilidad de una transición de estados puede incluir ponderar (incluso descartar y / o purgar) datos informados y estimados referidos a la operación anterior del perfil para una línea. Por lo tanto, la viabilidad de una transición futura (es decir, la adecuación de un perfil o estado de destino) tiene en cuenta lo que podría ser tenido en cuenta de otro modo por un sistema de definición de estados más elaborado. Por lo tanto, como apreciarán los expertos en la técnica, si bien un "perfil" y un "estado" son lo mismo en muchas realizaciones de la presente invención, nada en el presente documento limita estos términos para significar la misma cosa y, en otras realizaciones, pueden diferir en forma significativa entre sí. Sin embargo, a menos que se indique otra cosa, las realizaciones ilustradas y explicadas en el presente documento usarán sistemas en los cuales los estados y los perfiles significan lo mismo.

Si un sistema no se construye en base al concepto de perfiles y permite en cambio el control independiente de la velocidad, la potencia, etc., para líneas individuales, entonces al menos dos soluciones son posibles actualmente: un controlador (tal como un optimizador de DSL) puede construir un conjunto de perfiles y usar solamente uno de ellos para cada usuario individual o bien, alternativamente, un controlador puede calcular los mejores parámetros a usar para un tipo de servicio dado y configurar en consecuencia los parámetros de línea. La primera solución se expone en el presente documento en mayor detalle, aunque ambas soluciones serán evidentes para los expertos en la técnica después de revisar la presente revelación, y ambas son realizaciones de la presente invención.

Como se describe en más detalle más adelante, una unidad de control de transición de estados que implementa una o más realizaciones de la presente invención puede ser parte de un controlador (por ejemplo, un optimizador de DSL, un gestor de espectro dinámico o centro de gestión de espectro). El controlador y / o unidad de control de transición de estados puede situarse en cualquier parte. En algunas realizaciones, el controlador y / o la unidad de control de transición de estados residen en la Oficina Central de la DSL, mientras que en otros casos pueden ser operados por un tercero situado fuera de la Oficina Central. La estructura, la programación y otras características específicas de un controlador y / o unidad de control de transición de estados, utilizable con respecto a las realizaciones de la presente invención, serán evidentes para los expertos en la técnica después de revisar la presente revelación.

Un controlador, tal como un optimizador de DSL, un centro de gestión de espectro dinámico (Centro DSM), un módem "inteligente" y / o un sistema informático pueden usarse para recolectar y analizar los datos operativos y / o los valores de parámetros de prestaciones, según lo descrito con respecto a las diversas realizaciones de la presente invención. El controlador y / o otros componentes pueden ser un dispositivo implementado por ordenador, o una combinación de dispositivos. En algunas realizaciones, el controlador está en una ubicación remota de los módems. En otros casos, el controlador puede estar cosituado con uno de los, o ambos, módems, como equipo directamente conectado con un módem, DSLAM u otro dispositivo de sistema de comunicación, creando así un módem "inteligente". Las frases "acoplado a" y "conectado con", y similares, se usan en el presente documento para describir una conexión entre dos elementos y / o componentes y están concebidos para significar acoplados bien directamente entre sí, o bien indirectamente, por ejemplo, mediante uno o más elementos intervinientes, o mediante una conexión inalámbrica, donde corresponda.

Algunos de los siguientes ejemplos de realizaciones de la presente invención usarán sistemas de ADSL como sistemas de comunicaciones ejemplares. Dentro de estos sistemas de ADSL, pueden usarse ciertas convenciones, reglas, protocolos, etc., para describir el funcionamiento del sistema ejemplar de ADSL y la información y / o datos disponibles provenientes de los clientes (también denominados "usuarios") y / o equipos en el sistema. Sin embargo, como apreciarán los expertos en la técnica, las realizaciones de la presente invención pueden aplicarse a diversos sistemas de comunicaciones, y la invención no está limitada a ningún sistema específico. La presente invención puede usarse en cualquier sistema de transmisión para el cual la calidad del servicio pueda relacionarse con parámetros de control.

Diversos elementos de gestión de red se usan para la gestión de recursos de capa física de la ADSL, donde los elementos se refieren a parámetros o funciones dentro de un par de módems de ADSL, bien colectivamente o bien en un extremo individual. Un entorno de gestión de red consiste en uno o más nodos gestionados, conteniendo cada uno un agente. El nodo gestionado podría ser un encaminador, un puente, un conmutador, un módem de ADSL u otro. Al menos un NMS (Sistema de Gestión de Red), que se llama a menudo el gestor, monitoriza y controla los nodos gestionados y está usualmente basado en un PC común u otro ordenador. Un protocolo de gestión de red es usado por el gestor y los agentes para intercambiar información de gestión y datos. La unidad de la información de gestión es un objeto. Una colección de objetos relacionados se define como una Base de Información de Gestión (MIB).

La Figura 1 muestra el sistema de modelo de referencia según el estándar G.997.1 (G.ploam), y en el cual pueden implementarse realizaciones de la presente invención. Este modelo vale para todos los sistemas de ADSL que satisfacen los diversos estándares, que pueden o no incluir separadores, 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 G.993.x de VDSL, así como los estándares G.991.1 y G.991.2 de SHDSL, todos con y sin vinculación. Este modelo es bien conocido por los expertos en la técnica.

El estándar G.997.1 especifica la gestión de capa física para sistemas de transmisión de ADSL basados en el canal de operación incrustado (EOC) despejado, definido en el estándar G.997.1 y el uso de bits indicadores y mensajes de EOC definidos en los estándares G.992.x. Además, el estándar G.997.1 especifica contenido de elementos de gestión de red para la gestión de configuración, fallos y prestaciones. Al llevar a cabo estas funciones, el sistema utiliza una gran variedad de datos operativos que están disponibles en, y pueden recolectarse de, un nodo de acceso (AN). El informe TR69 del Foro de ADSL también enumera la MIB y cómo se podría acceder a ella.

En la Figura 1, el equipo terminal 110 del cliente está acoplado con una red 112 de origen, la cual a su vez está acoplada con una unidad de terminación de red (NT) 120. En el caso de un sistema de ADSL, la NT 120 incluye una ATU-R 122 (por ejemplo, un módem, también denominado transceptor en algunos casos, definido por uno de los estándares de ADSL) o cualquier otro módem de terminación de red, transceptor u otra unidad de comunicación adecuados. Cada módem puede ser identificado, por ejemplo, por el fabricante y el número de modelo. Como apreciarán los expertos en la técnica y como se describe en el presente documento, cada módem interactúa con el sistema de comunicación con el cual está conectado y puede generar datos operativos como resultado del desempeño del módem en el sistema de comunicación.

La NT 120 también incluye una entidad de gestión (ME) 124. La ME 124 puede ser cualquier dispositivo de hardware, tal como un microprocesador, un microcontrolador o máquina de estados de circuitos en firmware o hardware, capaz de desempeñarse según lo requerido por estándares aplicables cualesquiera y / u otros criterios. La ME 124 recolecta y almacena datos de prestaciones en su MIB, que es una base de datos de información mantenida por cada ME, y a la cual se puede acceder mediante protocolos de gestión de red, tales como el SNMP (Protocolo Simple de Gestión de Red), un protocolo de administración usado para recoger información de un dispositivo de red a fin de proporcionar comandos a una consola / programa de administrador, o mediante TL1, siendo TL1 un lenguaje de comandos largamente asentado, usado para programar respuestas y comandos entre elementos de redes de telecomunicación.

Cada ATU-R (Unidad Terminal Remota de ADSL) en un sistema está acoplada con una ATU-C (Unidad Terminal Central de ADSL) en una Oficina Central u otra ubicación central. En la Figura 1, la ATU-C 142 está situada en un nodo de acceso (AN) 140 en una Oficina Central 146. El AN 140 puede ser un componente de sistema de DSL, tal como un DSLAM o similar, como apreciarán los expertos en la técnica. Una ME 144 mantiene asimismo una MIB de datos de prestaciones correspondientes a la ATU-C 142. El AN 140 puede estar acoplado con una red 170 de banda ancha u otra red, como apreciarán los expertos en la técnica. La ATU-R 122 y la ATU-C 142 están acopladas entre sí por un bucle 130 que, en el caso de ADSL, es habitualmente un par cruzado telefónico que también lleva otros servicios de comunicación.

Varias de las interfaces mostradas en la Figura 1 pueden usarse para determinar y recolectar datos de prestaciones. La interfaz-Q 155 proporciona la interfaz entre el NMS 150 del operador y la ME 144 en el AN 140. Todos los parámetros especificados en el estándar G.997.1 valen en la interfaz-Q 155. Los parámetros de extremo cercano con soporte en la ME 144 se obtienen de la ATU-C 142, mientras que los parámetros de extremo lejano de la ATU-R 122 pueden ser obtenidos por cualquiera de dos interfaces sobre la interfaz-U. Los bits indicadores y los mensajes de EOC, que se envían usando el canal incrustado 132 y que se proporcionan en la capa de PMD, pueden ser usados para generar los parámetros requeridos de la ATU-R 122 en la ME 144. Alternativamente, el canal de OAM (Operaciones, Administraciones y Gestión) y un protocolo adecuado pueden usarse para extraer los parámetros de la ATU-R 122 cuando son solicitados por la ME 144. De manera similar, los parámetros de extremo lejano de la ATU-C 142 pueden ser obtenidos por cualquiera de dos interfaces sobre la interfaz-U. Los bits indicadores y los mensajes de EOC, que se proporcionan en la capa PMD, pueden usarse para generar los parámetros requeridos de la ATU-C 142 en la ME 122 de la NT 120. Alternativamente, el canal de OAM y un protocolo adecuado pueden usarse para extraer los parámetros de la ATU-C 142 cuando son solicitados por la ME 124.

En la interfaz-U (que es esencialmente el bucle 130) hay dos interfaces de gestión, una en la ATU-C 142 (la interfaz 157 U-C) y una en la ATU-R 122 (la interfaz 158 U-R). La interfaz 157 proporciona parámetros de extremo cercano de la ATU-C para que la ATU-R 122 los extraiga por la interfaz-U 130. De manera similar, la interfaz 158 proporciona parámetros de extremo cercano de la ATU-R para que la ATU-C 142 los extraiga por la interfaz-U 130. Los parámetros que correspondan pueden depender del estándar de transceptor que se esté usando (por ejemplo, G.992.1 o G.992.2).

El estándar G.997.1 especifica un canal optativo de comunicación de OAM por la interfaz-U. Si se implementa este canal, los pares de ATU-C y ATU-R pueden usarlo para transportar mensajes de OAM de capa física. Así, los transceptores 122, 142 de un tal sistema comparten varios datos operativos y de prestaciones mantenidos en sus respectivas MIB.

Puede hallarse más información con respecto a los NMS de ADSL en el Informe Técnico TR-005 del Foro de DSL, titulado "Gestión de elementos de redes de ADSL" del Foro de ADSL, con fecha de marzo de 1998,

el Texto WT-87 de Trabajo del Foro de DSL (Rev. 6) titulado "Protocolo de Gestión de redes WAN de Equipos de Locales de Clientes" del Foro de DSL, con fecha de enero de 2004 y

el Texto WT-082v7 de Trabajo del Foro de DSL, titulado "Especificación de configuración de equipos de locales de clientes de DSL en el sector de la red LAN" del Foro de DSL, con fecha del 5 de enero de 2004.

Estos documentos abordan distintas situaciones para la gestión del CPE.

Como apreciarán los expertos en la técnica, al menos algunos de los datos y / o parámetros operativos descritos en estos documentos pueden ser usados con respecto a las realizaciones de la presente invención. Además, al menos algunas de las descripciones de sistemas son asimismo aplicables a realizaciones de la presente invención. Diversos tipos de datos operativos e / o información disponible de un NMS de ADSL pueden hallarse en el presente documento; otros pueden ser conocidos por los expertos en la técnica.

En una topología típica de una planta de DSL, en la cual están funcionando y / o disponibles un cierto número de pares de transceptores, parte de cada bucle de abonado está cosituada con los bucles de otros usuarios dentro de un ceñidor (o haz) de multi-pares. Después del pedestal, muy cerca del Equipo de los Locales de Clientes (CPE), el bucle toma la forma de un cable de bajada y sale del haz. Por lo tanto, el bucle de abonado atraviesa dos entornos distintos. Parte del bucle puede situarse dentro de un ceñidor, donde el bucle está a veces apantallado ante interferencia electromagnética externa, pero está sujeto a la diafonía. Después del pedestal, el cable de bajada con frecuencia no se ve afectado por la diafonía cuando este par está lejos de otros pares en la mayor parte de la bajada, pero la transmisión también puede estar significativamente más estropeada por la interferencia electromagnética, porque los cables de bajada no están apantallados. Muchas bajadas tienen entre 2 y 8 pares cruzados dentro de ellos y, en situaciones de servicios múltiples a un hogar o de ligazón (multiplexado y demultiplexado de un único servicio) de esas líneas, puede ocurrir una diafonía adicional significativa entre estas líneas en el segmento de bajada.

Un escenario genérico y ejemplar de despliegue de DSL se muestra en la Figura 2. Todos los bucles de abonado, de un total de (L + M) usuarios 291, 292 atraviesan al menos un ceñidor común. Cada usuario está conectado con una Oficina Central (CO) 210, 220 a través de una línea dedicada. Sin embargo, cada bucle de abonado puede estar atravesando distintos entornos y medios. En la Figura 2, L clientes o usuarios 291 están conectados con la CO 210 usando una combinación de fibra óptica 213 y pares cruzados 217 de cobre, lo que se denomina habitualmente Fibra hasta el Gabinete (FTTCab) o Fibra hasta el Bordillo. Las señales desde los transceptores 211 en la CO 210 tienen sus señales convertidas por el terminal 212 de línea óptica y el terminal 215 de red óptica en la CO 210 y la unidad de red óptica (ONU) 218. Los módems 216 en la ONU 218 actúan como transceptores para señales entre la ONU 218 y los usuarios 291.

Los bucles 227 de los restantes M usuarios 292 son solamente pares cruzados de cobre, un escenario denominado Fibra hasta la Centralita (FTTEx). Toda vez que sea posible y económicamente viable, la FTTCab es preferible a la FTTEx, ya que esto reduce la longitud de la parte de cobre del bucle de abonado, y aumenta en consecuencia las velocidades alcanzables. La existencia de bucles de FTTCab puede crear problemas a los bucles de FTTEx. Además, se espera que FTTCab se vuelva una topología crecientemente popular en el futuro. Este tipo de topología puede llevar a una significativa interferencia de diafonía y puede significar que las líneas de los diversos usuarios tienen distintas capacidades de transporte de datos y de prestaciones, debido al entorno específico en el cual funcionan. La topología puede ser tal que las líneas de "gabinete" alimentado por fibra y las líneas de centralita puedan estar mezcladas en el mismo ceñidor.

Como puede verse en la Figura 2, las líneas desde la CO 220 hasta los usuarios 292 comparten el ceñidor 222, que no es usado por las líneas entre la CO 210 y los usuarios 291. Además, otro ceñidor 240 es común a todas las líneas a / desde la CO 210 y la CO 220 y sus respectivos usuarios 291, 292.

Según una realización de la presente invención mostrada en la Figura 3A, una unidad 300 de control de transición de

estados puede ser parte de una entidad independiente acoplada con un sistema de DSL, tal como un controlador 310 (por ejemplo, un optimizador de DSL, un servidor de DSM, un Centro de DSM o un gestor de espectro dinámico) que asiste a los usuarios y / o a uno o más operadores de sistema o proveedores para optimizar su uso del sistema. (Un optimizador de DSL también puede denominarse un gestor de espectro dinámico, un Centro de Gestión de Espectro Dinámico, un Centro de DSM, un Centro de Mantenimiento de Sistemas o SMC). En algunas realizaciones, el controlador 310 puede ser un ILEC (Portador independiente de intercambio local) o un CLEC (Portador competitivo de intercambio local) que opera sobre un cierto número de líneas de DSL desde una CO u otra ubicación. Como puede verse en la línea discontinua 346 en la Figura 3A, el controlador 310 puede estar en la CO 146 o puede ser externo e independiente de la CO 146 y de cualquier compañía que opere dentro del sistema. Además, el controlador 310 puede estar acoplado con y / o controlar la DSL y / u otras líneas de comunicación en múltiples CO.

La unidad 300 de control de transición de estados incluye el medio 320 de recolección y el medio 340 de análisis. Como se ve en la Figura 3A, el medio 320 de recolección puede estar acoplado con el NMS 150, la ME 144 en el AN 140 y / o la MIB 148 mantenida por la ME 144. Los datos también pueden recolectarse a través de la red 170 de banda ancha (por ejemplo, mediante el protocolo TCP / IP u otro protocolo o medio fuera de la comunicación normal de datos internos dentro de un sistema dado de DSL). Una o más de estas conexiones permiten que la unidad de control de transición de estados recolecte datos operativos del sistema. Los datos pueden recolectarse una vez o a lo largo del tiempo. En algunos casos, el medios 320 de recolección recolectará de manera periódica, aunque también puede recolectar datos a pedido o según algún otro criterio no periódico (por ejemplo, cuando un DSLAM u otro componente envía datos a la unidad de control de transición de estados), permitiendo así que la unidad 300 de control de transición de estados actualice su información, reglas, sub-reglas, etc., si lo desea. Los datos recolectados por el medio 320 se proporcionan al medio 340 de análisis para su análisis y para cualquier decisión con respecto a la transición de estados.

En el sistema ejemplar de la Figura 3A, el medio 340 de análisis está acoplado con un módem y / o medio 350 de generación de señales de operación de sistemas en el controlador 310. Este generador 350 de señales está configurado para generar y enviar señales de instrucción a los módems y / o a otros componentes del sistema de comunicación (por ejemplo, transceptores de ADSL y / u otros equipos, componentes, etc., en el sistema). Estas instrucciones pueden incluir instrucciones de transición de estados u otras instrucciones con respecto a velocidades de datos aceptables, niveles de potencia de transmisión, requisitos de codificación y latencia, etc. Las instrucciones pueden ser generadas después de que el controlador 310 determine la prioridad y disponibilidad de estados / perfiles operativos alternativos en el sistema de comunicación. En algunos casos, por ejemplo, las señales de instrucción pueden asistir en la mejora de prestaciones para uno o más clientes y / u operadores que usan el sistema.

Las realizaciones de la presente invención pueden utilizar una base de datos, biblioteca u otra colección de datos referentes a los datos recolectados, decisiones tomadas con respecto a parámetros relevantes, decisiones pasadas usando reglas y sub-reglas tales como las expuestas más adelante, etc. Esta colección de datos de referencia puede almacenarse, por ejemplo, como una biblioteca 348 en el controlador 310 de la Figura 3A y ser usado por el medio 340 de análisis y / o el medio 320 de recolección.

En algunas realizaciones de la presente invención, la unidad 300 de control de transición de estados puede implementarse en uno o más ordenadores tales como PC, estaciones de trabajo o similares. El medio 320 de recolección y el medio 340 de análisis pueden ser módulos de software, módulos de hardware o una combinación de ambos, como apreciarán los expertos en la técnica. Al trabajar con un gran número de módems, las bases de datos pueden ser introducidas y usadas para gestionar el volumen de datos recolectados.

Otra realización de la presente invención se muestra en la Figura 3B. Un optimizador 365 de DSL opera sobre y / o en conexión con un DSLAM 385 u otro componente de sistema de DSL, cualquiera de los cuales, o ambos, pueden estar en el local 395 de una compañía de telecomunicación (una "teleco"). El optimizador 365 de DSL incluye una colección de datos y un módulo 380 de análisis, que pueden recolectar, reunir, acondicionar, manipular y suministrar datos operativos para y al optimizador 365 de DSL. El módulo 380 puede implementarse en uno o más ordenadores tales como PC o similares. Los datos (que pueden incluir datos informados y datos estimados, descritos en más detalle más adelante) del módulo 380 se suministran a un módulo 370 servidor de DSM para su análisis (por ejemplo, pruebas de viabilidad, evaluación de suficiencia de datos, purga y ponderación de datos, ajuste de prioridades de estado, ajuste de matrices y vectores, actualización de tablas de umbrales, etc.). La información también puede estar disponible a partir de una biblioteca o base 375 de datos que puede estar relacionada, o no relacionada, con la teleco. Un selector 390 de perfil puede usarse para seleccionar e implementar perfiles y / o estados según decisiones e / o instrucciones cualesquiera de transición de estados y / o de perfiles. Los perfiles pueden seleccionarse bajo el control del servidor 370 de DSM o de cualquier otra manera adecuada, como apreciarán los expertos en la técnica. Los perfiles seleccionados por el selector 390 son implementados en el DSLAM 385 y / o cualquier otro equipo adecuado componente de sistemas de DSL. Tal equipo puede acoplarse con equipos de DSL tales como los equipos 399 de locales del cliente. El sistema de la Figura 3B puede funcionar de maneras análogas a las del sistema de la Figura 3A, como apreciarán los expertos en la técnica, aunque son factibles diferencias aun mientras se implementan



realizaciones de la presente invención.

Varias realizaciones de un aspecto de la presente invención se muestran en la Figura 4. El diagrama 400 de estados ilustra 8 perfiles 402-1, 402-2, 402-3, 402-4, 402-5, 402-6, 402-7 y 402-8, en los cuales puede funcionar una línea de comunicación que, con fines de explicación e ilustración, se considerará una línea de DSL. En este ejemplo cada perfil está definido por una máxima velocidad de datos alcanzable (192, 384, 768 o 1.536 Kbps) y una latencia ("Rápida", que significa que no hay ninguna intercalación; y "Retardo H", que significa que hay intercalación, lo que produce un alto retardo).

En la Figura 4, si una línea está funcionando usando el perfil 1, entonces, tanto en el diagrama de estados como en la matriz **T1** de transición de estados, puede verse que los perfiles 1, 2, 5 y 6 son posibles transiciones (la permanencia en el perfil 1 no es una transición en el sentido de un cambio pero, para facilitar la referencia, la permanencia en el mismo perfil puede, no obstante, denominarse una "transición" en el presente documento). Sin embargo, la matriz **T1** de transición de estados no indica qué transición, si acaso, debería tener prioridad sobre otras transiciones. Por lo tanto, puede hacerse el cambio a la matriz **T2** de la Figura 4, donde la prioridad está especificada por un valor entero. Cuando mayor sea el valor entero positivo, menos atractivo es el perfil designado para la implementación del proveedor de servicios.

En la matriz **T2** de transición, 0 todavía significa que no se permite la transición, y cualquier entero positivo significa que se permite la transición. El mínimo entero positivo tiene la más alta prioridad por encima de cualquier otra transición. Por ejemplo, una línea en el perfil 1 intentará avanzar al perfil 2 si es posible (es decir, la prioridad es 1 a partir de la matriz **T2**). Si el perfil 2 no es adecuado (por ejemplo, si se esperan violaciones de código, o se miden como demasiado altas en el perfil 2, la "adecuación" puede definirse en algunas realizaciones como viabilidad, según se expone en más detalle más adelante), entonces la línea intentará un avance al perfil 6 (es decir, con una prioridad de 2 a partir de la matriz **T2**). Si el perfil 6 no es adecuado, entonces se examinará el perfil 1 (con una prioridad de 3) y el perfil no se cambiará, si el perfil 1 es adecuado. Si el perfil 1 tampoco es adecuado, entonces la línea avanzará al perfil 5, que tiene la prioridad mínima (es decir, una prioridad de 4).

La matriz **T2** de transición de la Figura 4 puede por tanto indicar tanto la posibilidad como la prioridad de las transiciones para cada estado / perfil. La estructura de **T2** permite la variación sencilla de muchas características distintas de perfiles, tales como la velocidad de datos, el nivel de potencia, el nivel de referencia de la densidad espectral de potencia (PDS) plana, el margen máximo, el margen mínimo, el margen de destino, el retardo de la FEC y la modelación de la PSD (conocida a veces como PSDMASK). Por ejemplo, según un conjunto de tipos de servicio específicos permitidos, pueden bloquearse algunos perfiles, mientras que a otros perfiles se dan prioridades inferiores. Alternativamente, a los perfiles con máscaras portadoras más pequeñas pueden darse mayores prioridades para los clientes que pagan en consecuencia (donde los factores económicos son tenidos en cuenta por el operador). Diversas líneas pueden así programarse para ceder parte de la banda toda vez que sea posible para permitir un mejor servicio en otras líneas (sin tener en cuenta implicaciones regulatorias de tal cortés compartición de ceñidores, que puede ser posible en algunos casos y no en otros). Como otro ejemplo, a los perfiles con mayores márgenes de destino (TNMR) pueden darse mayores prioridades para una línea que tenga cambios frecuentes en el nivel, o los niveles, de ruido. La matriz **T2** ponderada de transición de estados permite por tanto el cambio dinámico de las reglas para la selección de perfiles, así como la selección dinámica del mismo perfil.

Un operador que intente la maximización o mejora de los ingresos y / o el servicio mediante las diversas características de las transiciones de estados puede desear ampliar el número de perfiles en **T2**. Los perfiles pueden implementarse para incluir una combinación de la velocidad de datos, el nivel de PSD, los márgenes de destino, mínimos o máximos, las máscaras portadoras, la configuración de FEC, etc. En consecuencia, el número total de perfiles puede ser superior a varios cientos. En tal caso, **T2** se convertirá probablemente en una matriz rala, con la mayoría de sus elementos iguales a 0, y una matriz de transición de estados más manejable es la matriz **T** de la Figura 4.

Las entradas por columna de la matriz **T** representan estados "próximos" disponibles en orden de prioridad, bajando por cada columna. Por ejemplo, la primera columna indica que la primera prioridad del perfil 1 es avanzar al perfil 2, la siguiente prioridad es avanzar al perfil 6 y luego permanecer en el perfil 1. Si ninguno de estos perfiles es viable, entonces la línea avanzará al perfil 5, que está en el extremo inferior de la primera columna. La quinta columna indica que la primera prioridad del perfil 5 es avanzar al perfil 6, y luego permanecer en el perfil 5. En el formato de la matriz **T**, la matriz puede ser de dimensión mucho menor que  $N \times N$ , donde  $N$  es el número total de perfiles / estados, lo que permite un almacenamiento y / o transmisión más compactos de la información de transición de estados. Un traductor del proveedor de servicios podría proporcionar la matriz **T** a un controlador de DSM (por ejemplo, un optimizador de DSL) para todas y cada una de las líneas (identificadas por un número telefónico). Tal especificación de **T** permite al proveedor de servicios afectar o controlar los ingresos del servicio. Tal almacenamiento o transmisión es entonces más eficiente con la forma más compacta de **T** (con respecto a **T2**). Es posible una simplificación adicional (no mostrada en el presente ejemplo) escribiendo las prioridades en formato de texto plano y quitando  $O_s$ .

Cuando una línea está en un estado o perfil desconocido, o si el estado / perfil de una línea no es parte de **T**, entonces puede aplicarse una regla de guía. Por ejemplo, una regla llevará la línea al perfil más seguro dentro de **T**. Otra regla de guía podría llevar la línea al perfil en **T** que esté más cerca del perfil actual (en términos de velocidad de datos, FEC, margen, etc.).

- 5 Cada línea individual puede tener una matriz distinta de transición de estados. Por ejemplo, a un cliente que pague más o que requiera servicio de categoría crítica para la misión podría darse una matriz de transición que intente lograr una velocidad de datos tan alta como sea posible a cualquier coste, mientras que a otro cliente podría darse una matriz de transición que intente ceder potencia y espectro tanto como sea posible mientras la máxima velocidad de datos esté limitada a un valor (especificado) de destino en los perfiles / estados permitidos para esa línea. A una línea con características inestables de espectro de ruido puede darse una matriz de transiciones donde se use a menudo un TNMR alto para los diversos perfiles permitidos, mientras que a una línea con características estables de espectro de ruido puede darse una matriz de transiciones donde se use más a menudo un TNMR bajo. Esto, esencialmente, es control adaptable de margen, que es posible solamente si se dispone de perfiles con diversos márgenes (o si un perfil se descompone en perfil de velocidad, perfil de PSD, perfil de TNMR, etc.). El control adaptable de margen y las técnicas para implementar el mismo se explican en más detalle en el documento estadounidense con N° de serie 7.558.315, depositado el 19 de julio de 2004, titulado MARGEN ADAPTABLE Y CONTROL DE BANDA, y perteneciente a la empresa Adaptive Spectrum And Signal Alignment, Inc., de Redwood City, California. Además de la matriz de transición, la tabla de umbrales de viabilidad, expuesta más adelante, también puede modificarse de línea a línea para ajustar la agresividad del ensayo de perfiles ventajosos.
- 10
- 15
- 20 La matriz de transición de una línea también podría actualizarse según sea necesario y / o deseable durante el funcionamiento. Por ejemplo, las prioridades de perfiles con PSD inferiores y anchos de banda más pequeños pueden aumentarse si se detectara que la línea es una fuente mayor de FEXT (Diafonía de extremo lejano) para varias líneas vecinas, o simplemente una fuente de ruido intrusivo en la línea de un cliente de primera categoría. Más tarde, pueden restaurarse las prioridades originales si se mostrara que la evaluación fue incorrecta o si la evaluación necesita cambiar junto con las topologías, demanda y prácticas cambiantes del cliente. Tal reasignación de prioridades podría requerir un acuerdo entre el controlador (por ejemplo, un Optimizador de DSL) y el proveedor de servicios.
- 25

Saber la priorización de estados no es suficiente en todas las realizaciones de la presente invención. En algunas realizaciones, para asistir en la determinación de la priorización de los estados / perfiles, se evalúa la viabilidad de los estados disponibles y, en algunos casos, se cuantifica. Por ejemplo, para cualquier línea de interés en una realización, la información en la matriz **T** de transición y el estado actual están siempre disponibles. Debido a que las prioridades ya están especificadas en **T**, un controlador tal como un optimizador de DSL simplemente necesita examinar la viabilidad de las transiciones candidatas y escoger el próximo estado viable con la más alta prioridad (el estado / perfil con la más baja prioridad puede considerarse como viable en cualquier momento sin examen). Como apreciarán los expertos en la técnica, la viabilidad puede determinarse de distintas maneras. El “mejor estado” y el “mejor perfil de línea” o el “mejor perfil de línea disponible” significan el estado y / o el perfil de línea que a la vez sea viable y posea la más alta prioridad. En los casos donde se usa una “presunción de inocencia”, como en algunas de las realizaciones de la presente invención, el mejor estado y / o perfil de línea es el estado y / o los perfiles de línea que no hayan sido considerados inviables y que posean la más alta prioridad.

30

35

Por ejemplo, en los ejemplos precedentes, una línea de ADSL (que puede ser usada por un cliente u otro usuario) está usando, o está “en”, el estado **n** (es decir, el perfil **n**) y esa línea está siendo considerada para una transición al estado **m** (es decir, un “estado de destino” o perfil **m**). En este ejemplo, para los dos perfiles **n** y **m**, al menos uno de los siguientes 7 campos sería distinto: velocidad de datos, PSD, TNMR (margen de ruido de destino – esto es el TSNRM en los estándares ITU), MAXNMR (máximo margen de ruido – esto es MAXSNRM en los estándares de ITU), MINNMR (mínimo margen de ruido – esto es MINSNRM en los estándares de ITU), máscara portadora (CARMASK en los estándares ITU) o FEC (INP y RETARDO en los estándares de ITU). Lo fundamental de la prueba de viabilidad para el estado **m** en esta realización es asegurar prestaciones estables, lo cual, para esta línea, puede sugerir o exigir cualquiera de, o todos, los siguientes: bajos totales de violaciones de código (CV), bajos totales de reentrenamiento y baja latencia. (El último elemento, la baja latencia, puede requerir ser garantizado solamente para usuarios sensibles a la latencia que usen aplicaciones tales como juegos en red o VoIP. Sin embargo, como apreciarán los expertos en la técnica, a menos que se detecte el uso de aplicaciones sensibles a la latencia, puede no ser importante para un usuario y, por tanto, la latencia no se aborda en más detalle adicional al exponer la presente invención).

40

45

50

Para efectuar una prueba de viabilidad para el estado **m**, dos tipos de “datos operativos” pueden ser usados por un controlador, tal como un optimizador de DSL. En primer lugar, los datos informados (que son el funcionamiento y / o desempeño directamente observados mientras la línea estaba en el estado **m**, que se informa a un controlador) estarán disponibles solamente si la historia de la línea incluye cualquier permanencia corta o larga en el estado **m** o en estados relevantes cualesquiera (es decir, estados a partir de los cuales puedan calcularse los datos informados para el estado **m** usando ecuaciones sencillas). El segundo tipo de datos operativos, los datos estimados, son el funcionamiento y / o desempeño estimados de la línea de comunicación en el estado **m**. Esta estimación puede

55

basarse en una o más estimaciones de espectro de ruido, que siempre pueden hacerse, por lo que los datos estimados estarán disponibles incluso si la línea nunca ha permanecido antes en el estado *m* o en estados relevantes cualesquiera. Los datos informados y los datos estimados pueden obtenerse, calcularse, determinarse, etc., recolectando datos operativos del sistema de comunicación, por ejemplo, usando un módulo de recolección de datos y / o medios de recolección en un controlador tal como un optimizador DSL, según se ilustra en la Figura 3A o la Figura 3B.

La prueba de viabilidad usada puede considerar dos tipos de degradaciones de prestaciones: el ruido no impulsivo (tal como AWGN [Ruido Gaussiano blanco aditivo], NEXT [Diafonía de extremo cercano] y FEXT) y el ruido de impulso. Otras degradaciones pueden estar presentes y pueden ser abordadas, como apreciarán los expertos en la técnica. Los parámetros informados por DSLAM que son relevantes para el ruido no impulsivo son el NMR (margen de ruido – esto es el SNRM en los estándares de ITU) y el MAXR (máxima velocidad de datos alcanzable – esto es ATTNDR en los estándares de ITU). Los parámetros que son relevantes para el ruido de impulso son CV (total de violaciones de código) y FCC (totales de corrección de FEC). Las técnicas y aparatos para aumentar INP (disminuyendo N), basadas estadísticamente en observaciones y distribuciones de violaciones de código, y las referidas técnicas y características operativas de FEC, se revelan en el documento estadounidense con N° de Serie 7.428.669 (Legajo N° 0101-p02), registrado el 8 de marzo de 2004, titulado GESTIÓN ADAPTABLE DE PALABRA DE CÓDIGO DE FEC, y perteneciente a la empresa Adaptive Spectrum and Signal Alignment, Inc., de Redwood City, California.

NR (el número de entrenamientos) es relevante para ambos tipos de ruido. Si la línea está en estado *m* durante el intervalo *t* de tiempo, los siguientes cinco parámetros pueden recolectarse periódicamente desde un DSLAM (o desde una ATU-R si están disponibles los trayectos de comunicación entre la ATU-R y un controlador tal como un Optimizador de DSL):

- RCV<sub>m,t</sub> : Totales informados de violaciones de código durante el intervalo *t* de tiempo.
- RFCC<sub>m,t</sub> : Totales informados de correcciones de FEC durante el intervalo *t* de tiempo.
- RM<sub>m,t</sub> : Margen de ruido informado al final del intervalo *t* de tiempo.
- RR<sub>m,t</sub> : Máxima velocidad alcanzable de datos informada al final del intervalo *t* de tiempo.
- RNR<sub>m,t</sub> : Número informado de totales de reentrenamiento durante el intervalo *t* de tiempo.

(Con respecto al último parámetro, totales de reentrenamiento: los reentrenamientos pueden iniciarse por varios motivos, tales como el cambio de perfil, la pérdida de potencia en el módem, y la alta potencia del ruido o un gran número de violaciones de código. Entre estos diversos motivos, solamente los reentrenamientos causados por el alto ruido, o el gran número de violaciones de código, requieren ser considerados en el presente ejemplo.

Para la presente exposición,

$$NR_{m,t} = LOS_{m,t} - LPR_{m,t} - NPC_{m,t}$$

donde

- LOS<sub>m,t</sub> es el número informado de pérdidas de señal;
- LPR<sub>m,t</sub> es el número informado de pérdidas de potencia; y
- NPC<sub>m,t</sub> es el número de cambios de perfil).

La notación para tales parámetros puede generalizarse como PARAM<sub>m,t</sub>, donde PARAM es el parámetro en consideración, tal como RCV, RFCC, RNR, RM o RR. La primera letra “R” se usa para indicar datos “informados”, a diferencia de “E” para datos “estimados”, según lo definido y distinguido en el presente documento. La exposición adicional omite la restricción *t* y considera que la cantidad consiguiente es una variable aleatoria. Así, cuando se omite *t* de estas expresiones, hay una distribución correspondiente de la variable aleatoria que será considerada en lugar de la muestra específica o valor del “tiempo” del parámetro. Así, por ejemplo, NR<sub>m</sub> es una variable aleatoria que puede tomar muchos valores. Un controlador, tal como un optimizador de DSL, puede calcular y actualizar distribuciones para esta variable aleatoria.

- RCV<sub>m</sub> : Variable aleatoria que modela el número informado de totales de violaciones de código de la línea de interés. La distribución es calculada por el Centro de DSM en base a la observación de los puntos de datos, RCV<sub>m,t</sub>.
- RFCC<sub>m</sub> : Variable aleatoria que modela los totales informados de correcciones de FEC de la línea de interés.

RNR<sub>m</sub> : Variable aleatoria que modela el número informado de totales de reentrenamiento de la línea de interés

RM<sub>m</sub> : Variable aleatoria que modela el margen de ruido informado de la línea de interés.

RR<sub>m</sub> : Variable aleatoria que modela la máxima velocidad obtenible de datos informada de la línea de interés.

5 Los puntos de datos informados de los primeros tres parámetros, RCV<sub>m,t</sub>, RFCC<sub>m,t</sub> y RNR<sub>m,t</sub> se recolectan usualmente cada 15 minutos en muchos sistemas de DSL, y cada valor así recolectado corresponde al número de los valores de CV, FCC o NR recolectados en el intervalo de 15 minutos inmediatamente precedente. Cada total recolectado de ese tipo puede usarse para actualizar la distribución para la correspondiente variable aleatoria. Todos los puntos de datos informados de los cinco parámetros anteriores pueden ser informados desde un DSLAM a un controlador y, en consecuencia, todos pueden tener las distribuciones actualizadas cuando se recolectan. RM<sub>m,t</sub> y RR<sub>m,t</sub>, sin embargo, pueden no haber sido medidas durante intervalos de 15 minutos.

15 La cardinalidad de cualquiera de estos valores de datos informados se indica como C[PARAM<sub>m</sub>] y representa el número de puntos de datos (PARAM<sub>m,t</sub>) usados en el cálculo de la distribución de cualquier parámetro específico (la distribución PARAM<sub>m</sub>). La cardinalidad está correctamente definida como el tamaño de un conjunto de datos que se usa para calcular la distribución de la variable aleatoria, pero se abusa algo de la notación, dado que la notación del conjunto de datos no está definida, pero se usa PARAM<sub>m</sub> dentro de C[]. La notación se usa de esa manera en esta revelación para simplificar. Un cálculo directo de distribución de probabilidad dividiría el número de ocurrencias de un valor específico de parámetro entre su cardinalidad para cualquier estado específico. Una estimación de distribución más sofisticada probablemente reducirá la influencia de los valores pasados distantes, a favor de valores más recientemente observados (o informados) y varios procedimientos de ese tipo se revelan más adelante, y serán bien entendidos por los expertos en la técnica.

20 Cuando se está considerando el perfil **m** como el candidato para el próximo estado, pueden usarse una o más distribuciones calculadas, y posiblemente actualizadas, durante periodos temporales cualesquiera, recientes o relevantes de otro modo, para determinar si el perfil **m** es viable. Por ejemplo, si grandes (altas) probabilidades para cada uno de los valores bajos de RCV<sub>m</sub>, y valores altos de RM<sub>m</sub> y de RR<sub>m</sub>, han sido calculadas por el controlador (es decir, estos valores son probables para todas las permanencias recientes en el estado **m**), el controlador puede hacer avanzar con confianza la línea al estado **m**. (Nuevamente, obsérvese que “estado” y “perfil” se usan intercambiabilmente con respecto a estas realizaciones, aunque pueden no ser equivalentes en otras realizaciones de la presente invención).

30 En algunos casos, sin embargo, el estado **m** podría haber sido usado sólo brevemente, o nunca usado antes, y por tanto la cantidad de datos observados (o informados) podría no ser adecuada para tomar una decisión fiable sobre un perfil **m** de destino. En tal caso pueden usarse datos estimados para ayudar a la toma de decisiones. Sin embargo, también pueden usarse los siguientes procedimientos, basados en ecuaciones simples, para cada tipo de datos, para aumentar el tamaño y / o la cantidad de datos informados disponibles.

35 RCV<sub>m,t</sub> - Como ejemplo, consideremos un sistema ADSL1 que tiene tres tipos de niveles de FEC: F (Almacenamiento temporal rápido, ninguna intercalación), M (Intercalación de retardo medio) y H (Intercalación de retardo alto). Puede estar disponible una formación más amplia de opciones de FEC, y debería ser inmediato para los expertos en la técnica extender el ejemplo de 3 niveles a otras situaciones cualesquiera. Cuando RCV<sub>i,t</sub> está disponible, donde el estado **i** tiene la misma velocidad, PSD, TNMR y máscara portadora que el estado **m**, pero distinta FEC, puede usarse lo siguiente para hallar RCV<sub>m,t</sub>:

$$RCV_{f,t} \geq RCV_{md,t} \geq RCV_{h,t}$$

$$RCV_{f,t} \approx RCV_{md,t} + RFCC_{md,t} \approx RCV_{h,t} + RFCC_{h,t}$$

40 Los estados **f**, **md** y **h** tienen la misma velocidad de datos, PSD, TNMR y máscara portadora, pero distintos niveles de FEC (**f**: almacenamiento temporal rápido, **md**: retardo medio, **h**: retardo alto). La primera ecuación vale porque CV disminuye según aumenta la protección de FEC. La segunda ecuación vale porque CV+FCC es el número total de impulsos efectivos. Como apreciarán los expertos en la técnica, la segunda ecuación puede requerir ser modificada en algunas situaciones. Por ejemplo,  $RCV_{h,t} + RFCC_{h,t} \leq RCV_{f,t} \leq RCV_{md,t} + RFCC_{md,t}$  para los DSLAM donde la ganancia de codificación es la mayor para el retardo H y la menor para el retardo M.

45 RM<sub>m,t</sub> - Cuando RM<sub>i,t</sub> está disponible donde el estado **i** tiene la misma velocidad actual de datos de operación (no la velocidad máxima o mínima en el perfil, sino la velocidad actual de datos de operación cuando se informó el margen) que la velocidad planificada del estado **m** y la misma máscara portadora que el estado **m**, pero distinta PSD, TNMR o

nivel de FEC, las siguientes ecuaciones pueden usarse para hallar  $RR_{m,t}$ :

$$RM_{m,t} = RM_{i,t} + [PSD_{m,t} - PSD_{i,t}] + [CG_{m,t} - CG_{i,t}],$$

donde PSD es la densidad de espectro de potencia de transmisión, y CG es la ganancia de codificación (todo en decibelios).

- 5  $RR_{m,t}$  - Cuando  $RR_{i,t}$  está disponible donde el estado  $i$  tiene la misma PSD, TNMR, máscara portadora y FEC que el estado  $m$ , pero distinta velocidad, la siguiente ecuación puede usarse para hallar  $RR_{m,t}$ , porque la máxima velocidad informada es independiente de la velocidad actual:

$$RR_{m,t} = RR_{i,t}$$

- 10 La restricción sobre la FEC puede quitarse si se usa cualquier regla sencilla para reflejar el cambio de la ganancia de codificación. (Un procedimiento sencillo podría ser efectuar la hidratación para hallar el aumento / disminución de velocidad causado por el cambio de ganancia de codificación. Un procedimiento de ese tipo, sin embargo, requiere algún nivel de procesamiento de señales (hidratación), lo que no es la intención del uso de datos informados para probar la viabilidad. Tales datos procesados pueden, alternativamente, obtenerse mediante una velocidad máxima estimada, en cualquier caso).

- 15 En cuanto a  $NR_m$ , no hay ninguna forma fácil conocida de aproximación, y por tanto la variable aleatoria  $NR_m$  y su distribución consiguiente estarán disponibles solamente si la historia de la línea incluye alguna permanencia corta / larga en el estado  $m$ .

- 20 Usando diversas técnicas, una pérdida de inserción estimada (es decir, Hlog) puede estar siempre disponible para un controlador tal como un optimizador de DSL y, en consecuencia, el Espectro de ruido siempre puede estimarse para cualquier perfil en uso. Tales técnicas pueden hallarse en el documento estadounidense con N° de serie 7.809.116 (Legajo N° 0101-p10), depositado el 1 de marzo de 2005, titulado ESTIMACIÓN DE SISTEMA DE DSL QUE INCLUYE ESCANEADO DE LÍNEA DE DSL Y CAPACIDAD DE DETECCIÓN DE MALOS EMPALMES, y perteneciente a la empresa Adaptive Spectrum and Signal Alignment, Inc.

- 25 De hecho, un controlador puede usar el concepto de "tipos de ruido" para líneas individuales, en donde un espectro de ruido recientemente observado es registrado como un nuevo tipo de ruido, y cualquier espectro de ruido similar a uno de los tipos de ruidos previamente registrados activa un aumento del contador para ese tipo de ruido. Los tipos de ruido y sus contadores (es decir, probabilidad(es)) se actualizan siempre independientemente del perfil / estado en el cual está funcionando la línea. Para cada tipo de ruido, el margen de ruido y la máxima velocidad de datos obtenible pueden calcularse usando la hidratación y, por tanto, el número de ocurrencias totales de todos y cada uno de los tipos de ruido es la cardinalidad de la distribución para el NMR (margen de ruido) estimado y la MAXR (máxima velocidad de datos obtenible) estimada. Por lo tanto, las distribuciones de variables aleatorias que representan el margen y la máxima velocidad obtenible del estado  $m$  pueden estimarse en base a Hlog, los tipos de ruido y la información de perfil del estado  $m$ , realizando la hidratación para cada tipo de ruido estimado, para calcular nuevos valores para cada uno de estos tipos. El uso de tales técnicas de hidratación es bien conocido y tratado, por ejemplo en los Avances de DSL (Starr, Sorbara, Cioffi y Silverman, Prentice Hall, 2003). Las cardinalidades del margen de ruido estimado y la máxima velocidad obtenible estimada, asociados al estado  $m$ , son usualmente mucho mayores que las cardinalidades de los valores informados de estas dos mismas cantidades asociadas al estado  $m$ .

- 35  $EM_m$  : La variable aleatoria correspondiente a una distribución estimada del margen de ruido para el perfil  $m$ , en base a los tipos de ruido y sus probabilidades.

- 40  $ER_m$  : La variable aleatoria correspondiente a una distribución estimada de la máxima velocidad obtenible para el perfil  $m$ , en base a los tipos de ruido y sus probabilidades.

- 45 La estimación de NMR y MAXR en base a la hidratación es inmediata para los expertos en la técnica y no se revisará en detalle. La estimación de CV, FCC y NR es más sutil. Debido a que no hay ninguna manera de que un controlador, tal como un optimizador de DSL, estime la potencia y frecuencia del ruido de impulso cuando  $CV=FCC=0$ , la única manera de adquirir tal información de ruido de impulso es probar un estado con una alta velocidad de datos, o bien un margen pequeño. NR también es difícil de estimar hasta que se prueba el estado deseado. De esa manera, puede esperarse que la cardinalidad de ECV, EFCC y ENR sea pequeña o, a menudo, cero.

- 50 Los datos informados y estimados tienden a complementarse entre sí, de modo que la prueba de viabilidad de transiciones de estado se beneficia del uso de ambos tipos de datos. Por ejemplo, si bien los datos informados son completos en términos del suministro de todos los campos de datos, los datos estimados son incompletos (por

ejemplo, no hay ninguna información sobre CV / FCC / NR). Además, la estimación de datos puede padecer ciertos factores, tales como errores de cuantización y recorte del margen informado y la potencia de transmisión (por ejemplo, los dispositivos de comunicación podrían informar de márgenes en valores enteros entre 0 y 31 solamente, y de la potencia de transmisión en valores enteros entre 0 y 20 solamente), o errores de estimaciones de canal y ruido.

5 Además, si bien se garantiza que los datos estimados estén disponibles (ya que son generados por un controlador, optimizador de DSL o similar), los datos informados pueden no estar disponibles (por ejemplo, pueden estar disponibles solamente si el estado  $m$ , u otro estado relevante, fue usado antes). Además, la cantidad de datos informados disponibles puede ser relativamente pequeña (porque se recolecta solamente cuando una línea está en estado  $m$  u otro estado relevante), mientras que una gran cantidad de datos estimados están habitualmente disponibles porque los datos operativos pueden recolectarse y los datos excluyentes pueden calcularse continuamente. Finalmente, los datos informados habitualmente son más sensibles a errores de una vez (por ejemplo, cálculos incorrectos de margen y de velocidad máxima dentro de un módem del sistema, momento asíncrono de recolección de datos de margen, velocidad máxima, etc.) y los datos informados podrían ser bastante engañosos si el número de muestras de datos recolectados del estado  $m$ , u otro estado relevante, es pequeño (es decir, el impacto de un dato erróneo puede ser grande). Por otra parte, los datos estimados son generalmente menos sensibles porque el número de muestras es usualmente grande, reduciendo por ello el efecto, o efectos, de un dato erróneo, o de relativamente pocos datos erróneos.

20 Una o más pruebas de viabilidad pueden decidir si una línea en estado  $n$  (perfil  $n$ ) puede avanzar a un estado distinto  $m$ . Esa decisión se basa en las distribuciones de los datos observados y estimados (pueden usarse reglas más sofisticadas analizando datos más allá de su distribución, y tales reglas se exponen brevemente más adelante). Para la implementación de la prueba de viabilidad en algunas realizaciones de la presente invención, la decisión final puede basarse en los resultados de 32 condiciones independientes, 16 para transmisiones flujo abajo y 16 para transmisiones flujo arriba. A continuación, las condiciones de transmisión flujo abajo:

- RRDC <sub>$n,ds$</sub>  : Máxima Condición de Distribución de Velocidad de datos obtenible informada para el estado actual  $n$ .
- 25 RRDC <sub>$m,ds$</sub>  : Máxima Condición de Distribución de Velocidad de datos obtenible informada para el estado de destino  $m$ .
- ERDC <sub>$n,ds$</sub>  : Máxima Condición de Distribución de Velocidad de datos obtenible estimada para el estado actual  $n$ .
- ERDC <sub>$m,ds$</sub>  : Máxima Condición de Distribución de Velocidad de datos obtenible estimada para el estado de destino  $m$ .
- 30 RMDC <sub>$n,ds$</sub>  : Condición de Distribución de Margen informada para el estado actual  $n$ .
- RMDC <sub>$m,ds$</sub>  : Condición de Distribución de Margen informada para el estado de destino  $m$ .
- EMDC <sub>$n,ds$</sub>  : Condición de Distribución de Margen estimada para el estado actual  $n$ .
- EMDC <sub>$m,ds$</sub>  : Condición de Distribución de Margen estimada para el estado de destino  $m$ .
- RCVDC <sub>$n,ds$</sub>  : Condición de Distribución del total de Violaciones de Código informadas para el estado actual  $n$ .
- 35 RCVDC <sub>$m,ds$</sub>  : Condición de Distribución del total de Violaciones de Código informadas para el estado de destino  $m$ .
- ECVDC <sub>$n,ds$</sub>  : Condición de Distribución del total de Violaciones de Código estimadas para el estado actual  $n$ .
- ECVDC <sub>$m,ds$</sub>  : Condición de Distribución del total de Violaciones de Código estimadas para el estado de destino  $m$ .
- RNRDC <sub>$n,ds$</sub>  : Condición de Distribución del total del Número de Reentrenamientos informados para el estado actual  $n$ .
- RNRDC <sub>$m,ds$</sub>  : Condición de Distribución del total del Número de Reentrenamientos informados para el estado de destino  $m$ .
- 40 ENRDC <sub>$n,ds$</sub>  : Condición de Distribución del total del Número de Reentrenamientos estimados para el estado actual  $n$ .
- ENRDC <sub>$m,ds$</sub>  : Condición de Distribución del total del Número de Reentrenamientos estimados para el estado de destino  $m$ .

45 El mismo conjunto de condiciones puede considerarse para la transmisión flujo arriba, resultando así en un total de 32 condiciones. Para ilustrar una realización de la presente invención, las condiciones flujo abajo se explican en detalle más adelante (el indicador "ds" se omite por lo tanto). Como apreciarán los expertos en la técnica, reglas similares valen para las condiciones flujo arriba. Como se ha mencionado anteriormente, CV y NR no son fáciles de estimar, y por tanto ECVDC y ENRDC podrían no usarse en absoluto en algunas realizaciones. Sin embargo, todas las 32

condiciones pueden ser al menos consideradas de modo que cualquier aprendizaje futuro pueda integrarse fácilmente en esta estructura general de pruebas de viabilidad.

La viabilidad de las transiciones de estado puede requerir la satisfacción simultánea de más de una de las condiciones. En algunos casos, por lo tanto, la decisión final sobre la viabilidad del estado de destino  $m$  puede depender de los resultados de las salidas de todas, o algunas de, las sub-reglas, cualquier regla de contingencia aplicable y una regla de decisión global, un ejemplo de lo cual se explica más adelante. Una sub-regla se define aquí como una de múltiples condiciones que deben satisfacerse para una regla que gobierna la transición de estado.

Cada sub-regla se basa en datos bien informados o bien estimados para cualquiera de los estados  $n$  o  $m$ . Algunas veces habrá muy pocos datos, o ninguno, para examinar, y el controlador puede aplicar una regla de contingencia a tales situaciones - lo que ilustra algunas de las diferencias entre la dinámica del aprendizaje de la presente invención y las anteriores máquinas de estados estáticas, sin aprendizaje. En la realización actualmente ilustrada de la presente invención, se supone constitucionalmente que un estado / perfil es "inocente" (es decir, viable) hasta que se demuestre que es "culpable" (es decir, inviable). En lugar de ser conservador y no probar nunca un estado preferido, cualquier estado nuevo puede ser probado hasta que se demuestre que es inviable. En el peor caso de una tal suposición de inocencia, la línea de comunicación mostrará un desempeño inestable hasta el próximo cambio de perfil. Sin embargo, el diseño de la matriz  $T$  puede minimizar el riesgo. Por ejemplo, el impacto de la inestabilidad será muy pequeño si  $T$  admite solamente pequeñas cantidades de aumentos de velocidad por transición de estado. En general, hay un trueque entre la minimización del riesgo de estados sumamente inestables y la convergencia rápida hacia un estado óptimo usando a la vez un número más pequeño de perfiles. Este trueque está controlado a través de la matriz  $T$  y de diversos umbrales programados para pruebas de viabilidad usadas por un controlador tal como un optimizador de DSL. Las máximas velocidades de datos, márgenes, etc., de la mayoría de las líneas varían en el tiempo, y por tanto la distribución de la variable aleatoria asociada puede extenderse sobre muchos valores. Por lo tanto, las sub-reglas se basan en la distribución. Se da un ejemplo sencillo para ilustrar el uso de la máxima distribución informada de velocidad de datos obtenible.

### Ejemplo

Allí donde tenga interés cambiar solamente la velocidad de datos de una línea, desde 1,3 Mbps (perfil  $n$ , máxima velocidad del perfil = 1,5 Mbps) a 3 Mbps (perfil  $m$ , máxima velocidad del perfil = 3 Mbps), una regla sencilla, basada en las velocidades máximas informadas, podría ser:

Avanzar al estado  $m$  si todos los valores de  $RR_{m,t}$  están por encima de 3,5 Mbps para todos los puntos de datos informados,  $RR_{m,t}$ .

Esta regla de "más de 3,5 Mbps todo el tiempo" podría funcionar bien para algunas líneas, pero puede ser demasiado conservadora para otras líneas que ocasionalmente experimentan un valor de  $RR_{m,t} = 3$  Mbps durante un periodo de tiempo muy breve. En lugar de usar esta sencilla condición no probabilística, un controlador, tal como un optimizador de DSL, puede adoptar uno o más criterios probabilísticos, donde la distribución de  $RR_m$  reemplaza la única condición estática por múltiples condiciones:

Avanzar al estado  $m$  si

$$\Pr \{RR_m \geq 3,5 \text{ Mbps}\} \geq 50\%$$

Y

$$\Pr \{RR_m \geq 3.0 \text{ Mbps}\} \geq 99\%$$

Y

$$\Pr \{RR_m \geq 2,5 \text{ Mbps}\} = 100\%.$$

Las condiciones estipuladas en la precedente afirmación probabilística se resumen en la siguiente tabla:

Condición de Velocidad Máxima Informada de 3 Mbps			
Estado <b>m</b>	Velocidad de corte (=f <sub>1</sub> ( <b>m</b> ))	Velocidad de corte (=f <sub>2</sub> ( <b>m</b> ))	Velocidad de corte (=f <sub>3</sub> ( <b>m</b> ))
	Probabilidad (=p <sub>1</sub> ( <b>m</b> ))	Probabilidad (=p <sub>2</sub> ( <b>m</b> ))	Probabilidad (=p <sub>3</sub> ( <b>m</b> ))
	2,5 Mbps	3,0 Mbps	3,5 Mbps
	100%	99%	50%

La velocidad máxima = 3,3 Mbps corresponde a grandes rasgos al margen = 8 dB si la línea estuviera en cambio funcionando a 3 Mbps. La velocidad máxima = 3 Mbps corresponde a 6 dB (o TSNRM en general, pero 6 dB para este ejemplo). La velocidad máxima = 2,5 Mbps corresponde a grandes rasgos al margen = 4 dB, que es menor que el típico margen de destino de 6 dB. La regla anterior tiene las siguientes características:

- (1) El reentrenamiento del módem en un momento aleatorio tendrá como resultado 3 Mbps para el 99% del tiempo;
- (2) Incluso cuando se aumente el nivel de ruido, se garantizará que el margen será igual o mayor que 4 dB, y por tanto es improbable un reentrenamiento; y
- (3) El margen será igual, o superior, a 8 dB durante al menos el 50% del tiempo.

Los diversos valores de parámetros de viabilidad están asociados a un índice *i* y se indican como  $f_i(m)$ . (Para ser precisos, debería usarse  $f_{i,PARAM}(m)$  para indicar qué parámetro está siendo considerado. En el ejemplo anterior, hay 3 condiciones a considerar para probar la máxima velocidad de datos, y por tanto  $i = 1, 2, 3$ . La probabilidad de que el reentrenamiento del módem satisfará exitosamente la *i*-ésima condición de viabilidad se indica como  $p_i(m)$ . Nuevamente,  $p_{i,PARAM}(m)$  es una notación más precisa. Estos parámetros de viabilidad y sus probabilidades asociadas se muestran explícitamente como una función del estado o perfil *m*. Estos parámetros pueden ser internos al controlador (optimizador de DSL) y pueden fijarse como una función de cualquiera entre la línea, el tiempo, el tipo de módem y otros parámetros discriminadores, o de todos ellos).

Nuevamente, están disponibles dos tipos de datos con respecto a la máxima velocidad de datos - la máxima velocidad de datos informada (RR<sub>m,t</sub>) y la máxima velocidad de datos estimada (ER<sub>m,t</sub>). La máxima velocidad informada se calcula dentro del dispositivo de comunicación (por ejemplo, un módem de DSL) y, por tanto, se usa supuestamente información precisa sobre la SNR (razón entre señal y ruido) tono por tono. Sin embargo, los módems de distintos proveedores usan distintos algoritmos de carga y distintas ganancias de codificación, y por tanto el valor de RR<sub>m,t</sub> está a menudo sesgado o es engañoso. Por otra parte, la máxima velocidad estimada se basa en estimaciones de canal y de ruido, y por tanto la SNR tono por tono podría contener errores de estimación. Sin embargo, se usan un algoritmo común de hidratación y ganancias comunes de codificación, y por tanto el valor de ER<sub>m,t</sub> no está sesgado ni es engañoso. Por tanto, los dos tipos de datos se complementan entre sí y, por lo tanto, ambos se usan como parte de las sub-reglas.

Para cada tipo de datos, se examinan las condiciones para el estado actual *n* y para el estado de destino *m*. Si bien las condiciones en el estado actual podrían no requerir ser consideradas en muchas situaciones, las condiciones en el estado de destino juegan un papel importante casi todo el tiempo (porque la viabilidad está siendo examinada para ver si la línea puede avanzar al estado de destino *m*). No obstante, las sub-reglas para el estado actual, así como para el estado de destino, pueden usarse por completitud y, también, para un posible uso futuro.

La regla RRDC<sub>n</sub> (Condición de Distribución de Velocidad informada para el estado actual *n*) se considera primero, y varios parámetros se definen de la siguiente manera:

$C_{RRn}$  : La cardinalidad de RR<sub>n</sub> (es decir C[RR<sub>n</sub>]).  $C_{RRn}$  es el número de puntos de datos disponibles para calcular la distribución de RR<sub>n</sub>.

$M_{RRn}$  : El número mínimo requerido de puntos de datos para garantizar la fiabilidad de la distribución obtenida de RR<sub>n</sub>. Si  $C[RR_n] \geq M_{RRn}$ , entonces se supone que la distribución obtenida es totalmente fiable. Si no es así, la distribución podría no ser fiable.

$Pr[p]$  : La probabilidad de *p*, que se calcula en base a la distribución calculada del controlador para el parámetro específico.

$N_{RRn}$  : El número de condiciones a examinar para la regla RRDC<sub>n</sub>.



$f_{i,RRn}(n)$  : El  $i$ -ésimo parámetro de corte referido a la  $i$ -ésima condición examinada para el estado  $n$ .

$p_{i,RRn}(n)$  : La  $i$ -ésima probabilidad mínima requerida referida a la  $i$ -ésima condición (sub-regla) examinada para el estado  $n$ .

5  $G_{i,RRn}(n)$  : El número de puntos buenos de datos que satisfacen  $RR_{n,t} \geq f_{i,RRn}(n)$ . Entre los  $C_{RRn}$  puntos de datos disponibles, algunos serán mayores que el  $i$ -ésimo parámetro de corte,  $f_{i,RRn}(n)$ , y algunos no lo serán.  $G_{i,RRn}(n)$  es el número de puntos de datos que satisfacen el valor de corte.

$B_{i,RRn}(n)$  : El número de puntos malos de datos que no satisfacen  $RR_{n,t} \geq f_{i,RRn}(n)$ . Obsérvese que  $G_{i,RRn}(n) + B_{i,RRn}(n) = C_{RRn}$  para todo  $i$ .

10 La regla  $RRDC_n$  examina si la distribución obtenida de la máxima velocidad de datos informada del estado actual,  $RR_n$ , viola alguna de las  $N_{RRn}$  condiciones. En cuanto a la salida, INVÁLIDO indica una o más violaciones. VÁLIDO indica que no hay ninguna violación y DATOS\_INSUFICIENTES indica que no puede tomarse una decisión fiable.

La siguiente es una versión sencilla de una regla de Condición de Distribución de Velocidad Informada ( $RRDC_n$ ):

si  $C_{RRn} \geq M_{RRn}$  Y  
 $\sim \{ \Pr [RR_n \geq f_{i,RRn}(n)] \geq p_{i,RRn}(n)$  para todo  $i = 1, 2, \dots, N_{RRn}$   
 Devolver INVÁLIDO  
 en caso contrario, si  $C_{RRn} < M_{RRn}$   
 $\Pr [RR_n \geq f_{i,RRn}(n)] \geq p_{i,RRn}(n)$  para todo  $i = 1, 2, \dots, N_{RRn}$   
 Devolver VÁLIDO  
 en caso contrario Devolver DATOS\_INSUFICIENTES

15 La primera cláusula “si” dice que si se dispone de suficientes puntos de datos y la distribución resultante viola cualquiera de las  $N_{RRn}$  condiciones, entonces debería devolverse “INVÁLIDO”. La siguiente cláusula “en caso contrario, si” dice que si se dispone de suficientes puntos de datos y la distribución resultante no viola ninguna de las condiciones, entonces debería devolverse “VÁLIDO”. Si el número de puntos de datos es demasiado pequeño ( $C_{RRn} < M_{RRn}$ ), entonces se informa DATOS\_INSUFICIENTES.

Algunas veces, incluso cuando  $C_{RRn} < M_{RRn}$ , podría ser posible reclamar fiablemente por una violación o no violación, porque la siguiente desigualdad siempre vale cuando  $C_{RRn} < M_{RRn}$ :

20 
$$\frac{G_{i,RRn}(n)}{M_{RRn}} \leq \Pr[RR_n \geq f_{i,RRn}(n)] \leq \frac{M_{RRn} - B_{i,RRn}(n)}{M_{RRn}}$$

El lado izquierdo es equivalente a  $\Pr[RR_n \geq f_{i,RRn}(n)]$  si los futuros  $M_{RRn} - C_{RRn}$  puntos de datos están todos por debajo del parámetro de corte  $f_{i,RRn}(n)$  (una hipótesis del peor caso). El lado derecho es equivalente a  $\Pr[RR_n \geq f_{i,RRn}(n)]$  si los futuros  $M_{RRn} - C_{RRn}$  puntos de datos están todos por encima del parámetro de corte  $f_{i,RRn}(n)$  (una hipótesis del mejor

caso). Por lo tanto, si  $\frac{M_{RRn} - B_{i,RRn}(n)}{M_{RRn}} \geq p_{i,RRn}(n)$  no se satisface para ningún  $i$ , entonces puede determinarse

25 fiablemente una violación, y  $\frac{G_{i,RRn}(n)}{M_{RRn}} \geq p_{i,RRn}(n)$  garantizará que no hay ninguna violación después de las próximas  $M_{RRn} - C_{RRn}$  colecciones de puntos de datos. Esta técnica adicional puede ser muy útil en algunos casos, y lleva a la siguiente regla  $RRDC_n$  para el estado actual  $n$  (se usa una función  $\max$  para tratar las dos situaciones:  $C_{RRn} \geq M_{RRn}$  y  $C_{RRn} < M_{RRn}$ ):

30

**Muestra de Sub-regla 1**

si	$\sim \left\{ \frac{\max(C_{RRn}, M_{RRn}) - B_{i,RRn}(n)}{\max(C_{RRn}, M_{RRn})} \right.$	$\geq p_{i,RRn}(n)$ para todo $i = 1, 2, \dots, N_{RRn}$
	Devolver INVÁLIDO	
en caso contrario, si	$\frac{G_{i,RRn}(n)}{\max(C_{RRn}, M_{RRn})}$	$\geq p_{i,RRn}(n)$ para todo $i = 1, 2, \dots, N_{RRn}$
	Devolver VÁLIDO	
en caso contrario	Devolver DATOS_INSUFICIENTES	

Cada una de las  $N_{RRn}$  condiciones para la viabilidad requiere la especificación de dos variables,  $f_i(n)$  y  $p_i(n)$ , para cada estado  $n$ . Estas variables pueden resumirse en una tabla que se almacena en el controlador, por ejemplo, en la biblioteca 348 del controlador 310 de la Figura 3A, o en el optimizador 365 de DSL de la Figura 3B. Una tabla, tal como la siguiente, puede llamarse una “Tabla de Umbrales de RRDC<sub>n</sub>” y pueden usarse adaptablemente distintas tablas, según el tipo de servicio o la condición de la línea.

5

...	...	...	...	
Estado <b>n+1</b>	$f_{1,RRn}(n+1)$ $p_{1,RRn}(n+1)$	$f_{2,RRn}(n+1)$ $p_{2,RRn}(n+1)$	...	$f_{N_{RRn},RRn}(n+1)$ $p_{N_{RRn},RRn}(n+1)$
Estado <b>n</b>	$f_{1,RRn}(n)$ $p_{1,RRn}(n)$	$f_{2,RRn}(n)$ $p_{2,RRn}(n)$	...	$f_{N_{RRn},RRn}(n)$ $p_{N_{RRn},RRn}(n)$
Estado <b>n-1</b>	$f_{1,RRn}(n-1)$ $p_{1,RRn}(n-1)$	$f_{2,RRn}(n-1)$ $p_{2,RRn}(n-1)$	...	$f_{N_{RRn},RRn}(n-1)$ $p_{N_{RRn},RRn}(n-1)$
...	...	...	...	

Un controlador, tal como un optimizador de DSL, también puede hacer de las entradas de la tabla funciones dinámicas adaptables del tiempo, la historia de la línea y el equipo.

10

En un escenario más general, la “regla global” expuesta más adelante podría requerir salidas para  $K$  conjuntos de tablas de umbrales individuales. Por ejemplo, la tabla de umbrales que se usa para la velocidad creciente podría ser distinta a la tabla de umbrales que se usa para la velocidad decreciente. En tal caso, pueden definirse dos reglas RRDC<sub>n</sub> (RRDC<sub>n,1</sub> y RRDC<sub>n,2</sub>) asociadas a las dos tablas de umbrales, y cada una puede tratarse como una sub-regla independiente. La(s) salida(s) de cada sub-regla puede(n) usarse para construir la “regla global”.

15

La segunda sub-regla, RRDC<sub>m</sub>, es casi la misma que RRDC<sub>n</sub>, excepto porque la sub-regla se aplica al estado de destino  $m$ , no al estado actual  $n$ . Los parámetros y la sub-regla pueden resumirse según lo siguiente:

$C_{RRm}$  : La cardinalidad de  $RR_m$  (es decir,  $C[RRm]$ ).  $C_{RRm}$  es el número de puntos de datos disponibles para calcular la distribución de  $RR_m$ .

20

$M_{RRm}$  : El número mínimo requerido de puntos de datos para garantizar la fiabilidad de la distribución obtenida de  $RR_m$ . Si  $C[RRm] \geq M_{RRm}$ , entonces se supone que la distribución obtenida es totalmente fiable. Si no es así, la distribución podría no ser fiable.

$N_{RRm}$  : El número de condiciones a examinar para la regla RRDC<sub>m</sub>.

$f_{i,RRm}(m)$  : El  $i$ -ésimo parámetro de corte referido a la  $i$ -ésima condición a examinar para el estado  $m$ .

$p_{i,RRm}(m)$  : La  $i$ -ésima probabilidad mínima requerida referida a la  $i$ -ésima condición a examinar para el estado  $m$ .

25

$G_{i,RRm}(m)$  : El número de puntos buenos de datos que satisfacen  $RR_{m,t} \geq f_{i,RRm}(m)$ . Entre los  $C_{RRm}$  puntos de datos disponibles, algunos serán mayores que el  $i$ -ésimo parámetro de corte,  $f_{i,RRm}(m)$ , y algunos no lo serán.  $G_{i,RRm}(m)$  es el número de puntos de datos que satisfacen el valor de corte.

$B_{i,RRm}(m)$  : El número de puntos malos de datos que no satisfacen  $RR_{m,t} \geq f_{i,RRm}(m)$ . Obsérvese que  $G_{i,RRm}(m) + B_{i,RRm}(m) = C_{RRm}$  para todo  $i$ .

**Muestra de Sub-regla 2**

<p>si <math>\sim \left\{ \frac{\max(C_{RRm}, M_{RRm}) - B_{i,RRm}(m)}{\max(C_{RRm}, M_{RRm})} \geq p_{i,RRm}(m) \text{ para todo } i = 1, 2, \dots, N_{RRm} \right\}</math></p> <p>si <math>\geq p_{i,RRm}(m)</math> para todo <math>i = 1, 2, \dots, N_{RRm}</math></p> <p>Devolver INVÁLIDO</p> <p>en caso contrario, si <math>\frac{G_{i,RRm}(m)}{\max(C_{RRm}, M_{RRm})} \geq p_{i,RRm}(m)</math> para todo <math>i = 1, 2, \dots, N_{RRm}</math></p> <p>Devolver VÁLIDO</p> <p>en caso contrario Devolver DATOS_INSUFICIENTES</p>
--

5 Como en  $RRDC_n$ , una Tabla de Umbrales de  $RRDC_m$  puede describirse como la siguiente:

...	...	...	...
Estado <b>m+1</b>	$f_{1,RRm}(m+1), p_{1,RRm}(m+1)$	$f_{2,RRm}(m+1), p_{2,RRm}(m+1)$	...
Estado <b>m</b>	$f_{1,RRm}(m), p_{1,RRm}(m)$	$f_{2,RRm}(m), p_{2,RRm}(m)$	...
Estado <b>m-1</b>	$f_{1,RRm}(m-1), p_{1,RRm}(m-1)$	$f_{2,RRm}(m-1), p_{2,RRm}(m-1)$	...
...	...	...	...

$ERDC_n$  puede resumirse en un formato similar a la Sub-Regla 1, más arriba. La única diferencia es que se usan las máximas velocidades obtenibles estimadas en lugar de las máximas velocidades obtenibles informadas. Definiendo debidamente los 7 parámetros para  $ERDC_n$ , los formatos de la Sub-Regla 1 y la Tabla de Umbrales de  $RRDC_n$  pueden reutilizarse para  $ERDC_n$ .  $ERDC_m$  puede resumirse en un formato similar a la Sub-Regla 2, más arriba. La única diferencia surge de usar las máximas velocidades obtenibles estimadas en lugar de las máximas velocidades obtenibles informadas.

10

Las reglas concernientes a los márgenes son bastante similares a las reglas para las máximas velocidades de datos. Solamente  $RMDC_n$  se presenta aquí. Las otras tres reglas serán evidentes para los expertos en la técnica.

**Muestra de Sub-regla 3**

<p>si <math>\sim \left\{ \frac{\max(C_{RMn}, M_{RMn}) - B_{i,RMn}(n)}{\max(C_{RMn}, M_{RMn})} \geq p_{i,RMn}(n) \text{ para todo } i = 1, 2, \dots, N_{RMn} \right\}</math></p> <p>Devolver INVÁLIDO</p> <p>en caso contrario, si <math>\frac{G_{i,RMn}(n)}{\max(C_{RMn}, M_{RMn})} \geq p_{i,RMn}(n)</math> para todo <math>i = 1, 2, \dots, N_{RMn}</math></p>
--

Devolver VÁLIDO

en caso contrario      Devolver DATOS\_INSUFICIENTES

...	...	...	...
Estado <b>n+1</b>	$f_{1,RMn(n+1)}, p_{1,RMn(n+1)}$	$f_{2,RMn(n+1)}, p_{2,Rn(n+1)}$	...
Estado <b>n</b>	$f_{1,RMn(n)}, p_{1,RMn(n)}$	$f_{2,RMn(n)}, p_{2,RMn(n)}$	...
Estado <b>n-1</b>	$f_{1,RMn(n-1)}, p_{1,RMn(n-1)}$	$f_{2,RMn(n-1)}, p_{2,RMn(n-1)}$	...
...	...	...	...

5 Las reglas sobre CV (Violaciones de código) pueden obtenerse análogamente de las reglas de máximas velocidades de datos, como lo fueron las reglas de márgenes precedentes. La única diferencia es la dirección de las desigualdades. Para que una transición sea válida desde el punto de vista de la velocidad de datos, los valores de velocidades informados / estimados no pueden ser menores que los valores de corte. Por otra parte, para que una transición sea válida desde el punto de vista de las CV, los valores de CV informados y estimados no pueden ser mayores que los valores de corte.

10 Por lo tanto, cambia la definición de los siguientes dos parámetros.

$G_{i,RCVm}(m)$  : El número de puntos buenos de datos que satisfacen  $RCV_{m,t} \leq f_{i,RCVm}(m)$ . Entre los  $C_{RRm}$  puntos de datos disponibles, algunos serán menores que el  $i$ -ésimo parámetro de corte,  $f_{i,RRm}(m)$ , y algunos no lo serán.  $G_{i,RCVm}(m)$  es el número de puntos de datos que satisfacen el valor de corte (más pequeños que el corte).

15  $B_{i,RCVm}(m)$  : El número de puntos malos de datos que no satisfacen  $RCV_{m,t} \leq f_{i,RCVm}(m)$ . Obsérvese que  $G_{i,RCVm}(m) + B_{i,RCVm}(m) = C_{RCVm}$  para todo  $i$ .

Las reglas sobre NR (Número de Reentrenamientos) pueden obtenerse análogamente de las reglas de violación de código, como lo fueron para las reglas de márgenes, más arriba. Por lo tanto, las reglas de NR no se expondrán en detalles, ya que serán evidentes para los expertos en la técnica.

20 Una vez que se obtienen los resultados de las sub-reglas subyacentes, la decisión final sobre la viabilidad del estado de destino  $m$  puede determinarse como una función de esas salidas de sub-reglas. En algunas realizaciones, pueden usarse las 32 reglas expuestas anteriormente. Entre esas 32 reglas, algunas podrían ser más importantes, algunas menos importantes, y algunas podrían ser absurdas. Por lo tanto, ciertas salidas deberían acentuarse y / u otras salidas deberían atenuarse al diseñar un verificador de viabilidad. Antes de describir una realización preferida de un procedimiento de la presente invención, se definen dos conceptos útiles de "ascender" y "descender". Además, se describe un requisito mínimo sobre la recolección de datos que también es útil en algunas realizaciones.

30 Al considerar una transición de estados desde el estado  $n$  al estado  $m$ , la notación " $n < m$ " se usa en el presente documento para representar un "ascenso". Se presentan en el presente documento dos nociones distintas del "ascenso". La primera noción considera la velocidad de datos, el nivel de PSD, el margen de ruido y la máscara portadora del perfil. La segunda noción considera la protección de FEC del perfil. En la siguiente exposición solamente la primera noción se llamara "ascenso", mientras que la segunda noción se mostrará como una simple desigualdad entre los niveles de codificación de los dos perfiles. Una transición de estados se define como "ascendente" si se satisfacen todas las siguientes condiciones, mientras que al menos una de ellas satisface una desigualdad estricta:

- $Velocidad(n) \leq Velocidad(m)$       donde  $Velocidad(n)$  es la velocidad máxima del perfil  $n$
- $PSD(n) \geq PSD(m)$       donde  $PSD(n)$  es el nivel de PSD del perfil  $n$
- 35 -  $TNMR(n) \geq TNMR(m)$       donde  $TNMR(n)$  es el TNMR del perfil  $n$
- $CMASK(n) \leq CMASK(m)$       lo que significa que  $CMASK(n)$  es tan restrictiva como, o menos restrictiva que,  $CMASK(m)$ , donde  $CMASK(n)$  es la máscara portadora del perfil  $n$

De manera similar, una transición de estados se define como "descenso" si se satisfacen todas las siguientes

condiciones, mientras que al menos una de ellas satisface una desigualdad estricta:

-  $Velocidad(n) \geq Velocidad(m)$  donde  $Velocidad(n)$  es la velocidad máxima del perfil  $n$

-  $PSD(n) \leq PSD(m)$  donde  $PSD(n)$  es el nivel de PSD del perfil  $n$

-  $TNMR(n) \leq TNMR(m)$  donde  $TNMR(n)$  es el TNMR del perfil  $n$

5 -  $CMASK(n) \geq CMASK(m)$  lo que significa que  $CMASK(m)$  es tan restrictiva como, o menos restrictiva que,  $CMASK(n)$ , donde  $CMASK(n)$  es la máscara portadora del perfil  $n$

Una transición de estados podría no estar ni ascendiendo ni descendiendo cuando algunos parámetros se vuelven más difíciles de lograr, mientras que otros se vuelven más fáciles de lograr. Una matriz T bien diseñada, sin embargo, tendrá solamente uno o dos parámetros cambiados por transición de estados, simplificando y / o clarificando así si cada transición está ascendiendo, descendiendo o permaneciendo en el mismo estado ( $n = m$  o solamente se cambia el nivel de codificación del perfil)

De manera similar, la notación  $FEC(n) < FEC(m)$  indica que la capacidad correctiva de la FEC del perfil  $n$  es menor que el nivel de capacidad correctiva de la FEC del perfil  $m$ . Una clasificación de FEC de tal tipo puede lograrse de una entre tres maneras: (1) la INP (potencia de protección de ruido de impulso en los estándares G.992.3/5 y G.993.2) es menor para el perfil  $n$  que para el perfil  $m$ , mientras que RETARDO es el mismo para ambos; (2) el RETARDO es mayor para el perfil  $n$  que para el perfil  $m$ , mientras que la INP es la misma para ambos; o (3) la INP es mayor y el RETARDO es menor para el perfil  $n$  que para el perfil  $m$ . Si tanto INP como RETARDO son menores, entonces el ordenamiento puede determinarse solamente con información exacta sobre la frecuencia del ruido de impulso. (Si el número máximo de impulsos por bloque de código de FEC se define como  $numIN$ , entonces  $FEC(n) < FEC(m)$  si  $INP(n)/numIN(n) < INP(m)/numIN(m)$ , donde  $INP(n)$  es el número de símbolos de DMT que pueden corregirse por codificación. Si la información de  $numIN$  no está disponible para el controlador, las características de FEC no pueden compararse cuando tanto INP como RETARDO son menores o mayores para el perfil  $n$  que para el perfil  $m$ ).  $FEC(n) = FEC(m)$  y  $FEC(n) > FEC(m)$  se definen de manera correspondiente, como apreciarán los expertos en la técnica.

En algunos casos, el sistema de recolección de datos podría fallar o estar inactivo, lo que significa que muy pocos datos, o ninguno, podrían estar disponibles. En tal caso, sería útil para el sistema devolver DATOS\_INSUFICIENTES. Una línea podría entonces ascender agresivamente al mejor estado en base a la regla "inocente hasta ser declarado culpable" (por ejemplo, incluso cuando el margen está por debajo de 0 dB o CV es enorme). Para impedir tan mal comportamiento, un cambio de perfil puede limitarse a aquellos casos en que solamente se han recolectado suficientes datos extra desde el último cambio de perfil.

30 Considérese la recolección de datos para una línea en el estado  $n$ . Debido a que la línea está funcionando en el estado  $n$ , cualquier dato recolectado proporcionará información sobre el estado  $n$  y, por tanto, contar el número de nuevos datos disponibles para el estado  $n$  podría ser bastante razonable. Pueden aplicarse entonces las siguientes reglas:

Realizar prueba de viabilidad y transición de estados solamente si se satisfacen las siguientes condiciones:

Desde el último cambio de perfil:

\* Cada uno entre  $C[ER_{n,ds}]$  y  $C[ER_{n,us}]$  ha aumentado más de  $K_{ERn}$ ;

\* Cada uno entre  $C[RVCV_{n,ds}]$  y  $C[RVCV_{n,us}]$  ha aumentado más de  $K_{RVCVn}$ ; y

\* Cada uno entre  $C[RNR_{n,ds}]$  y  $C[RNR_{n,us}]$  ha aumentado más de  $K_{RNRn}$ .

35 Obsérvese que el número de nuevos puntos de datos para  $ER_n$  está estrechamente relacionado con todas las reglas de velocidades de datos y las reglas de márgenes. La regla anterior debe satisfacerse antes de que se lleve a cabo cualquier prueba de viabilidad y transición de estados. Si la regla anterior no se satisface, una línea permanecerá sencillamente en el estado actual hasta que se recolecten nuevos datos.

40 En algunas realizaciones de la presente invención, una regla global puede simplemente ser una función cuyas entradas sean los resultados de las sub-reglas (por ejemplo, las 32 sub-reglas expuestas anteriormente), y cuya salida sea bien "sí" o bien "no" a la transición desde  $n$  a  $m$ . Una realización preferida es una regla global que es llamada solamente si se satisface el requisito de mínimos datos nuevos, más arriba. Una tal regla, un ejemplo de la cual se ilustra en la Figura 5, puede estar compuesta de dos partes, una calificación de "buen comportamiento" y una calificación de "mal comportamiento" (es decir, que muestra una ausencia suficiente de mal comportamiento), donde una transición al estado  $m$  se permite solamente si se satisfacen ambas calificaciones.

Usando el ejemplo de las 32 sub-reglas, indicado anteriormente, muchas de las 32 salidas no tienen que ser usadas en

la regla global de la Figura 5. Las 32 sub-reglas representan una estructura general cuando son de interés la velocidad de datos, el margen, la violación de código y el reentrenamiento, y los cambios para la regla global podrían utilizar cualquier sub-combinación de las sub-reglas, como apreciarán los expertos en la técnica.

5 La primera parte (la calificación de buen comportamiento) dice que al menos algunas de las sub-reglas deben informar "VÁLIDO" para que se permita una transición. El requisito puede consistir en las siguientes tres condiciones:

- Buen comportamiento para la velocidad, bien en el estado actual o bien en el estado de destino;
- Buen comportamiento para la violación de código, bien en el estado actual o bien en el estado de destino; y
- Buen comportamiento para el número de reentrenamientos, bien en el estado actual o bien en el estado de destino.

10 No se incluye el buen comportamiento para el margen, dado que el buen comportamiento para la velocidad tiene implicación similar.

15 La segunda parte (la calificación de mal comportamiento) dice que no debería esperarse mal comportamiento en el estado de destino. Como apreciarán los expertos en la técnica, la definición de mal comportamiento puede diferir, según que el estado esté ascendiendo o descendiendo. Al descender, las prestaciones en el estado actual  $n$  sirven como el límite inferior de las prestaciones esperadas en el estado de destino. Al ascender, las prestaciones en el estado actual sirven como el límite superior de las prestaciones esperadas en el estado de destino. Por lo tanto, las reglas son levemente distintas toda vez que se implican sub-reglas referidas al estado actual. Cuando la transición no está ni ascendiendo ni descendiendo, entonces se toma una decisión conservadora, suponiendo que está ascendiendo.

20 Para las características de la máxima velocidad de datos, el procedimiento para calcular ERDC y el ERDC resultante complementa el RRDC, según lo resumido anteriormente. Para violaciones de código, sin embargo, puede no haber ninguna manera concreta de calcular los totales de CV esperados, y por tanto se supone que  $ECVDC_m = ECVDC_n = DATOS\_INSUFICIENTES$  la mayor parte del tiempo.

25 Para situaciones especiales, podría ser posible estimar CV. Por ejemplo, si  $RFCC_{n,t}$  (Total de Correcciones de FEC Informado en el estado  $n$  en el intervalo  $t$  de tiempo) = 0 y  $RCV_{n,t} \leq 100$  para cualquier  $n$  y  $t$ , entonces puede ser razonable adivinar que hay un fuerte ruido de impulso que ocurre solamente hasta 100 veces por periodo de 15 minutos. Si la ocurrencia del ruido de impulso es así de bajo y, además, si el ruido de impulso no puede fijarse con un margen mayor o una configuración de FEC más potente, entonces podría ser sabio ignorar el valor de CV y simplemente avanzar a la mayor velocidad de datos que sea viable en base a las reglas de velocidad de datos, margen y reentrenamiento. Esto puede implementarse pasando  $ECVDC_{m,ds} = VÁLIDO$  y  $ECVDC_{m,us} = VÁLIDO$  a la regla global de la Figura 5. De esta manera,  $ECVDC_m$ , cuando está disponible, puede usarse para prevalecer sobre  $RCVDC_n$  y  $RCVDC_m$ .

30 Las reglas específicas sobre  $ECVDC_m$  pueden desarrollarse según el controlador (por ejemplo, un optimizador de DSL) aprende más acerca de las características del ruido de impulso de la red. Después de recolectar CV, ES, SES (Segundos Severamente Erróneos – el total de segundos con al menos dos símbolos de sincronización de ADSL consecutivos con correlaciones por debajo del umbral) y FCC para diversos perfiles, puede llevarse a cabo un estudio estadístico del ruido de impulso. Una vez que están identificados los patrones adecuados, podrían desarrollarse procedimientos exactos para calcular ECVDC.

35 Además de todas las sub-reglas aplicables, pueden añadirse otras reglas. Por ejemplo, una regla de latencia podría afirmar que, si el cliente está identificado como un jugador o usuario de VoIP, entonces podría ser necesario prohibir perfiles de alto retardo. Podría incluirse una sub-regla de SES, allí donde este campo esté informado mediante la MIB actual, pero no esté incluido en el ejemplo de las 32 sub-reglas. Finalmente, otros campos de datos en la MIB pueden integrarse como parte de las reglas.

40 Considerése una situación en donde una línea intenta el estado  $m$  y luego desciende a un estado inferior debido a un alto número de reentrenamientos (o un alto número de CV, márgenes bajos, o cualquier otra condición "negativa"). Luego, la mala historia de la línea (es decir, los datos previamente recolectados / informados / observados / calculados / estimados) en el estado  $m$  impediría futuros intentos de ascender al estado  $m$ , y por tanto las estadísticas relacionadas con los datos informados sobre el estado  $m$  podrían no cambiar nunca. Si no se toma ninguna acción, la línea no podrá intentar el estado  $m$ , o uno mejor, nuevamente. Un fallo individual de tal tipo, sin embargo, podría deberse a una interferencia muy infrecuente, o incluso completamente única. Además, las situaciones de ruido y de interferencia podrían mejorar debido a una adjudicación inteligente / cortés de potencia y espectros en el futuro, o debido a un cambio en los entornos. Por lo tanto, son deseables procedimientos de limpieza, purga o descuento de datos viejos para intentar estados mejores. Una gran variedad de procedimientos para lograrlo pueden ser evidentes para los expertos en la técnica. A continuación se dan varios procedimientos para purgar datos viejos, que permiten que se revisiten automáticamente estados mejores en el futuro, si otras indicaciones son favorables. Obsérvese, como

se ha expuesto anteriormente, que estos objetivos también podrían lograrse con un sistema más complejo de estados y transiciones que tenga en cuenta el funcionamiento en estados y / o perfiles anteriores. El uso de purga / descuento de datos viejos permite el uso de un esquema de estados más sencillo (que, como se ha indicado anteriormente, también permite la equivalencia de "perfiles" y "estados" en esta realización).

- 5 Un vector de ponderación de datos ( $W$ ) puede darse a cada línea, de modo que la ponderación para los datos observados y / o estimados pueda aplicarse como una función de cuán actuales son los datos. Por ejemplo, si el vector de ponderación es  $W1 = [1 \ 1 \ 1]$ , entonces los datos de los tres últimos periodos de actualización (por ejemplo, días) reciben igual ponderación para construir las distribuciones de datos. Si el vector de ponderación es  $W2 = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5]$ , entonces se usan los datos del último periodo de actualización con ponderación 1 y datos de 7 periodos de actualización anteriores (por ejemplo, de hace una semana), con ponderación 0,5. Los datos de otros periodos de actualización se ignoran. Si se desea usar datos de solamente los últimos 2 meses con igual ponderación, entonces el vector de ponderación puede ser de tamaño 60, con todos unos (es decir,  $W3 = [1 \ 1 \ 1 \ \dots \ 1 \ 1 \ 1]$ ), usando un periodo de actualización de un día. Si se usa  $W3$  para una línea y el estado  $m$  falló, probablemente se intentará nuevamente en 60 días, cuando los datos asociados al fallo sean ignorados (es decir, purgados efectivamente).
- 10
- 15 Pueden usarse distintos vectores de ponderación para distintas reglas. Por ejemplo,  $W3$  puede usarse para reglas de CVDC, mientras que  $W1$  podría usarse para el resto de las reglas. El vector, o los vectores, de ponderación pueden por tanto afectar a la cardinalidad y a los cálculos de distribución de las reglas de viabilidad.

Según otro procedimiento, los periodos temporales para eliminar datos inválidos pueden ser aumentados exponencialmente, según lo ilustrado en el siguiente ejemplo:

- 20 Despejar datos después de  $2^{n+1}$  días. Una línea ha intentado el estado  $m$  y ha fallado debido a datos únicos, dando como resultado que el perfil de la línea se reduzca (muy probablemente, que su velocidad de datos se reduzca). Después de 4 días, los datos "inválidos" en  $m$  se purgarán, y se intentará nuevamente el estado  $m$  para esta línea (si no se ha observado o estimado ningún dato "inválido" adicional, por lo que la línea se supone "inocente" de nuevo). Si la línea falla nuevamente en el estado  $m$ , entonces el perfil de línea se reducirá nuevamente, y se intentará
- 25 nuevamente el estado  $m$  después de 8 días. Si el estado  $m$  falla posteriormente de nuevo después de 8 días, entonces el sistema (por ejemplo, un controlador u optimizador de DSL) espera 16 días hasta que se purguen los datos inválidos, y luego lo intenta nuevamente. En general, los datos "inválidos" del estado  $m$  se despejarán  $2^{n+1}$  días después del último fracaso, donde  $n$  es el número total de fallos consecutivos.

- 30 Para hacer cumplir esta regla, un controlador tal como un optimizador de DSL solamente necesita mantener el rastro del número de fallos consecutivos (si los perfiles solamente pueden cambiarse / actualizarse cada  $t$  días, entonces un fallo significa un fallo para dar soporte a un estado durante  $t$  días) y la fecha / hora del último fallo para cada estado. De esta manera, los datos inválidos pueden purgarse en un momento adecuado.

- Finalmente, otro procedimiento usa el hecho de que la mayoría de los usuarios de DSL no usan la red en todo momento. Por lo tanto, el controlador puede modelar los patrones de uso de la red de cada usuario (en base a los
- 35 totales de células de ATM y / o cualquier otro parámetro que refleje la actividad de uso de red de cada usuario) para identificar un periodo temporal en que sea menos probable que el usuario use la red. Durante este periodo temporal, que probablemente sea tarde por la noche o temprano por la mañana, los estados fallados pueden probarse y nuevos datos de prestaciones pueden recolectarse para reemplazar los viejos datos. Si los datos recientemente recolectados muestran buenas prestaciones, entonces el estado de destino puede probarse nuevamente. En caso contrario, la línea
- 40 no se verá afectada. En general, podría ser lo mejor probar un perfil adaptable de velocidad sin ningún límite máximo de velocidad, tan a menudo como sea posible. Pueden usarse diversas combinaciones de TNMR, PSD, FEC y / o máscara portadora para maximizar la entropía de la nueva información.

- Como apreciarán los expertos en la técnica, los tres procedimientos descritos anteriormente pueden combinarse de diversas maneras. En particular, el último procedimiento puede combinarse fácilmente con cualquiera de los dos
- 45 primeros procedimientos.

- Igual que  $T$  y las tablas de umbrales, la regla de purga puede escogerse adaptablemente, según la situación de la línea / el ceñidor. Cuando las estadísticas de datos observados o estimados cambian significativamente (por ejemplo, cuando CV + FEC disminuye desde un promedio de 1.000 hasta un promedio de 0, el margen anteriormente estable cambia de repente en 10 dB, etc.), un cambio tal probablemente está causado por un cambio significativo en la
- 50 configuración del ceñidor (por ejemplo, se activó una nueva línea de DSL conectada con un DSLAM en un RT, las líneas que interfieren redujeron su potencia de transmisión debido al control dinámico de un controlador, etc.). Podría requerirse una reacción inmediata. Si  $W3$ , más arriba, estaba siendo usado para los datos de purga, entonces  $W4 = [1]$  puede usarse en su lugar para adaptarse rápidamente, en base al último día individual de sólo datos. Si se estaba usando el procedimiento exponencial,  $n$  puede reiniciarse en 1, de modo que puedan hacerse cambios rápidos en el futuro cercano.
- 55

Igual que la matriz  $\mathbf{T}$  puede usarse para proporcionar diversas características como una función de los perfiles de servicio y la estabilidad de las líneas, las tablas de umbrales pueden usarse para acentuar o atenuar las reglas individuales. Por ejemplo, si se sabe que el módem de un cierto proveedor informa números de velocidades máximas que son 500 Kbps mayores que la velocidad efectiva, entonces la tabla de umbrales de RRDC de ese módem puede tener entradas 500 Kbps mayores (en comparación con otros módems) para cancelar el sesgo. De manera similar, si MAXRR (máxima velocidad informada) no es fiable para una línea, entonces las entradas de la tabla de umbrales de RRDC pueden ajustarse rebajándose en 1 Mbps con respecto a las entradas normales de la tabla de RRDC. De esta manera, RMDC, ERDC y EMDC serán las reglas limitadoras sobre la máxima velocidad, en lugar de ser RRDC la regla limitadora la mayoría del tiempo. En general, las tablas de umbrales pueden actualizarse toda vez que se detecta que algún segmento de los rediles de datos no es fiable, o toda vez que se detecta que una tabla de umbrales es bien demasiado restrictiva o bien no lo bastante restrictiva.

En otra situación, los módems individuales usados en sistemas de comunicación tales como los sistemas de DSL pueden poseer características individuales que podrían afectar a datos operativos recolectados que cambien y / o repercutan sobre la precisión, fiabilidad, etc., de los datos informados y los datos estimados. En algunos casos, por lo tanto, puede ser deseable adquirir tanta información como sea posible y / o práctico acerca del módem, o los módems, usado(s) en un sistema dado. Como apreciarán los expertos en la técnica, hay varias maneras de recoger este tipo de información. Técnicas y aparatos para identificar módems y sus características operativas se revelan en el documento estadounidense con N° de serie 7.349.963 (expediente de agente N° 0101-p09), registrado el 4 de noviembre de 2004, titulado IDENTIFICACIÓN DE DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN, y perteneciente a la empresa Adaptive Spectrum and Signal Alignment, Inc.

En los sistemas xDSL, algunos de los datos pueden tener límites de alcance para los informes. Por ejemplo, el margen máximo que puede informarse puede ser de 31 dB, y la potencia mínima que puede informarse puede ser solamente de 0 dBm en un sistema ADSLI. Si se informa información ambigua con respecto a tales parámetros, entonces cualquier estimación de la velocidad máxima, el margen, etc., en base a tal información ambigua podría ser en sí misma ambigua. En tales casos, una solución sencilla es ignorar tales puntos de datos marcándolos como inválidos. Sin embargo, una mejor solución puede ser examinar si es posible o no hacer un uso fiable de esos datos.

Considerando la regla ERDC<sub>m</sub>, por ejemplo, el margen informado puede ser de 31 dB, incluso aunque el margen verdadero esté por encima de 31 dB. Si un controlador tal como un optimizador de DSL usa 31 dB de margen, entonces la máxima velocidad estimada será menor que la verdadera velocidad máxima. Por tanto, el resultado es una estimación excesivamente conservadora de la máxima velocidad. Si esta estimación conservadora es todavía lo bastante grande como para ser tenida en cuenta para  $G_{i,ERm}(m)$  para la  $i$ -ésima regla, entonces los datos, no obstante, deberían ser considerados y usados como datos válidos. Si la estimación conservadora es demasiado pequeña para ser tenida en cuenta para  $G_{i,ERm}(m)$ , entonces los datos deberían ser considerados inválidos para la  $i$ -ésima regla y, por lo tanto, ignorados.  $C_{ERm}$  debe ser ajustado para ignorar los datos inválidos. Una solución similar puede aplicarse cuando la potencia de transmisión informada sea 0 dBm, dado que un controlador hallaría una velocidad máxima excesivamente conservadora también en tal caso. La misma modificación de reglas vale para ERDC<sub>n</sub>, EMDC<sub>n</sub>, EMDC<sub>m</sub>, RMDC<sub>n</sub> y RMDC<sub>m</sub>.

Las sub-reglas también pueden modificarse para asimilar modelos más sofisticados, tales como el HMM (Modelo Oculto de Markov). En tal caso, la regla global puede mantenerse independiente mientras las salidas de las sub-reglas se mantengan iguales. La regla global y las sub-reglas están diseñadas de modo que cada una pueda ser modificada o actualizada sin requerir cambios en las otras.

Una realización de la presente invención se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 6. El procedimiento 600 comienza con la construcción 610 (y / o la implementación o programación) de la matriz  $\mathbf{T}$  (o cualquier otro mecanismo de control de transición de estados), las tablas de umbrales (o similares), reglas y / o sub-reglas cualesquiera que gobiernen las transiciones, y reglas cualesquiera para la purga, el descuento o la ponderación de otro modo de los datos viejos. Se selecciona un "perfil actual" o estado  $n$  y comienza el funcionamiento usando este perfil en 620. Los datos operativos se recolectan en 630 y se purga y / o descuenta cualquier dato viejo disponible, según corresponda (por ejemplo, usando un vector  $\mathbf{W}$  de ponderación de datos). El procedimiento 600 verifica luego que haya suficientes datos nuevos (por ejemplo, tanto datos informados como datos estimados) en 640 para permitir la evaluación de la inviabilidad de cualquier estado de destino (usando la regla de que cualquier estado se supone viable hasta que se pruebe lo contrario). Si no se dispone de suficientes datos nuevos, entonces el procedimiento vuelve a la recolección de datos en 630.

Si se han reunido suficientes datos nuevos, entonces las pruebas de viabilidad pueden ejecutarse en 650 para todos los potenciales estados de destino  $m$ , a fin de determinar si alguno puede ser descalificado. Una vez que han sido identificados los estados de destino elegibles, el sistema puede avanzar a 660 hacia el estado de mayor prioridad disponible. El sistema puede luego actualizar las reglas y datos de transición en 670, tales como una matriz  $\mathbf{T}$ , tablas de umbrales, reglas / vectores de ponderación de datos, etc., y volver a la recolección de datos en 630 para la



evaluación de la próxima transición.

La Figura 7 ilustra otra realización de la presente invención. El procedimiento de la Figura 7 puede implementarse en diversos aparatos, incluso los sistemas mostrados en las Figuras 3A y 3B. El procedimiento 700 comienza recolectando u obteniendo de otro modo, en 710, los datos de prestaciones, tales como los valores de parámetros de prestaciones, de una línea de DSL que usa un perfil de línea dado. Estos datos de prestaciones pueden incluir datos y / o valores referidos a violaciones de código, totales de correcciones de FEC, márgenes de ruido, totales de reentrenamiento, etc. El perfil de línea desde el cual se recolectan / obtienen los datos de prestaciones en 710 puede ser el perfil de línea que está siendo usado actualmente por la línea de DSL. En 720 se evalúan los datos de prestaciones obtenidos para generar una estimación de las prestaciones de la línea de DSL en un perfil de línea de destino. El perfil de línea de destino puede ser distinto al perfil de línea actual, o puede ser el mismo perfil de línea actual si el sistema está intentando evaluar si es inviable permanecer en el estado y / o perfil actual. Allí donde el perfil de línea dado y el perfil de línea de destino difieren, pueden diferir en uno o más parámetros operativos, según se ha indicado anteriormente. Además, el procedimiento de la Figura 7 también puede usar datos informados y / o datos estimados, según corresponda, como apreciarán los expertos en la técnica.

En general, las realizaciones de la presente invención emplean diversos procesos que implican a datos almacenados en, o transferidos a través de, uno o más sistemas informáticos, que pueden ser un ordenador individual, múltiples ordenadores y / o una combinación de ordenadores (todos y cada uno de los cuales pueden denominarse intercambiabilmente en el presente documento "ordenador" y / o "sistema informático"). Las realizaciones de la presente invención también se refieren a un dispositivo de hardware u otro aparato para realizar estas operaciones. Este aparato puede estar especialmente construido para los fines requeridos, o bien puede ser un ordenador de propósito general y / o un sistema informático activado o reconfigurado selectivamente por un programa de ordenador y / o una estructura de datos almacenada en un ordenador. Los procesos presentados en el presente documento no están intrínsecamente referidos a ningún ordenador específico u otro aparato. En particular, pueden usarse diversas máquinas de propósito general con programas escritos de acuerdo a las revelaciones en el presente documento, o bien puede ser más conveniente construir un aparato más especializado para llevar a cabo las etapas de procedimiento requeridas. Una estructura específica para una gran variedad de estas máquinas será evidente a los medianamente expertos en la técnica, en base a la descripción dada más adelante.

Las realizaciones de la presente invención, según lo descrito anteriormente, emplean diversas etapas de proceso que implican a datos almacenados en sistemas informáticos. Estas etapas son aquellas que requieren la manipulación física de cantidades físicas. Usualmente, aunque no necesariamente, estas cantidades toman la forma de señales eléctricas o magnéticas capaces de ser almacenadas, transferidas, combinadas, comparadas y manipuladas de otro modo. A veces es conveniente, principalmente por razones de uso común, referirse a estas señales como bits, flujos de bits, señales de datos, señales de control, valores, elementos, variables, caracteres, estructuras de datos o similares. Debería recordarse, sin embargo, que todos estos términos, y términos similares, han de asociarse a las cantidades físicas adecuadas, y son meramente etiquetas convenientes aplicadas a estas cantidades.

Además, las manipulaciones realizadas se denominan a menudo con términos tales como identificación, ajuste o comparación. En cualquiera de las operaciones descritas en el presente documento que forman parte de la presente invención, estas operaciones son operaciones de máquinas. Las máquinas útiles para llevar a cabo las operaciones de las realizaciones de la presente invención incluyen los ordenadores digitales de propósito general u otros dispositivos similares. En todos los casos, debería tenerse en mente la distinción entre el procedimiento de las operaciones en el funcionamiento de un ordenador y el procedimiento de cálculo en sí mismo. Las realizaciones de la presente invención se refieren a etapas de procedimiento para hacer funcionar un ordenador en el procesamiento de señales eléctricas u otras señales físicas, a fin de generar otras señales físicas deseadas.

Las realizaciones de la presente invención también se refieren a un aparato para llevar a cabo estas operaciones. Este aparato puede ser construido especialmente para los fines requeridos, o bien puede ser un ordenador de propósito general activado o reconfigurado selectivamente por un programa de ordenador almacenado en el ordenador. Los procesos presentados en el presente documento no están intrínsecamente referidos a ningún ordenador específico u otro aparato. En particular, pueden usarse diversas máquinas de propósito general con programas escritos según las revelaciones en el presente documento, o bien puede ser más conveniente construir un aparato más especializado para llevar a cabo las etapas de procedimiento requeridas. La estructura requerida para una gran variedad de estas máquinas surgirá de la descripción dada en lo precedente.

Además, las realizaciones de la presente invención se refieren adicionalmente a medios legibles por ordenador que incluyen instrucciones de programa para llevar a cabo diversas operaciones implementadas por ordenador. Los medios y las instrucciones de programa pueden ser aquellos especialmente diseñados y construidos para los fines de la presente invención, o bien pueden ser de la clase bien conocida y disponible para los expertos en las técnicas del software de ordenador. Los ejemplos de medios legibles por ordenador incluyen, pero no se limitan a, medios magnéticos tales como discos rígidos, discos flexibles y cinta magnética; medios ópticos tales como discos CD-ROM,

5 medios magnético-ópticos tales como los discos ópticos flexibles; y los dispositivos de hardware que estén especialmente configurados para almacenar y realizar instrucciones de programa, tales como los dispositivos de memoria de sólo lectura (ROM) y de memoria de acceso aleatorio (RAM). Los ejemplos de instrucciones de programa incluyen tanto el código de máquina, tal como el producido por un compilador, como los ficheros que contienen código de nivel superior, que puede ser ejecutados por el ordenador usando un intérprete.

10 La Figura 8 ilustra un típico sistema de ordenador que puede ser usado por un usuario y / o un controlador según una o más realizaciones de la presente invención. El sistema informático 800 incluye cualquier número de procesadores 802 (también denominados unidades centrales de procesamiento, o CPU) que están acoplados con dispositivos de almacenamiento que incluyen el almacenamiento primario 806 (habitualmente una memoria de acceso aleatorio, o RAM) y el almacenamiento primario 804 (habitualmente una memoria de sólo lectura, o ROM). Como es bien conocido en la técnica, el almacenamiento primario 804 actúa para transferir datos e instrucciones unidireccionalmente a la CPU y el almacenamiento primario 806 se usa habitualmente para transferir datos e instrucciones de manera bidireccional. Ambos dispositivos de almacenamiento primario pueden incluir cualquier medio adecuado entre los medios legibles por ordenador descritos anteriormente. Un dispositivo 808 de almacenamiento masivo también está acoplado bidireccionalmente con la CPU 802 y proporciona capacidad adicional de almacenamiento de datos, y puede incluir cualquiera de los medios legibles por ordenador descritos anteriormente. El dispositivo 808 de almacenamiento masivo puede usarse para almacenar programas, datos y similares, y es habitualmente un medio de almacenamiento secundario tal como un disco rígido que es más lento que el almacenamiento primario. Se apreciará que la información retenida dentro del dispositivo 80 de almacenamiento masivo puede, en casos adecuados, incorporarse de manera estándar como parte del almacenamiento primario 806, como memoria virtual. Un dispositivo específico de almacenamiento masivo, tal como un CD-ROM 814, puede también pasar datos unidireccionalmente a la CPU.

15 La CPU 802 también está acoplada con una interfaz 810 que incluye uno o más dispositivos de entrada / salida, tales como monitores de vídeo, bolas de rastreo, ratones, teclados, micrófonos, visores sensibles al tacto, lectoras de tarjetas transductoras, lectoras de cinta magnética o de papel, tabletas, estiletes, reconocedores de voz o escritura manual, u otros dispositivos de entrada bien conocidos, tales como, por supuesto, otros ordenadores. Finalmente, la CPU 802 puede acoplarse optativamente con un ordenador o red de telecomunicaciones usando una conexión de red como se muestra en general en 812. Con una conexión de red de ese tipo, se contempla que la CPU pueda recibir información desde la red, o bien podría emitir información a la red en el curso de la realización de las etapas de procedimiento descritas anteriormente. Los dispositivos y materiales descritos anteriormente serán familiares para los expertos en el hardware de ordenador y las técnicas de software. Los elementos de hardware descritos anteriormente pueden definir múltiples módulos de software para llevar a cabo las operaciones de esta invención. Por ejemplo, las instrucciones para ejecutar un controlador de composición de palabras de código pueden almacenarse en el dispositivo 808 o 814 de almacenamiento masivo, y ejecutarse en la CPU 802 conjuntamente con la memoria primaria 806. En una realización preferida, el controlador se divide en submódulos de software.

20 35 Las muchas características y ventajas de la presente invención son evidentes a partir de la descripción escrita, y por tanto, las reivindicaciones adjuntas están concebidas para abarcar todas las características y ventajas de ese tipo de la invención. Además, dado que numerosas modificaciones y cambios se les ocurrirán inmediatamente a los expertos en la técnica, la presente invención no está limitada a la construcción y operación exactas según lo ilustrado y descrito. Por lo tanto, las realizaciones descritas deberían tomarse como ilustrativas y no restrictivas, y la invención no debería limitarse a los detalles dados en el presente documento, sino que debería ser definida por las siguientes reivindicaciones y su ámbito completo de equivalentes, ya sean previsibles o imprevisibles ahora o en el futuro.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento (600) en un controlador de DSL acoplado con una línea de DSL, comprendiendo el procedimiento:
  - operar (620) la línea de DSL en el perfil de línea actual;
  - recolectar (630) datos operativos referidos al funcionamiento de la línea de DSL en el perfil de línea actual,
  - 5 evaluar si se efectúa o no la transición del funcionamiento de una línea de DSL desde un perfil de línea actual a uno entre una pluralidad de perfiles de línea de destino, implementando en software o hardware, o en una combinación de los mismos (610):
    - una matriz de transición de estados de perfiles que indica: una pluralidad de posibles transiciones desde el perfil de línea actual a uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, y un valor de prioridad que especifica la prioridad de las transiciones para cada perfil,
    - 10 una pluralidad de sub-reglas, cada una para evaluar una viabilidad o inviabilidad de la pluralidad de perfiles de línea de destino dentro de la matriz de transición de estados de perfiles,
    - una pluralidad de tablas de umbrales, en la cual cada una entre la pluralidad de tablas de umbrales acentúa o atenúa las sub-reglas individuales, y
    - 15 una regla global que utiliza dicha(s) sub-regla(s) para determinar la viabilidad o inviabilidad para cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, en donde la pluralidad de sub-reglas y la regla global se basan en datos informados y estimados provenientes de los datos operativos recolectados;
    - determinar (650) la viabilidad o inviabilidad del perfil de línea actual y de cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, en base a los datos operativos recolectados y según las salidas de algunas de, o todas, las sub-reglas y la regla global; y
    - 20 seleccionar (660) uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, en el cual operar la línea de DSL, en donde el perfil de línea seleccionado comprende aquel, entre el perfil de línea actual y la pluralidad de perfiles de línea de destino, que tenga la mayor prioridad en la matriz de transición de estados de perfiles, y que no esté evaluado como inviable; y
    - 25 operar la línea de DSL en el perfil de línea seleccionado.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual cada una entre la pluralidad de tablas de umbrales comprende probabilidades de ocurrencias de criterios operativos.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual el perfil actual y cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino difieren en al menos uno de los siguientes parámetros operativos:
  - 30 velocidad de datos;
  - codificación de corrección anticipada de errores;
  - densidad de espectro de potencia;
  - margen de ruido de destino;
  - margen de ruido máximo;
  - 35 margen de ruido mínimo;
  - máscara portadora;
  - protección de ruido de impulso; y
  - retardo.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual los datos operativos recolectados se usan para proporcionar datos informados y datos estimados.
- 40 5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el cual los datos informados incluyen al menos uno de los siguientes:
  - máxima velocidad de datos obtenible informada;

- total informado de correcciones anticipadas de errores;
- margen de ruido informado;
- total informado de violaciones de código;
- segundos erróneos informados;
- 5 segundos severamente erróneos informados; y
- número informado del total de reentrenamientos.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el cual los datos estimados incluyen al menos uno de los siguientes:
- máxima velocidad de datos obtenible estimada;
- total estimado de correcciones anticipadas de errores;
- 10 margen de ruido estimado;
- total estimado de violaciones de código; y
- número estimado del total de reentrenamientos.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual la matriz de transición de estados de perfiles prioriza los estados disponibles.
- 15 8. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual cada una de las sub-reglas comprende un examen de uno de los siguientes:
- una distribución de datos referida al perfil de línea actual; y
- una distribución de datos referida a cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino.
9. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual la evaluación de la viabilidad del perfil de línea actual y de cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino comprende ponderar datos viejos.
- 20 10. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente actualizar (670) adaptablemente al menos uno de los siguientes:
- la matriz de transición de estados de perfiles;
- al menos una entre la pluralidad de tablas de umbrales; y
- 25 una ponderación aplicada a datos viejos.
11. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual la evaluación de la viabilidad del perfil de línea actual y de cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino comprende requerir una mínima cantidad de datos como pre-requisito para evaluar la viabilidad de cualquier perfil de línea entre el perfil de línea actual y la pluralidad de perfiles de línea de destino.
- 30 12. El procedimiento de la reivindicación 1,
- en el cual la matriz de transición de estados de perfiles comprende una priorización de los perfiles de línea de destino;
- en el cual cada una entre la pluralidad de tablas de umbrales comprende sub-reglas probabilísticas; en el cual la regla global comprende una combinación de salidas de las sub-reglas probabilísticas, para determinar una inviabilidad de cada uno de los perfiles de línea de destino, en el cual los datos operativos recolectados se usan para generar datos
- 35 informados y datos estimados relativos a la operación de la línea de DSL en uno de los siguientes, o en ambos:
- el perfil de línea actual; y
- uno de los perfiles de línea de destino;
- en el cual la determinación de la viabilidad del perfil de línea actual y de cada uno de los perfiles de línea de destino comprende realizar una o más pruebas de viabilidad para evaluar la inviabilidad de avanzar desde el perfil de línea actual a cada uno de los perfiles de línea de destino;
- 40 en el cual la operación de la línea de DSL en el perfil de línea seleccionado con la mayor prioridad en la matriz de

transición de estados de perfiles que no esté evaluado como inviable comprende operar la línea de DSL en un perfil de línea óptimo.

5 13. Un controlador (310, 365) de DSL acoplado con un sistema de DSL para evaluar si hay que instruir o no a una línea (130) de DSL, que opera en un perfil de línea actual, para efectuar la transición a la operación en uno entre una pluralidad de perfiles de línea de destino, comprendiendo el controlador (310, 365) de DSL:

una unidad (300) de control de transición de estados que implementa en software o hardware, o una combinación de los mismos:

10 una matriz de transición de estados de perfiles que indica: una pluralidad de posibles transiciones desde el perfil de línea actual a uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, y un valor de prioridad que especifica la prioridad de las transiciones para cada perfil,

una pluralidad de sub-reglas, cada una para evaluar una viabilidad o inviabilidad de la pluralidad de perfiles de línea de destino dentro de la matriz de transición de estados de perfiles,

una pluralidad de tablas de umbrales, en donde cada una entre la pluralidad de tablas de umbrales acentúa o atenúa las sub-reglas individuales, y

15 una regla global que utiliza dicha(s) sub-regla(s) para determinar la viabilidad o inviabilidad para cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, en donde la pluralidad de sub-reglas y la regla global se basan en datos informados y estimados provenientes de los datos operativos recolectados;

un módulo (320, 380) de recolección de datos para recolectar datos operativos referidos a la operación de la línea de DSL en el perfil actual;

20 un módulo (340) de análisis para determinar la viabilidad o inviabilidad del perfil de línea actual y de cada uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, en base a los datos operativos recolectados y según las salidas de algunas de, o todas, las sub-reglas y la regla global; y

25 un módulo (390) selector de perfiles de línea para seleccionar uno entre la pluralidad de perfiles de línea de destino, en el cual operar la línea de DSL, en donde el perfil de línea seleccionado comprende aquel entre el perfil de línea actual y la pluralidad de perfiles de línea de destino que tenga una mayor prioridad en la matriz de transición de estados y no esté evaluado como inviable.

14. El controlador de DSL de la reivindicación 13, en el cual la matriz de transición de estados de perfiles comprende una priorización de la pluralidad de perfiles de línea de destino.

30 15. El controlador de DSL de la reivindicación 13, en el cual los datos operativos recolectados se usan para generar datos informados y datos estimados.

16. El controlador de DSL de la reivindicación 15, en el cual cada uno entre los datos informados y los datos estimados comprende datos referidos a al menos uno de los siguientes:

máxima velocidad de datos obtenible;

total de correcciones anticipadas de errores;

35 margen de ruido;

total de violaciones de código; y

número del total de reentrenamientos.

17. El controlador de DSL de la reivindicación 13, en el cual el perfil de línea actual y cada perfil de línea de destino difieren en al menos uno de los siguientes parámetros operativos:

40 velocidad de datos;

codificación de correcciones anticipadas de errores;

densidad de espectro de potencia;

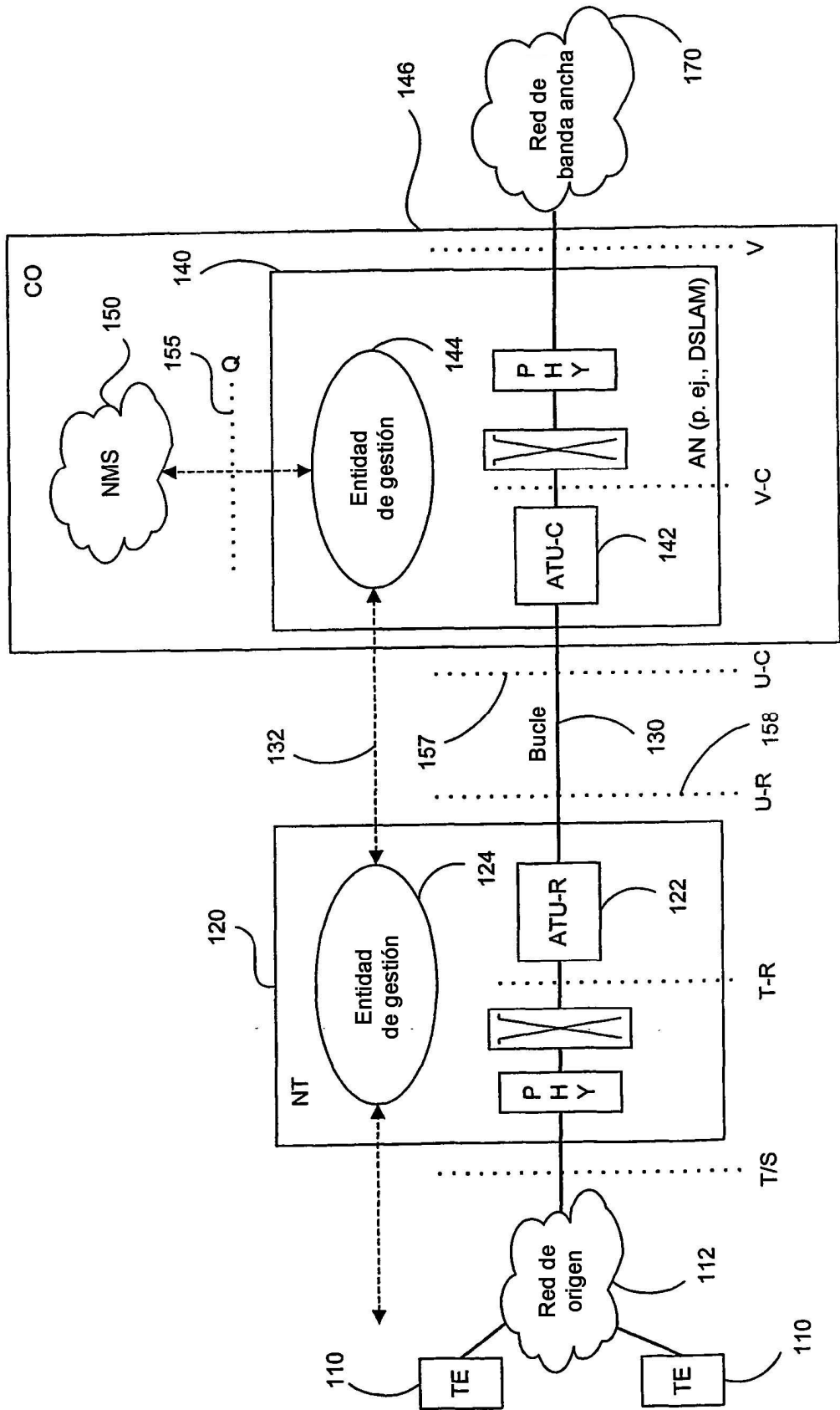
margen de ruido de destino;

margen de ruido máximo;

margen de ruido mínimo;  
máscara portadora;  
protección de ruido de impulso; y  
retardo.

5

Figura 1



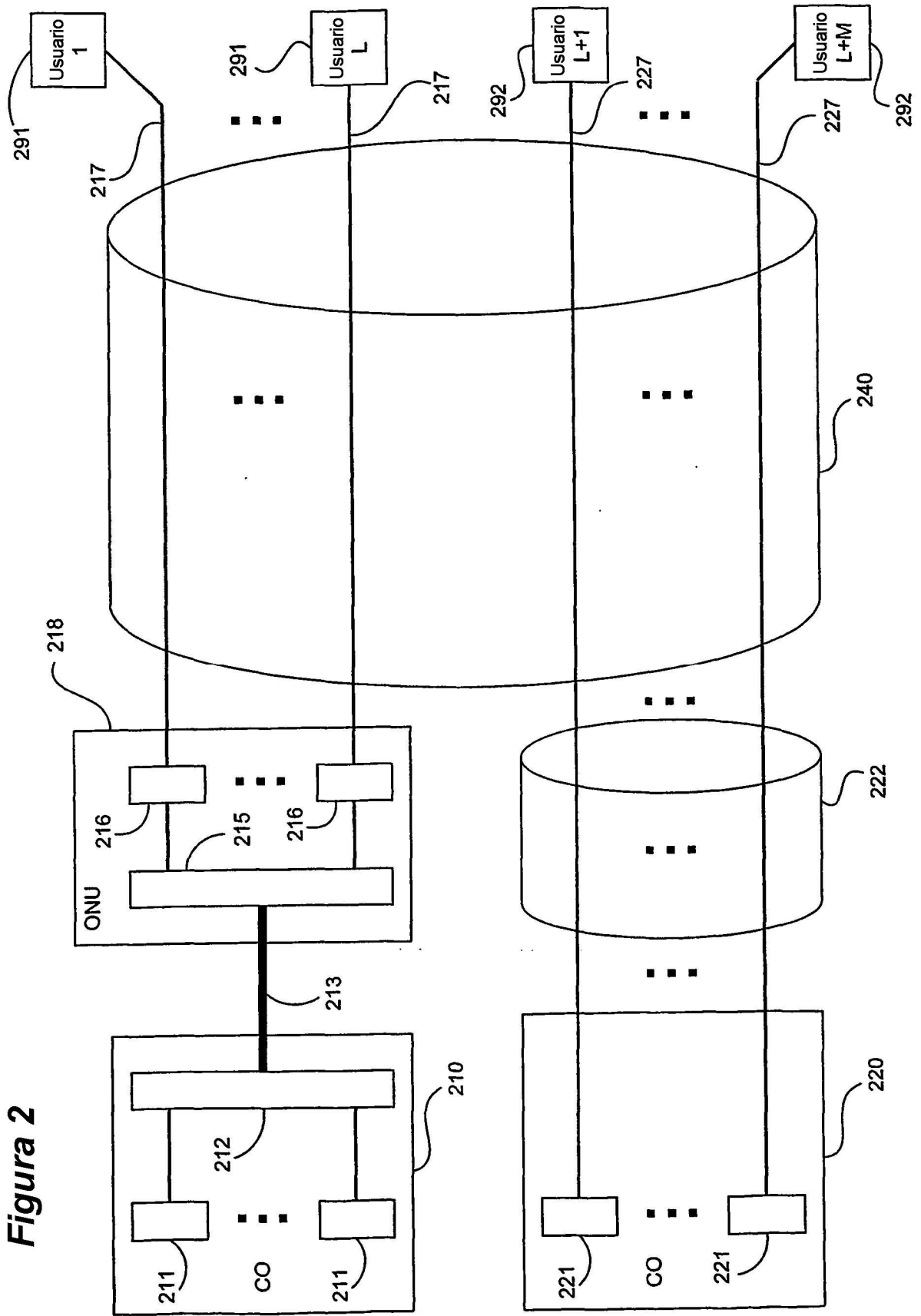
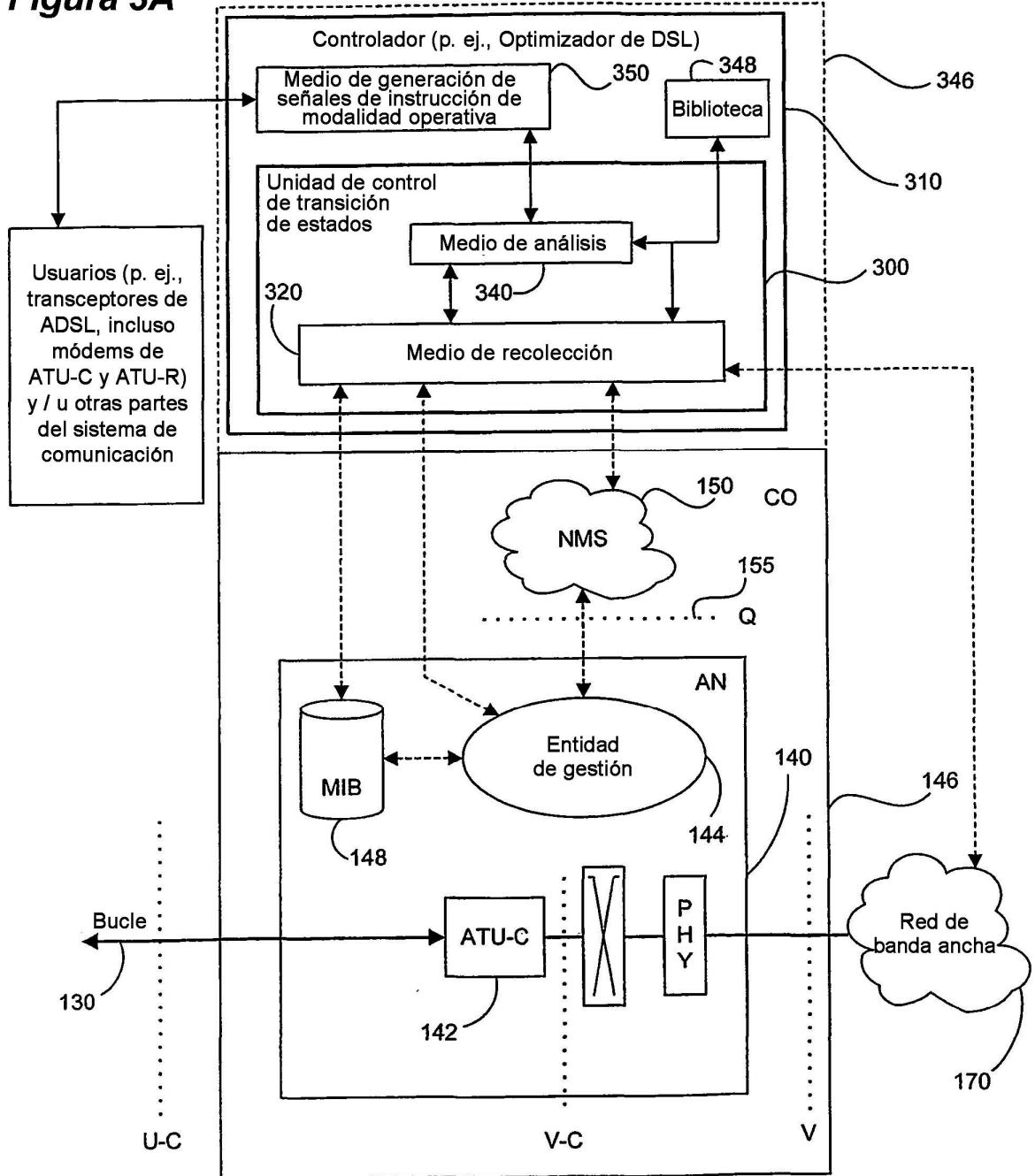
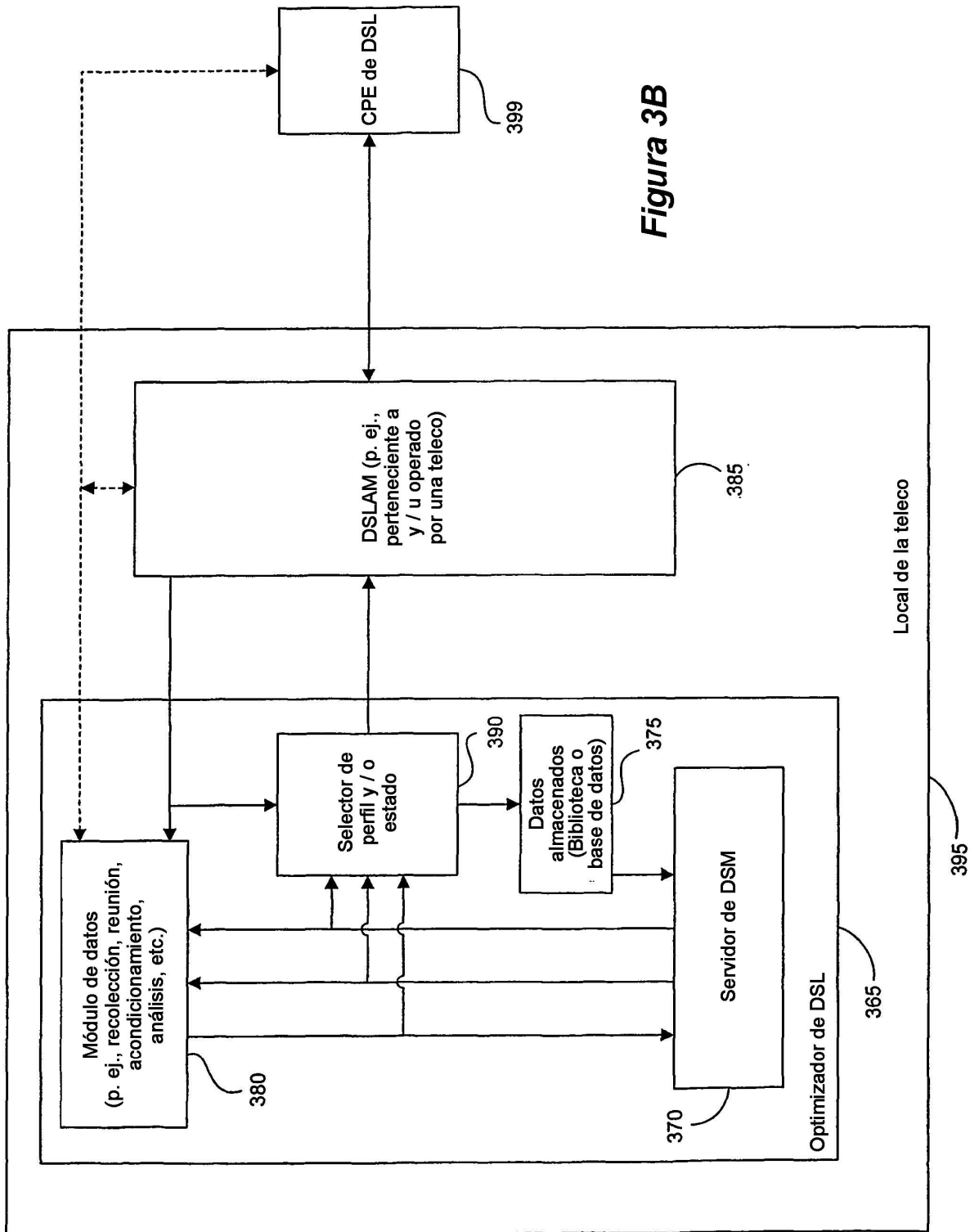


Figura 2

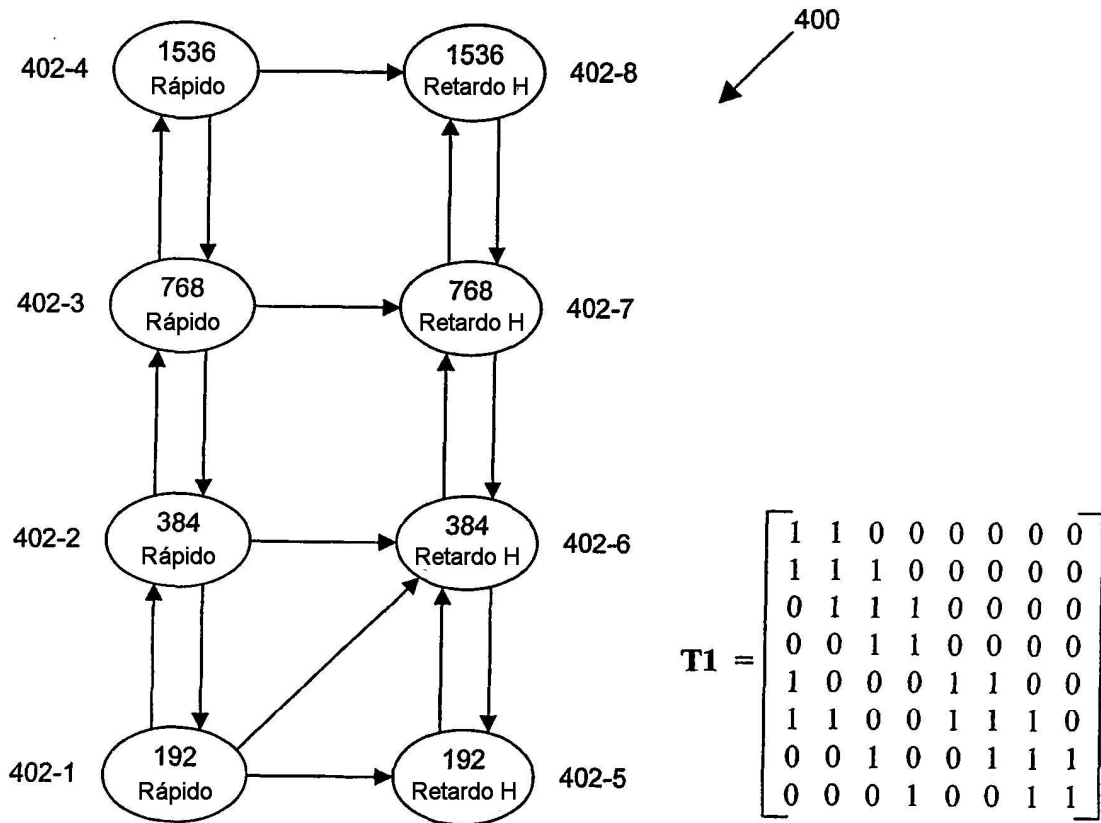


Figura 3A





**Figura 4**



$$T1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T2 = \begin{bmatrix} 3 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 2 & 3 & 0 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 1 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 4 & 8 & 6 & 7 & 8 & 8 \\ 6 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 7 \\ 1 & 6 & 7 & 3 & 0 & 5 & 6 & 0 \\ 5 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

## Figura 5

1. Requisitos de buen comportamiento

{RRDCm,ds = VÁLIDO o ERDCm,ds = VÁLIDO o EMDCm,ds = VÁLIDO}  
 y {RRDCm,us = VÁLIDO o ERDCm,us = VÁLIDO o EMDCm,us = VÁLIDO}

2. Requisitos de ningún mal comportamiento

{RRDCm,ds = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES}  
 y {ERDCm,ds = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES}  
 y {RMDCm,ds = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES}  
 y {RRDCm,us = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES}  
 y {ERDCm,us = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES}  
 y {RMDCm,us = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES}

si se desciende,

y {RCVDCn,ds = VÁLIDO o  
 RCVDCm,ds = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES o  
 ECVDCm,ds = VÁLIDO}  
 y {RNRDCn,ds = VÁLIDO o RNRDCm,ds = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES}

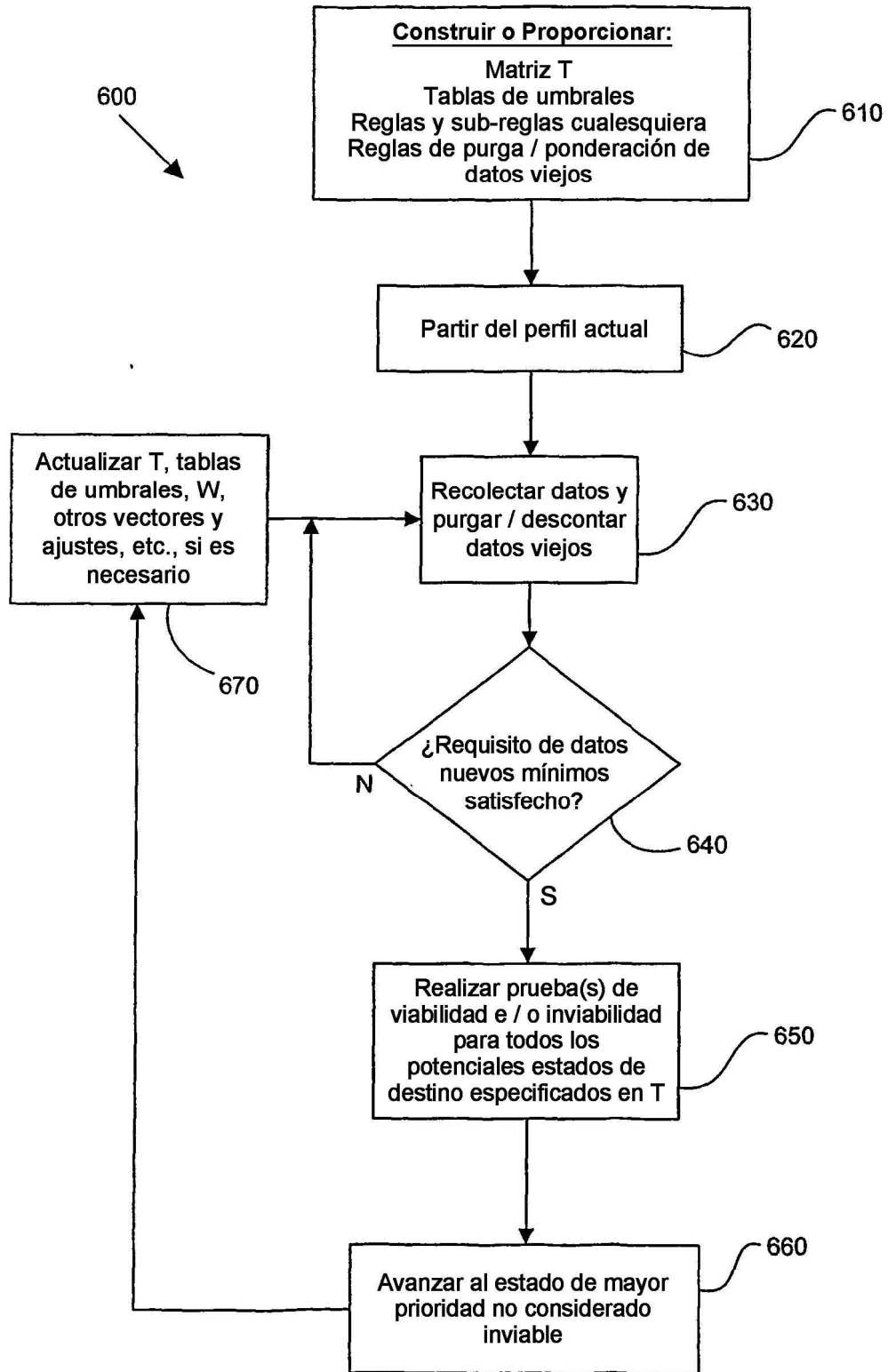
y {RCVDCn,us = VÁLIDO o  
 RCVDCm,us = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES o  
 ECVDCm,us = VÁLIDO}  
 y {RNRDCn,us = VÁLIDO o RNRDCm,us = VÁLIDO / DATOS\_INSUFICIENTES}

en caso contrario (ascendiendo o ni ascendiendo ni descendiendo)

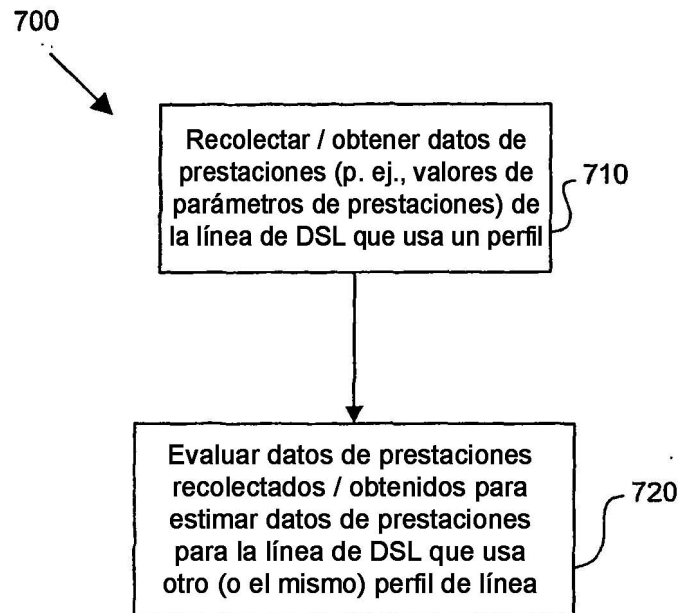
y {RCVDCm,ds = VÁLIDO o  
 (RCVDCm,ds = DATOS\_INSUFICIENTES y  
 [FEC(n) < FEC(m) o RCVDCn,ds = VÁLIDO]} o  
 ECVDCm,ds = VÁLIDO}  
 y {RNRDCm,ds = VÁLIDO o  
 (RNRDCm,ds = DATOS\_INSUFICIENTES y RNRDCn,ds = VÁLIDO)}

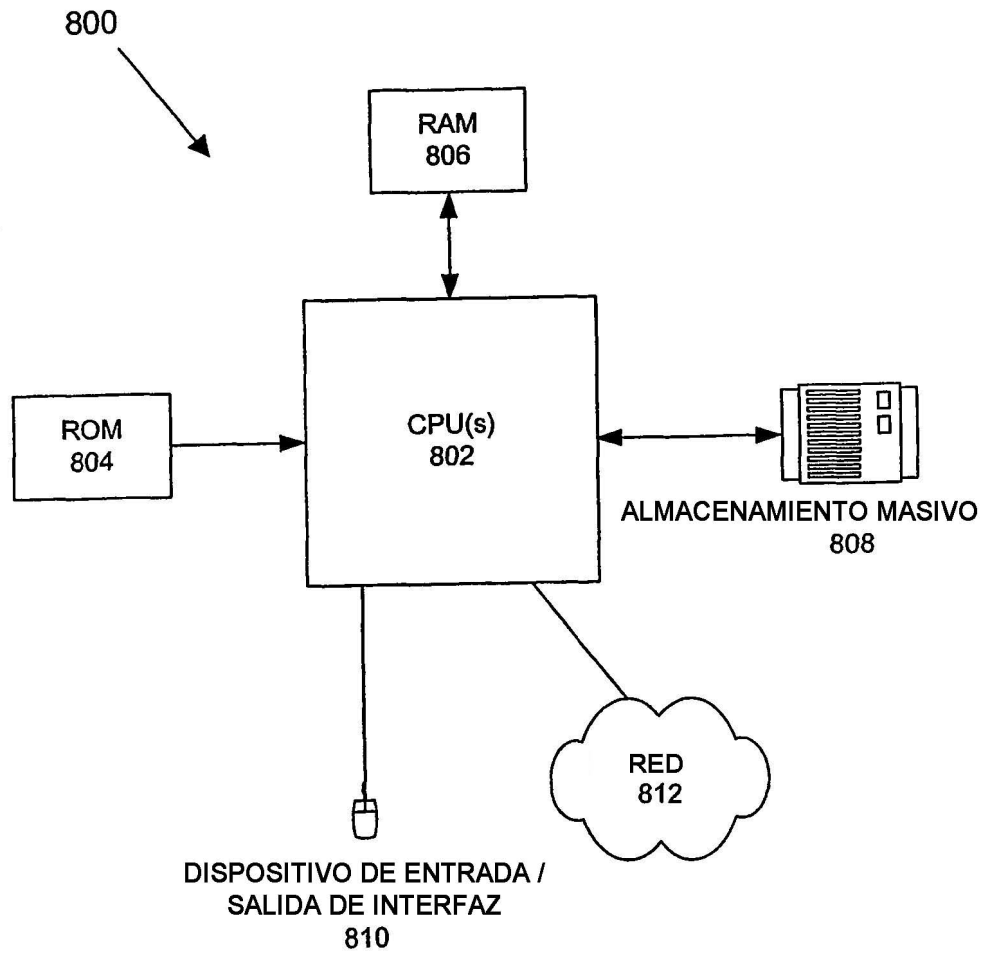
y {RCVDCm,us = VÁLIDO o  
 (RCVDCm,us = DATOS\_INSUFICIENTES y  
 [FEC(n) < FEC(m) o RCVDCn,us = VÁLIDO]} o  
 ECVDCm,us = VÁLIDO}  
 y {RNRDCm,us = VÁLIDO} o  
 (RNRDCm,us = DATOS\_INSUFICIENTES y RNRDCn,us = VÁLIDO)}

Figura 6



**Figura 7**





**Figura 8**