

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 569**

51 Int. Cl.:

H04Q 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2011 E 19162986 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3515086**

54 Título: **Método y aparato para detectar una unidad de red óptica maliciosa en una red óptica pasiva**

30 Prioridad:

13.08.2010 US 37333010 P
29.12.2010 US 98136510

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.03.2021

73 Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

HOOD, DAVID

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 812 569 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para detectar una unidad de red óptica maliciosa en una red óptica pasiva

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisional de los EE.UU. Nº 61/373.330, presentada el 13 de agosto de 2010.

10 CAMPO DE LA INVENCION

Las realizaciones de la invención se refieren generalmente al campo de las telecomunicaciones y más particularmente a las redes ópticas pasivas.

15 ANTECEDENTES

Una red óptica pasiva (PON) es un árbol óptico punto a multipunto, con una capacidad aguas arriba compartida según las asignaciones de tiempo por un terminal de línea óptica (OLT) que actúa como el nodo en la raíz del árbol óptico. Durante el tiempo asignado a cada unidad de red óptica (ONU), también denominado como período de ráfaga, la ONU transmite una ráfaga de luz modulada que contiene cualquier información que la ONU desea enviar aguas arriba. El formato de modulación puede transportar información mediante la modulación de fase o de frecuencia de uno o más portadores ópticos de potencia fija o mediante una multiplicidad de niveles de potencia óptica. En todas estas disposiciones de modulación, a la ONU se le permite transmitir potencia óptica en exceso de un umbral mínimo designado solamente durante su período de ráfaga asignado. A modo de ejemplo, y no como limitación, esta descripción supone una disposición de modulación que comprende dos niveles de potencia óptica, designados como cero lógico (baja potencia óptica) y uno lógico (alta potencia óptica). Entre ráfagas, puede requerirse que la ONU apague su dispositivo de transmisión óptica, de tal manera que transmita potencia óptica cero. Las normas permiten el tiempo de encendido y apagado al comienzo y al final de una ráfaga, respectivamente, durante el cual una ONU puede emitir una potencia óptica distinta de cero, pero no exceder el umbral mínimo especificado. Antes de que comience el tiempo de encendido, y después de que finalice el tiempo de apagado, se requiere que la ONU no transmita potencia óptica de forma eficaz.

El OLT controla el tamaño y la secuencia de ráfagas desde la pluralidad de ONU a través del llamado mapa de ancho de banda, que transmite a todas las ONU de vez en cuando. Cuando se construye su mapa de ancho de banda, el OLT reserva un intervalo, conocido como un espacio entre ráfagas, un tiempo de protección o un intervalo de protección, entre períodos de ráfaga adyacentes, de tal manera que las ráfagas no se superpondrán en circunstancias normales. Por lo tanto, se espera que cada par de ráfagas esté separado por un intervalo de oscuridad, durante el cual ninguna ONU debería estar transmitiendo potencia óptica, al menos un nivel de potencia por debajo del umbral de cero lógico. El intervalo mínimo de oscuridad o garantizado es igual al espacio entre ráfagas especificado por el mapa de ancho de banda, reducido por una tolerancia para el tiempo de encendido y apagado y por las asignaciones de incertidumbres de tiempo en las respuestas de las ONU. El tiempo de protección y las tolerancias están limitados por las normas. Por ejemplo, la Unión Internacional de Telecomunicaciones recomienda un período mínimo de protección de 64 bits en "G.987.2, 10-Gigabit-capable Passive Optical Networks (XG-PON): Physical Media Dependent (PMD) Layer Specification" (G.987.2, Redes Ópticas Pasivas con capacidad de 10 Gigabits (XG-PON): Especificación de Capa Dependiente de Medios Físicos (PMD)) (enero de 2010). En esta implementación ejemplar, las tolerancias acumuladas pueden reducir el intervalo de oscuridad garantizado a tan solo 16 bits.

Mientras la tecnología PON ofrece beneficios económicos sustanciales, tiene el riesgo de que una ONU defectuosa, un nodo en una de las hojas del árbol, pueda destruir parte o todo el tráfico en la PON transmitiendo luz continuamente o en momentos no autorizados. Tal ONU se conoce comúnmente como ONU maliciosa. La naturaleza multipunto a punto de la PON aguas arriba hace difícil identificar y aislar una ONU maliciosa.

Las soluciones existentes incluyen medios por los cuales una ONU puede vigilar su propio comportamiento. Por ejemplo, un temporizador de vigilancia puede apagar una ONU si su transmisor permanece encendido continuamente. También hay mensajes existentes desde el OLT para dirigir la ONU para que se apague, lo que puede ser efectivo si la ONU es capaz de recibir y responder a tales mensajes.

Se han propuesto técnicas de algoritmo para identificar y aislar una ONU maliciosa. Los algoritmos existentes implican, por ejemplo, deshabilitar todas las ONU y después habilitar de nuevo de una en una para buscar la ONU maliciosa; alternativamente, deshabilitar una ONU de una en una para buscar la maliciosa, o reorganizar la secuencia de asignación de ráfagas. Ya que estas técnicas interrumpen el servicio, generalmente no se invocan automáticamente, lo que significa que una ONU maliciosa puede interrumpir por sí misma el servicio durante un período prolongado de tiempo antes de que el personal de mantenimiento inicie los diagnósticos.

Hay documentos conocidos relacionados con redes ópticas pasivas (PON), a saber, US6650839, US2008/095532, WO2007/010518 y US2007/201867. Sin embargo, dispositivos y operaciones como en la invención que se han de describir ahora, no son descritos ni sugeridos en estos documentos. La técnica existente no proporciona manera de detectar la presencia de una ONU maliciosa distinta de la deducción basándose en fallo generalizado de PON o

rendimiento errático de PON, el último de los cuales solo puede reconocerse por las quejas de clientes. Esto facilitaría el proceso de diagnóstico para tener una indicación de qué ONU maliciosa está presente.

COMPENDIO DE LA INVENCION

5 La invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones de la invención incluyen un método según la reivindicación 1 realizado en un terminal de línea óptica en una red óptica pasiva para detectar una unidad de red óptica maliciosa entre una pluralidad de unidades de redes ópticas en la red óptica pasiva.

10 Las realizaciones de la invención incluyen un terminal de línea óptica según la reivindicación 6 para operar en una red óptica pasiva.

15 Las realizaciones de la invención incluyen un método según la reivindicación 9 realizado en un terminal de línea óptica en una red óptica pasiva para detectar una unidad de red óptica maliciosa entre una pluralidad de unidades de redes ópticas en la red óptica pasiva.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20 La presente invención se ilustra a modo de ejemplo, y no a modo de limitación, en las figuras de los dibujos adjuntos, en los que referencias similares indican elementos similares. Se debería observar que las diferentes referencias a "una" o "una" realización en esta descripción no son necesariamente a la misma realización, y tales referencias significan al menos una. Además, cuando un distintivo, estructura o característica particular se describe en relación con una realización, se afirma que es del conocimiento de un experto en la técnica efectuar tal distintivo, estructura o característica en relación con otras realizaciones si se ha descrito o no explícitamente

25 La invención se puede comprender mejor haciendo referencia a la siguiente descripción y los dibujos adjuntos que se utilizan para ilustrar las realizaciones de la invención. En los dibujos:

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método realizado en un OLT para detectar una ONU maliciosa que opera en una PON.

30 La figura 2 es un gráfico que ilustra la potencia óptica recibida en un OLT durante un período de tiempo que incluye una ráfaga de luz de una ONU maliciosa con detección falsa basada en la medición de la potencia óptica recibida durante el intervalo mínimo de oscuridad esperado.

La figura 3 es un gráfico que ilustra la potencia óptica recibida en un OLT durante un período de tiempo que incluye una ráfaga de luz de una ONU maliciosa con detección falsa basada en recuentos de ráfagas e intervalos de oscuridad.

35 La figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra una PON que incluye un OLT y una pluralidad de ONU según las realizaciones de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

40 La siguiente descripción describe métodos y aparatos para detectar una ONU maliciosa en una PON. En la siguiente descripción, numerosos detalles específicos, tales como implementaciones lógicas, códigos de operación, medios para especificar operandos, implementaciones de partición/reparto/duplicación de recursos, tipos e interrelaciones de componentes del sistema, y elecciones de partición/integración lógica se establecen con el fin de proporcionar una mayor comprensión profunda de la presente invención. Sin embargo, un experto en la técnica apreciará que la invención puede ponerse en práctica sin tales detalles específicos. En otros casos, las estructuras de control, los circuitos de nivel de puerta y las secuencias de instrucciones completas de software no se han mostrado en detalle con el fin de no ocultar la invención. Esos expertos en la técnica, con las descripciones incluidas, serán capaces de implementar la funcionalidad apropiada sin excesiva experimentación.

50 Las referencias en la especificación a "una realización", "una realización", "una realización ejemplar", etc., indican que la realización descrita puede incluir un distintivo, estructura o característica particular, pero no todas las realizaciones incluyen necesariamente el distintivo, estructura, o característica particular. Además, tales frases no se refieren necesariamente a la misma realización. Además, cuando un distintivo, estructura o característica particular se ha descrito en relación con una realización, se afirma que es del conocimiento de un experto en la técnica efectuar tal distintivo, estructura o característica en relación con otras realizaciones, si se han descrito o no explícitamente.

60 En la siguiente descripción y reivindicaciones, se pueden usar los términos "acoplado" y "conectado", junto con sus derivados. Debería comprenderse que estos términos no están destinados a ser sinónimos entre sí. "Acoplado" se utiliza para indicar que dos o más elementos, que pueden estar o no en contacto físico o eléctrico directo entre sí, cooperan o interactúan entre sí. "Conectado" se utiliza para indicar el establecimiento de comunicación entre dos o más elementos que están acoplados entre sí.

65 Para facilitar la comprensión, las líneas discontinuas se utilizan en las figuras para indicar la naturaleza opcional de ciertos elementos (por ejemplo, distintivos no soportados por una implementación dada de la invención o características soportadas por una implementación determinada, pero utilizadas en algunas situaciones y no en otras).

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método realizado en un OLT para detectar una ONU maliciosa que opera en una PON. El OLT comienza midiendo la potencia óptica recibida durante el intervalo mínimo de oscuridad de un espacio entre ráfagas, bloque 100. El OLT a continuación determina si el espacio entre ráfagas es anómalo, bloque 105.

Como se ha descrito, un OLT controla la asignación de períodos de ráfaga a una pluralidad de ONU en la PON. Así, el OLT sabe cuántos períodos de ráfaga y cuántos espacios entre ráfagas, que es el tiempo asignado entre dos períodos de ráfaga, se espera durante un intervalo dado. Además, el OLT sabe cuánto tiempo de oscuridad garantizado debería ocurrir durante un intervalo de oscuridad entre dos ráfagas, y cuántos intervalos de oscuridad se esperan. El número esperado de ráfagas e intervalos de oscuridad durante un período determinado difiere a lo sumo en 1, dependiendo de si, durante un período de observación de múltiples ráfagas especificado, los intervalos de oscuridad se agrupan entre ráfagas de luz, las ráfagas se agrupan por intervalos de oscuridad o el período especificado comienza con uno y termina con el otro.

Por lo tanto, en una realización, una anomalía PON es evidente porque el OLT puede hacer una comparación inteligente entre el número de ráfagas esperadas durante el período de observación de múltiples ráfagas, el número de ráfagas recibidas y el número de intervalos de protección de oscuridad observados. El OLT puede entonces basar su decisión de que una anomalía está presente en si estos valores son iguales o aproximadamente iguales en el transcurso de un intervalo de tiempo. En otra realización, puede ser igualmente adecuado contar el número de espacios entre ráfagas en los que se observa una potencia óptica distinta de cero. En este caso, cualquier observación de este tipo es anómala porque se ha recibido durante un intervalo entre ráfagas.

Si el OLT determina que un espacio entre ráfagas no es anómalo, entonces el OLT continúa de nuevo hacia el bloque 100 cuando se espera otro espacio entre ráfagas. Si el OLT determina que el espacio entre ráfagas es anómalo, entonces el OLT realiza un procesamiento adicional.

En una realización, el OLT registra un identificador correspondiente con la ONU que ha enviado la ráfaga de luz anterior y un identificador correspondiente a la ONU que ha enviado la ráfaga de luz posterior, bloque 110. Los identificadores de ONU anteriores y posteriores pueden ayudar a los administradores a solucionar problemas de la PON en un momento posterior, en el caso de que el modo de fallo de la ONU maliciosa sea transmitir una ráfaga más amplia que la autorizada, o en el momento incorrecto.

El OLT continúa incrementando un recuento de la cantidad de intervalos anómalos que el OLT ha observado, bloque 115. El OLT a continuación determina si el recuento de anomalías ha excedido un umbral de recuento de anomalías predefinido, bloque 120. En el caso de que el umbral no se haya excedido, el OLT continúa de nuevo al bloque 100 cuando se espera otro espacio entre ráfagas. En el caso de que se haya excedido el umbral, El OLT continúa, bien con el bloque 125, o bien con el bloque 130 dependiendo de la realización. Se apreciará que el valor de umbral se puede configurar a cero, de tal manera que cualquier anomalía desencadene una respuesta 125 o 130. En el bloque 125, el OLT inicia los diagnósticos para identificar la ONU maliciosa entre una pluralidad de ONU. Ya que una ONU maliciosa, por definición, no cumple con las especificaciones técnicas de la PON, El OLT inicialmente puede no tener conocimiento de cuál de la pluralidad de ONU es la ONU maliciosa. Así, los diagnósticos que identifican con precisión la ONU maliciosa como una ONU específica o una de un subconjunto de ONU permitirán a los administradores abordar y corregir problemas técnicos con la ONU maliciosa. En el bloque 130, El OLT declara una alarma y después continúa de nuevo al bloque 100 cuando se espera otro espacio entre ráfagas. En otras realizaciones, El OLT inicia automáticamente los diagnósticos para identificar la ONU maliciosa, bloque 125, y también declara una alarma asociada con la ONU maliciosa, bloque 130.

En una realización, al final del período de observación de múltiples ráfagas, el recuento de anomalías se borra (no se muestra en la figura 1), y comienza el siguiente período de observación. En otra realización, el recuento de anomalías se reduce periódicamente (no se muestra en la figura 1) y puede que no haya un período de observación explícito. Estos detalles impiden que eventos aleatorios llenen eventualmente el contador de anomalías.

La figura 2 es un gráfico que ilustra una potencia óptica recibida en un OLT durante un período de tiempo que incluye una ráfaga de luz desde una ONU maliciosa. En la figura 2, se evita el etiquetado duplicado para impedir confusiones en la figura. El eje 201 horizontal indica el paso del tiempo. El eje 202 vertical indica la potencia óptica recibida en el OLT. Durante el período de tiempo que se muestra en la figura 2, el OLT ha asignado ocho períodos de ráfaga 225A-H, que por conveniencia se muestran como que son de igual tamaño. Cada uno de los ocho períodos de ráfaga 225A-H está precedido por un espacio entre ráfagas 227A-H (solo el espacio entre ráfagas 227B está etiquetado en la figura 2). Cada espacio entre ráfagas comprende un intervalo mínimo de oscuridad 230A-H (solamente 230B, 230F y 230G están etiquetados en la figura 2) rodeados por dos tiempos de tolerancia 220A-H (solamente 220A está etiquetado en la figura 2). Durante los períodos de ráfaga 225A-H, el OLT está preparado para recibir potencia óptica de una pluralidad de ONU. En el esquema de modulación utilizado para la ilustración, la potencia óptica varía entre una intensidad más baja que representa un cero lógico y una intensidad más alta que representa un uno lógico. En la figura 2, el OLT recibe ráfagas de las ONU 215A-H. Cada ráfaga 215A-H representa una serie de ceros lógicos y unos lógicos recibidos en el OLT. Durante los intervalos 227A-H entre ráfagas, el OLT

espera que una ONU transmita previamente para dejar de transmitir y espera recibir menos potencia óptica que un cero lógico, y no recibir potencia óptica durante cada uno de los intervalos mínimos de oscuridad 230A-H. Durante los intervalos mínimos de oscuridad correctamente transmitidos, tal como el 230B, el OLT mide la potencia óptica recibida efectivamente en cero, y determina que el espacio entre ráfagas 227B correspondiente no es anómalo.

5 En la figura 2, el OLT comienza recibiendo una ráfaga desde una ONU 250 maliciosa durante el período de ráfaga 225E. La ráfaga 250 maliciosa se muestra en una caja sombreada que finaliza durante el período de ráfaga 225G. La ráfaga 250 maliciosa interferirá con las ráfagas 215E-G transmitidas apropiadamente, interrumpiendo efectivamente la operación de la PON. Debido a la naturaleza de una PON que es que el OLT recibe comunicación
10 de una pluralidad de ONU en una sola fibra, el OLT puede desconocer o no estar seguro de si se está transmitiendo una ráfaga maliciosa durante el período de ráfaga 225E ya que el OLT está esperando recibir potencia desde una ONU asignada distinta de la ONU maliciosa. Sin embargo, ya que el OLT espera recibir poca o ninguna potencia óptica durante los intervalos mínimos de oscuridad 230F-G, el OLT es capaz de detectar la transmisión maliciosa basada en la potencia óptica distinta de cero medida durante los intervalos mínimos de oscuridad 230F-G esperados
15 de espacios entre ráfagas 227F-G. La detección del OLT de la transmisión maliciosa se muestra en 240A-B, donde el OLT está recibiendo más potencia óptica que la que representa un cero lógico, o recibe un nivel al menos igual a un cero lógico, durante los intervalos mínimos de oscuridad 230F-G. El OLT, por lo tanto, determina que los espacios entre ráfagas 227F y 227G son anómalos.

20 La figura 3 es un gráfico similar al de la figura 2, que también ilustra una potencia óptica recibida en un OLT durante un período de tiempo que incluye una ráfaga de luz de una ONU maliciosa. Debajo del gráfico que muestra la potencia óptica recibida a lo largo del tiempo, la figura 3 muestra los contadores de las ráfagas reales y esperadas y los espacios entre ráfagas. Los contadores se muestran durante un período de tiempo, un período 359 de observación que empieza al comienzo de la ráfaga 325A. Se apreciará que el período de observación puede
25 empezar en cualquier momento y puede ser de cualquier tamaño, incluyendo tan solo una sola ráfaga o un solo espacio entre ráfagas. En la figura 3, el OLT recibe ráfagas de las ONU 315A-H. Cada ráfaga 315A-H representa una serie de ceros lógicos y unos lógicos recibidos en el OLT. Durante los espacios entre ráfagas 327A-H, el OLT espera a que una ONU transmita previamente para dejar de transmitir y espera recibir menos potencia óptica que un cero lógico, y ninguna potencia óptica durante cada uno de los intervalos mínimos de oscuridad 330A-H. La figura 3 muestra contadores que rastrean el número de ráfagas 370 esperadas, el número de espacios entre ráfagas 390
30 esperados y el número de ráfagas 360 reales y espacios 380 observados.

En la figura 3, el OLT comienza recibiendo una ráfaga desde una ONU 350 maliciosa durante el período de ráfaga 325E. La ráfaga 350 maliciosa se muestra en una caja sombreada que finaliza durante el período de ráfaga 325G. La potencia recibida desde la ONU maliciosa impide que el OLT incremente, bien el contador de ráfaga 360 real o bien el contador de espacio 380 real, que por lo tanto se desvían de sus valores esperados durante el intervalo de la transmisión maliciosa. Por lo tanto, el OLT es capaz de detectar la transmisión maliciosa comparando los valores de contador real y esperado. Se apreciará que, si el intervalo de observación ha abarcado solamente las ráfagas 325E-
35 F, por ejemplo, que el único espacio entre ráfagas 327F esperado produciría una indicación de anomalía como entrada al contador de anomalías 115 de la figura 1.

La figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra una PON que incluye un OLT y una pluralidad de ONU según las realizaciones de la invención. En la figura 4, una ubicación 400 del proveedor de servicios comprende un OLT 405
45 acoplado con un conmutador 410 de agregación. El conmutador de agregación acopla una PON 412 servida por el OLT 405 con otra red 490. En una realización, la otra red 490 es internet, mientras que en otras realizaciones, la otra red 490 comprende: una red de transporte troncal de operador de telecomunicaciones, otra red de área amplia o una red Ethernet de metro. El OLT 405 está acoplado a una red de distribución óptica (ODN) 415. La ODN 415 comprende una serie de fibras ópticas y divisores entre el OLT 405 y la pluralidad de ONU 420A-C y 425A-B en el PON 412. El OLT 405 está acoplado a la ODN 415 con una o más fibras ópticas con, en la dirección aguas arriba,
50 cada fibra óptica que lleva en última instancia la potencia óptica de una o más ONU. El OLT 405 detecta la luz en una fibra óptica a través de un transceptor óptico que además es capaz de transmitir luz bajo la fibra hacia las ONU. La figura 4 muestra una pluralidad de ONU 420A-C y 425A-B acopladas a la ODN 415. Cada una de las una o más ONU, también conocidas como terminales de red óptica (ONT), convierte las señales ópticas a señales eléctricas para su entrega mediante otro medio, tal como el cobre o de manera inalámbrica. Una ONU típica permite que una conexión de fibra óptica proporcione múltiples servicios a un abonado, tal como un servicio telefónico ordinario (POTS), datos de Internet y video.

En la figura 4, la PON 412 comprende conexiones de fibra óptica a dos hogares 421B y 421C. Cada una de las ONU 420B-C correspondientes sirve a los abonados en los hogares. Estas conexiones se conocen como Fibra Hasta el Hogar (FTTH, del inglés, Fiber-To-The-Home). La FTTH está optimizada para hogares unifamiliares.
60

La PON 412 comprende además conexiones de Fibra a las Instalaciones (FTTP, del inglés, Fiber-To-The-Premises) y Fibra hasta la acometida del edificio (FTTB, del inglés, Fiber-To-the-Building). Las conexiones FTTP y las conexiones FTTB se refieren a la entrega de fibra óptica que termina antes de llegar a la sala de estar o área de trabajo de los abonados. Por ejemplo, 421A es una unidad de vivienda multifamiliar tal como un complejo de apartamentos con una conexión FTTP terminada en la ONU 420A. A continuación, el complejo de apartamentos
65

proporciona servicio a uno o más abonados a través de cualquier tecnología de red, tal como un par trenzado convencional, cable coaxial, comunicación inalámbrica, de línea eléctrica o incluso una red óptica in situ. De manera similar, un edificio de oficinas tal como el 426 tiene una conexión FTTB que termina en la ONU 425A. A continuación, la ONU 425A convierte la comunicación de fibra óptica a otras tecnologías de red para su distribución a los abonados dentro del edificio de oficinas 426.

La PON 412 comprende además una conexión de fibra a la acera (FTTC, del inglés, Fiber-To-The-Curb) terminada en la ONU 425B. Con las conexiones FTTC, la ODN termina cerca de la ubicación de varios clientes y se utiliza alguna otra forma de banda ancha para acoplar a cada cliente con la ONU. En una realización, la banda ancha de línea de abonado digital (DSL) se utiliza para acoplar abonados a la ONU. En la figura 4, la ONU 425B está acoplada a un multiplexor de acceso DSL (DSLAM) 430. El DSLAM 430 proporciona una conexión de datos con los módems DSL 435A-B, que permiten a los abonados en los hogares 436A-B acceder a los servicios de datos proporcionados por la ONU 425B. Otras realizaciones pueden utilizar otras tecnologías de banda ancha para acoplar la ONU 425B con abonados (por ejemplo, par trenzado de categoría 5 o 6, cable coaxial, comunicación inalámbrica, por línea eléctrica o incluso una red óptica secundaria). Las ONU 425A-B se muestran más grandes que las 420A-C de la ONU para indicar que algunas ONU pueden diseñarse para servir a más abonados, como es típico de las ONU que proporcionan conexiones FTTB y FTTC, en comparación con las ONU que proporcionan conexiones FTTP y FTTH.

Realizaciones alternativas

Si bien los diagramas de flujo en las figuras muestran un orden particular de operaciones realizadas por ciertas realizaciones de la invención, debe entenderse que dicho orden es ejemplar (por ejemplo, realizaciones alternativas pueden realizar las operaciones en un orden diferente, combinar ciertas operaciones, superponer ciertas operaciones, etc.).

Mientras que la invención se ha descrito en términos de varias realizaciones, los expertos en la técnica reconocerán que la invención no está limitada a las realizaciones descritas, se puede poner en práctica con modificaciones y alteraciones dentro del espíritu y alcance de las reivindicaciones adjuntas. La descripción debe considerarse así como ilustrativa en lugar de limitativa.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método realizado en un terminal de línea óptica, OLT, en una red óptica pasiva, PON, para detectar una unidad de red óptica, ONU maliciosa, que opera entre una pluralidad de ONU en la PON, el método comprende Las operaciones de:
- 10 recibir una pluralidad de ráfagas de luz desde la pluralidad de ONU, cada una de la pluralidad de ráfagas de luz separada de las otras ráfagas de luz por un espacio entre ráfagas que contiene un intervalo mínimo de oscuridad durante el cual el OLT no espera recibir potencia óptica;
- 15 determinar (105) si uno o más de los espacios entre ráfagas han sido anómalos basándose, al menos, en la potencia óptica (100) recibida durante uno o más de los intervalos mínimos de oscuridad; y declarar (130) una alarma si se determina que uno o más de los espacios entre ráfagas ha sido anómalo.
- 20 2. El método de la reivindicación 1, que comprende además las operaciones de:
- 15 contar el número de intervalos de oscuridad observados durante un período de observación que incluye uno o más e los intervalos de oscuridad esperados; y
- 20 determinar además si uno o más de los espacios entre ráfagas han sido anómalos basándose en el número de intervalos de oscuridad observados durante el período de observación, en comparación con el número de intervalos de oscuridad esperados.
3. El método de la reivindicación 1, que comprende además las operaciones de:
- 25 medir (100) la potencia óptica que se ha recibido durante uno o más intervalos mínimos de oscuridad; y en respuesta a la determinación de que la potencia óptica recibida ha excedido un umbral de potencia óptica distinto de cero durante uno o más de los intervalos mínimos de oscuridad, (105), determinar que esos espacios entre ráfagas han sido anómalos.
- 30 4. El método de la reivindicación 1, que comprende además las operaciones de:
- 35 en respuesta a la determinación de que uno o más de los espacios entre ráfagas han sido anómalos, incrementar un recuento de anomalías (115) que indica que se ha detectado una ONU maliciosa cuando se excede un umbral de recuento de anomalías; y en donde la declaración de la alarma asociada es en respuesta al recuento de anomalías que exceden el umbral de recuento de anomalías.
5. El método de la reivindicación 1, que comprende además las operaciones de:
- 40 en respuesta a la recepción de un espacio entre ráfagas anómalo, determinar los identificadores asociados con la ONU que ha transmitido la ráfaga de luz inmediatamente anterior y la ONU que ha transmitido la ráfaga de luz inmediatamente posterior; y en respuesta a la recepción de un espacio entre ráfagas anómalo, registrar (110) el identificador asociado con una ráfaga de luz inmediatamente anterior y registrar el identificador asociado con una ráfaga de luz inmediatamente posterior.
- 45 6. Un terminal de línea óptica (405), OLT, para operar en una red óptica pasiva, PON, incluyendo el OLT un transceptor óptico para recibir ráfagas de luz y el OLT configurado para:
- 50 determinar (105) si un espacio entre ráfagas entre dos ráfagas de luz ha sido anómalo basándose en la potencia óptica recibida durante un intervalo mínimo de oscuridad en el espacio entre ráfagas; y declarar una alarma (130) si se determina que el espacio entre ráfagas ha sido anómalo.
7. El OLT de la reivindicación 6, configurado además para:
- 55 en respuesta a la determinación de que el espacio entre ráfagas ha sido anómalo, incrementar (115) un recuento de anomalías que indica que se ha detectado una ONU maliciosa cuando se excede un umbral de recuento de anomalías; y en donde el OLT declara la alarma asociada en respuesta al recuento de anomalías que excede el umbral de recuento de anomalías.
- 60 8. El OLT de la reivindicación 6, configurado además para:
- 65 en respuesta a la recepción de un espacio entre ráfagas anómalo, determinar los identificadores asociados con la ONU que ha transmitido la ráfaga de luz inmediatamente anterior y la ONU que ha transmitido la ráfaga de luz inmediatamente posterior; y en respuesta a la recepción de un espacio entre ráfagas anómalo, registrar (110) el identificador asociado con

una ráfaga de luz inmediatamente anterior y registrar el identificador asociado con una ráfaga de luz inmediatamente posterior.

5 9. Un método realizado en un terminal de línea óptica (405), OLT, en una red óptica pasiva, PON, para detectar una unidad de red óptica, ONU maliciosa, que opera entre una pluralidad de ONU en la PON, comprendiendo el método las operaciones de:

10 recibir (100) una pluralidad de ráfagas de luz desde la pluralidad de ONU, cada una de la pluralidad de ráfagas de luz separadas de las otras ráfagas de luz por un espacio entre ráfagas que contiene un intervalo mínimo de oscuridad durante el cual el OLT espera no recibir potencia óptica;
determinar (105) si uno o más de los espacios entre ráfagas han sido anómalos basándose, al menos, en la potencia óptica recibida durante uno o más de los intervalos mínimos de oscuridad; y
en respuesta a la determinación de que uno o más de los espacios entre ráfagas han sido anómalos, iniciar (125) automáticamente el diagnóstico para identificar la ONU maliciosa entre la pluralidad de ONU.

15 10. El método de la reivindicación 9, que comprende además las operaciones de:

20 contar el número de intervalos de oscuridad durante un período de observación que incluye uno o más intervalos mínimos de oscuridad; y
determinar además si uno o más espacios entre ráfagas han sido anómalos basándose en el número observado de intervalos de oscuridad durante el período de observación, comparado con el número de intervalos esperados de oscuridad.

25 11. El método de la reivindicación 9, que comprende además las operaciones de:

medir (105) la potencia óptica que se ha recibido durante uno o más intervalos mínimos de oscuridad; y
en respuesta a la determinación de que la potencia óptica recibida ha excedido un umbral de potencia óptica distinto de cero durante uno o más de los intervalos mínimos de oscuridad, determinar (105) que esos espacios entre ráfagas han sido anómalos.

30 12. El método de la reivindicación 9, que comprende además las operaciones de:

35 en respuesta a la determinación de que uno o más de los espacios entre ráfagas han sido anómalos, incrementar (115) un recuento de anomalías que indica que se ha detectado la ONU maliciosa cuando se excede un umbral de recuento de anomalías; y
en donde el inicio automático de diagnósticos para identificar una ONU maliciosa entre la pluralidad de ONU es en respuesta al recuento de anomalías que excede el umbral de recuento de anomalías.

40 13. El método de la reivindicación 9, que comprende además las operaciones de:

45 en respuesta a la recepción de un espacio entre ráfagas anómalo, determinar identificadores asociados con la ONU que ha transmitido la ráfaga de luz inmediatamente anterior y la ONU que ha transmitido la ráfaga de luz inmediatamente posterior; y
en respuesta a la recepción de un espacio entre ráfagas anómalo, registrar (110) el identificador asociado con una ráfaga de luz inmediatamente anterior y registrar el identificador asociado con una ráfaga de luz inmediatamente posterior.

Figura 1

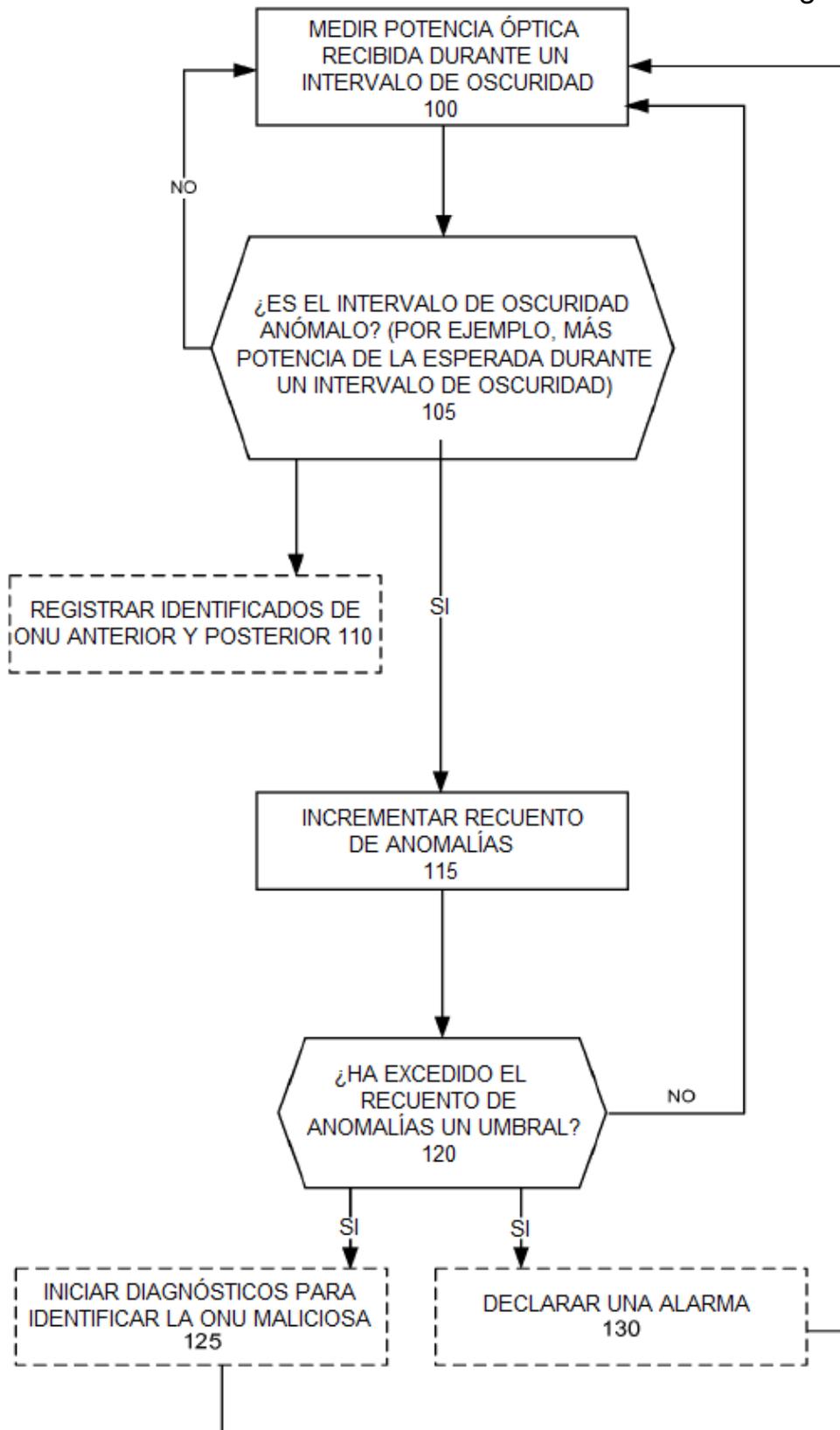


Figura 2

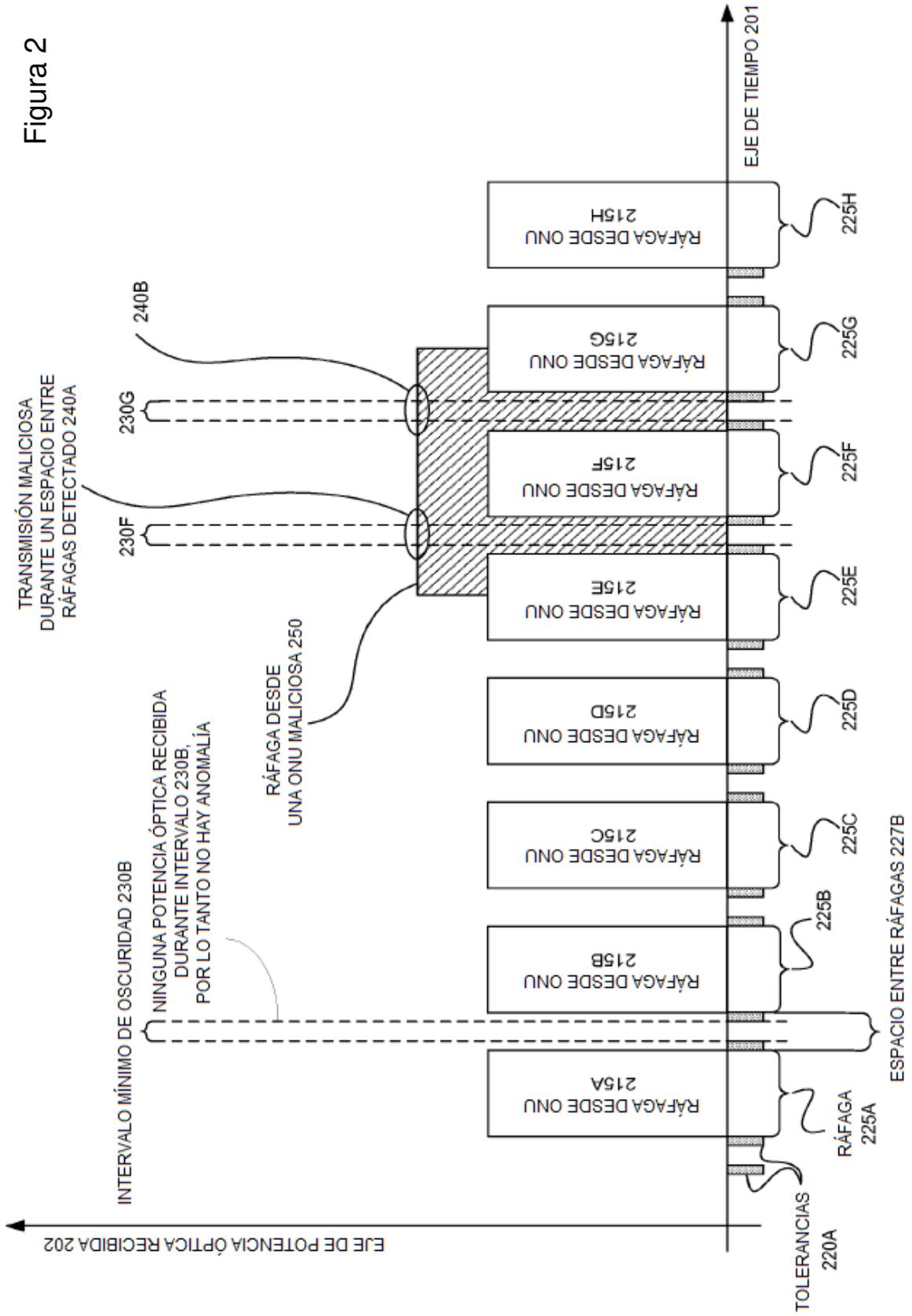


Figura 3

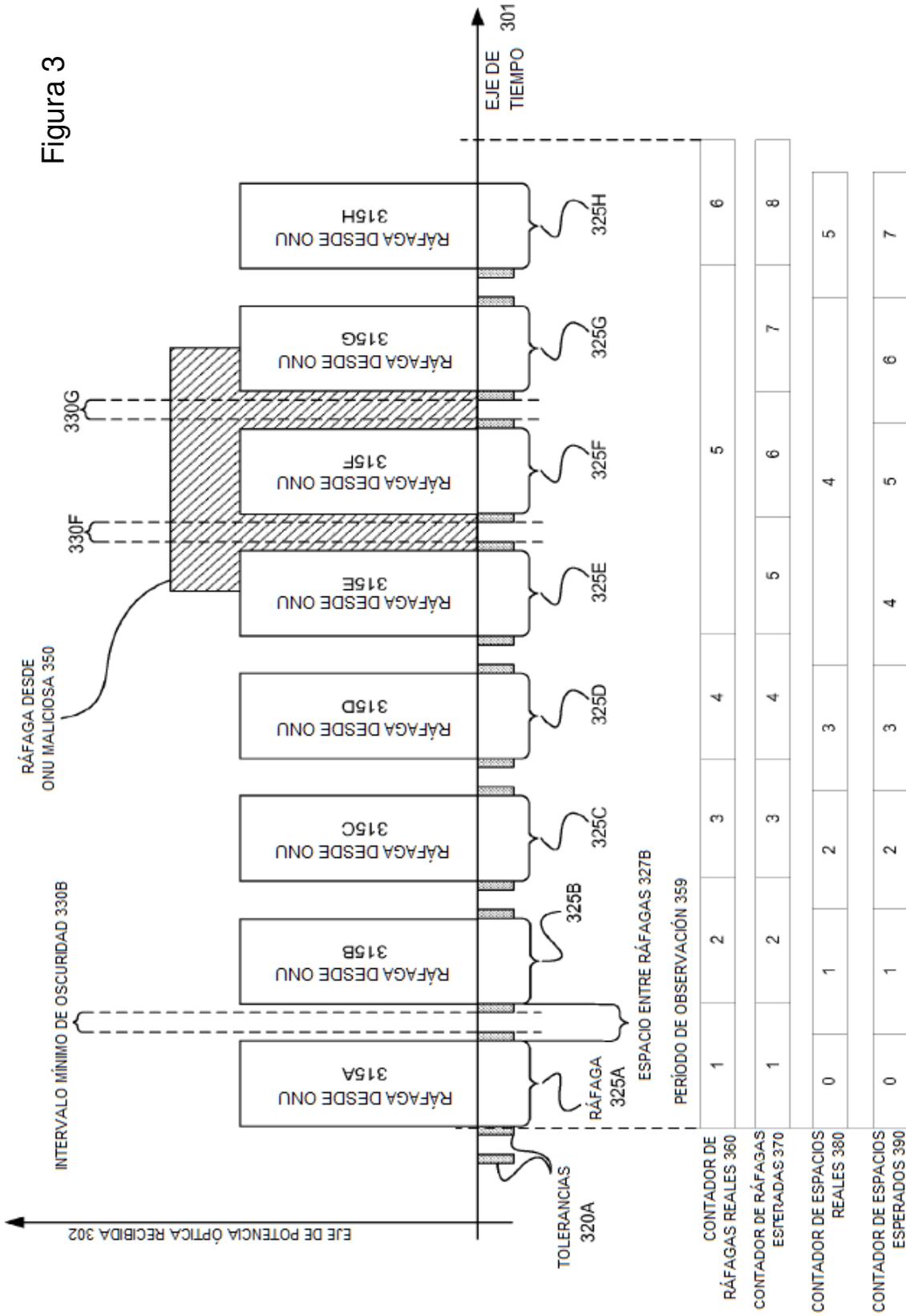


Figura 4

