



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 306**

51 Int. Cl.:
H04B 10/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06020615 .8**

96 Fecha de presentación : **29.09.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1906563**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.04.2008**

54

Título: **Procedimiento, sistema de comunicación y unidad de comunicación central para detectar una unidad de comunicación periférica defectuosa.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.09.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.09.2011

73

Titular/es:
**Nokia Siemens Networks GmbH & Co. KG.
St. Martin Strasse 76
81541 München, DE**

72

Inventor/es: **Fonseca, Daniel;
Hajduczenia, Marek;
Monteiro, Paulo y
Silva, Henrique**

74

Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 365 306 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

5 En una red de telecomunicaciones las denominadas “redes de acceso” conectan abonados de negocio y domésticos a las oficinas centrales de los proveedores de servicios. Las oficinas centrales, a su vez, están conectadas a redes de área metropolitana (MAN, *Metropolitan Area Network*) o redes de área amplia (WAN, *Wide Area Network*). Las redes de acceso también se denominan habitualmente “último tramo” o “primer tramo”, en los que la última expresión enfatiza su importancia para los abonados. En las redes de acceso actuales, las compañías telefónicas despliegan tecnologías de bucles de abonado digital (xDSL, *digital subscriber loop*) y las compañías de cable despliegan módems de cable.

10 Normalmente, las redes de acceso consisten en sistemas híbridos de fibra y coaxial (HFC, *Hybrid Fiber Coax*) con una red de suministro basada en fibra óptica entre la oficina central y el nodo remoto y una red de distribución eléctrica entre el nodo remoto y los abonados. Estas tecnologías de acceso son incapaces de proporcionar suficiente ancho de banda a las redes de área local (LAN, *Local Area Network*) de Ethernet de gigabit de alta velocidad actuales y los servicios en evolución, por ejemplo, juegos distribuidos o vídeo a la carta. Las futuras soluciones de primer tramo no sólo tienen que proporcionar más ancho de banda sino también tienen que cumplir las restricciones sensibles al coste de las redes de acceso que surgen del pequeño número de abonados que comparten los costes.

15 Una “red óptica pasiva” (PON, *Passive Area Network*) es una red de acceso óptico punto-a-multipunto sin elementos activos en el trayecto de señal de la fuente al destino. Se conoce un ejemplo de una PON de los documentos US 5760940 A (FRIGO NICHOLAS), de 2 de junio de 1998 y EP 0786878 (AT&T CORP), de 30 de julio de 1997. En este caso todas las transmisiones se realizan entre un OLT (terminal de línea óptica) y diversas ONU (unidades de red óptica). El OLT se encuentra en la oficina central de los proveedores de servicios de red y conecta la red de acceso óptico a la red de área metropolitana (MAN) o red de área amplia (WAN), a las que también se hace referencia como “parte troncal” de la red de telecomunicaciones.

20 Por otro lado las ONU están ubicadas en las ubicaciones de usuario final y proporcionan servicios de datos, voz y vídeo de banda ancha. Las redes ópticas pasivas (PON) tratan el último tramo de la infraestructura de comunicación entre la oficina central (CO, *central office*) del proveedor de servicio, un extremo de cabecera o punto de presencia (PoP, *point of presence*) y ubicaciones de cliente de negocio o doméstico. Datos, voz y vídeo deben ofrecerse a lo largo de la misma conexión de alta velocidad con garantías de calidad de servicio (QoS, *Quality of Service*) y la capacidad de adquirir ancho de banda en función de la necesidad.

25 Las PON de Ethernet (EPON) han captado una gran cantidad de interés tanto en la industria como en ámbitos académicos como una prometedora solución rentable de redes de acceso de banda ancha de última generación. Las EPON transportan datos encapsulados en tramas de Ethernet, lo que hace sencillo transportar paquetes de IP y simplifica la interoperabilidad con las LAN de Ethernet instaladas. Las EPON representan la convergencia de equipos de Ethernet de bajo coste (conmutadores, tarjetas de interfaz de red (NIC, *network interface card*)) y arquitecturas de fibra de bajo coste. Además, dado el hecho de que la mayoría de tráfico de datos actual se origina y termina en las LAN de Ethernet, las EPON parecen ser un lógico candidato para las soluciones de primer tramo futuras. El principal organismo de normalización de EPON es el grupo de trabajo de IEEE 802.3ah. Este grupo de trabajo está desarrollando el denominado protocolo de control de multipunto (MPCP, *multipoint control protocol*) el cual arbitra el acceso de canal entre la oficina central y los abonados. El MPCP se usa para designar dinámicamente el ancho de banda ascendente (abonado-a-proveedor de servicio), lo que es el reto clave en el diseño de protocolo de acceso para las EPON.

30 Normalmente, las PON tienen una topología física de árbol con la oficina central ubicada en la raíz y los abonados conectados a los nodos de hoja del árbol (véase la figura 1). En la raíz del árbol está el terminal de línea óptica (OLT) que es el equipo de proveedor de servicio que se encuentra en la oficina central. El PON conecta el OLT a múltiples unidades de red óptica (ONU) (el equipo local de cliente) a través de un separador/combinador óptico 1:N. Una ONU puede servir como único abonado doméstico o de negocio, al que se hace referencia como fibra-al-hogar/negocio (FTTH/B, *Fiber-to-the-Home/Business*), o múltiples abonados, al que se hace referencia como fibra-a-la-acera (FTTC, *Fiber-to-the-curb*). Cada ONU almacena en memoria intermedia datos recibidos del/de los abonado(s) vinculado(s). En general, el tiempo de ida y vuelta (RTT, *round-trip time*) entre el OLT y cada ONU es diferente. Debido a las propiedades direccionales del separador/combinador óptico el OLT puede retransmitir datos a todas las ONU en la dirección descendente. En la dirección ascendente, sin embargo, las ONU no pueden comunicarse directamente entre sí. En su lugar, cada ONU sólo puede enviar datos al OLT. Por tanto, en la dirección descendente una PON puede considerarse una red de punto-a-multipunto y en la dirección ascendente, una PON puede considerarse una red multipunto-a-punto. Debido a este hecho, el protocolo de control de acceso a medios (MAC, *media access control*) de Ethernet original no funciona adecuadamente puesto que depende de un medio de retransmisión.

35 En la dirección ascendente, todas las ONU comparten el medio de transmisión, también denominado medio compartido. Para evitar colisiones, pueden usarse diversos enfoques. La multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*) se considera actualmente prohibitiva en cuanto al coste puesto que el OLT requeriría un receptor sintonizable o un conjunto receptor para recibir datos en múltiples canales de longitud de onda y se necesitaría equipar cada ONU con un transceptor específico de la longitud de onda. En el momento actual, la multiplexación por división de tiempo (TDM, *time division multiplexing*) se considera una solución más rentable. Con TDM, se precisa un único transceptor en el OLT y hay sólo un tipo de equipo de ONU.

El mecanismo de arbitraje de MPCP desarrollado por el grupo de trabajo de IEEE 802.3ah se usa para designar dinámicamente ventanas de transmisión ascendente que no se superponen (ranuras de tiempo) a cada ONU. Además de las operaciones de autodescubrimiento, registro, y cálculo de distancia (cálculo de RTT) para ONU recién añadidas, el MPCP proporciona la infraestructura de señalización (plano de control) para coordinar las transmisiones de datos de las ONU al OLT.

La idea básica es que el ancho de banda ascendente se divide en unidades de ancho de banda a través del TDM. Estas unidades se asignan a las ONU tal como determina el OLT según el algoritmo de DBA que se está usando. El OLT tiene el control sobre la asignación de estas unidades de ancho de banda. Estas unidades pueden asignarse sobre la marcha según sea necesario o pueden reservarse por adelantado. Por razones de eficacia, el OLT puede en general volver a asignar sobre la marcha cualquier unidad o fracción de unidades de ancho de banda reservadas que quede sin usar a otras ONU que pudieran hacer uso de ellas. Cada ONU tiene un conjunto de colas, posiblemente con prioridad, que contienen tramas de Ethernet listas para su transmisión ascendente al OLT. Un agente de DBA (DBA: *"Dynamic Bandwidth Allocation"*, asignación de ancho de banda dinámica) en el OLT calcula la planificación de transmisión ascendente de todas las ONU de modo que se evitan las colisiones de canal. Obsérvese que el MPCP no especifica ningún algoritmo de DBA en concreto. El MPCP simplemente proporciona un marco de trabajo para la implementación de diversos algoritmos de DBA. Después de ejecutar el algoritmo de DBA, el OLT transmite mensajes para emitir concesiones de transmisión. Cada mensaje puede soportar hasta cuatro concesiones de transmisión. Cada concesión de transmisión contiene el tiempo de inicio de transmisión y la longitud de transmisión de la ONU correspondiente. Cada ONU actualiza su reloj local usando la marca de tiempo contenida en cada concesión de transmisión recibida. Por tanto, cada ONU puede adquirir y mantener una sincronización global. El tiempo de inicio de transmisión se expresa como una marca de tiempo absoluta según esta sincronización global. Cada ONU envía tramas de Ethernet atrasadas durante su ventana de transmisión concedida usando su planificador intra-ONU local. El planificador intra-ONU planifica la transmisión de paquete a partir de las diversas colas locales. La ventana de transmisión puede comprender múltiples tramas de Ethernet; no se permite la fragmentación de paquete. En consecuencia, si la siguiente trama no encaja en la ventana de transmisión actual tiene que retrasarse hasta la siguiente ventana de transmisión concedida.

Según se ha descrito anteriormente, las ONU individuales no están al tanto de las transmisiones de otras ONU (puesto que el PSC es un dispositivo direccional, una ONU no puede ver la señal transmitida en sentido ascendente por cualquier otra ONU). Por tanto, la conectividad resultante parece similar a la arquitectura P2P, en la que un acceso gestionado centralmente al canal ascendente permite que sólo una única ONU a la vez entregue paquetes pendientes y no se permite a las ONU en su estado por defecto transmitir ningún dato a menos que el OLT lo conceda específicamente. De esta forma, se evitan las colisiones de datos, puesto que el controlador de OLT central está al tanto de las transmisiones planificadas desde las ONU individuales en todos y cada uno de los instantes de tiempo. La única excepción a este esquema de acceso de canal ascendente gestionado centralmente es el denominado proceso de descubrimiento, en el que se permite a las ONU nuevas y no inicializadas registrarse en el sistema de EPON.

Se precisa un protocolo de acceso múltiple en la dirección ascendente, puesto que la EPON funciona como una red multipunto-a-punto y todas y cada una de las ONU interpelean directamente al OLT. Un mecanismo de acceso a medios basado en contención es difícil de implementar, puesto que en el despliegue de red típico las ONU no pueden detectar una colisión en el OLT, y proporcionar a la arquitectura un bucle de realimentación que conduzca a todas y cada una de las ONU no es económicamente factible. Los esquemas basados en contención tienen el inconveniente de proporcionar un servicio no determinista, es decir, el rendimiento global de nodo y la utilización de canal pueden describirse como promedios estadísticos, y por lo tanto no existe garantía de que una ONU obtenga acceso a los medios en ningún intervalo pequeño de tiempo, lo que significa que este tipo de protocolo de acceso es inadecuado para transmisiones sensibles a retardo, tales como conferencias de vídeo o VOIP. Para introducir determinismo en la entrega de trama, se han propuesto diferentes esquemas de no contención basados en mecanismos de petición/concesión.

El funcionamiento de sistema de EPON en condiciones convencionales representa la regla básica para planificar las transmisiones que se originan en las ONU individuales. En circunstancias normales, todos los paquetes de datos que se originan en ONU activas deberían por tanto alcanzar el nodo de PSC en una forma tal que no se superpongan, evitando cualquier colisión y llegando al receptor de OLT en una condición apropiada para la detección y la recuperación de datos. Sin embargo, un diseño de sistema de este tipo (especificado actualmente dentro de la norma IEEE 802.3 - 2005) es muy susceptible a defectos de hardware, incluyendo los siguientes posibles eventos:

- defecto de dispositivo: defecto de medio, defecto de PHY o defecto de MAC
- defecto de red: cable arrancado/doblado, conector suelto o contaminación por suciedad.

Los defectos de tipo red se consideran normalmente tolerables, puesto que su aparición o bien termina el servicio para una ONU en concreto (defecto en la sección de bajada dada), sin afectar a las otras ONU, o bien para toda la rama de EPON, finalizando la conectividad para todos los abonados. De una o de otra forma, una pérdida de señal de este tipo desde al menos una ONU es fácilmente detectable en el nivel de OLT a través del mecanismo de mantenimiento y como tal se considera solucionada. Además, un atacante de red no puede realizar una denegación de servicio (DoS, *denial of service*) dirigida a ningún equipo de abonado aparte del suyo propio, y por tanto los defectos de tipo red no pueden explotarse para actividades malintencionadas.

Los defectos de tipo dispositivo son también tolerables en su mayoría, puesto que un defecto de medio y de MAC deja a la ONU en concreto inutilizable, con pérdida de señal o bien bilateral o bien unilateral. Cualquiera de los escenarios provoca que la ONU dada se desconecte del sistema de EPON a través del funcionamiento del mecanismo de mantenimiento. El OLT normalmente detecta una situación de este tipo y envía una señal de evento de desconexión de ONU al administrador de red. Debe observarse no obstante que, en el nivel de OLT, un fallo de ONU de este tipo no puede distinguirse de un simple evento de apagado de ONU, y por tanto se informa normalmente como un estado de apagado de ONU general.

Existe sin embargo una clase de defectos de dispositivo de ONU que puede dar como resultado un cese de servicio de sistema completo y puede usarse para un ataque de DoS (“denegación de servicio”) malintencionado en la estructura de EPON. Un fallo de nivel de PHY podría dar como resultado un comportamiento incontrolable del conjunto de circuitos de controlador diodo láser, que conduce o bien a un catastrófico incremento en avalancha en la corriente de láser (dando como resultado la destrucción del diodo a través de efectos térmicos) o bien un bloqueo de controlador de láser en estado o bien encendido o bien apagado. A condición de que el controlador de láser se bloquee en el estado apagado, un fallo de PHY de este tipo es similar a cualquier otro fallo de tipo dispositivo y conduce a la pérdida de señal en el nivel de OLT y la posterior desconexión de ONU del mecanismo de sondeo. Sin embargo, un controlador de láser bloqueado en el estado encendido (un modo de funcionamiento de onda continua (CW, *continuous wave*), sin modulación) conduce a una DoS para todas las ONU en el sistema. A condición de que la ONU dañada tenga un nivel de potencia lo bastante alto y su señal emitida sea lo bastante ancha, ninguna otra ONU en el sistema podrá transmitir datos en el canal ascendente durante tanto tiempo como la señal perturbadora esté presente. La característica más peligrosa de este mecanismo de fallo en concreto es que podría usarla fácilmente una persona malintencionada para engendrar un ataque de DoS completo en la estructura de red, después de todo, basta con conectar una fuente de láser que funcione en la ventana de transmisión adecuada (1.310 nm en el caso de las EPON), con suficiente potencia emitida y ancho de espectro.

Actualmente, los fallos de red y la mayoría de tipos de fallos de dispositivo sólo pueden detectarse a través de realimentación de abonado (falta de conectividad), y se resuelven normalmente a través de una sustitución de ONU o mediante la visita de un técnico cualificado al emplazamiento del abonado, para examinar el equipo de ONU en detalle. No existe forma de distinguir los estados de fallo de ONU y de apagado de ONU, desde el nivel de OLT (a distancia). Por tanto, en el caso de un evento de DoS en la red provocado por una Evento de bloqueo de láser de ONU y/o actividad malintencionada dirigida, cada ONU en el sistema debe comprobarse manualmente, puesto que no existen mecanismos para la identificación de ONU dañada a distancia en condiciones de DoS. Contramedidas típicas en una situación de este tipo incluyen enviar un equipo de técnicos a todos los clientes conectados a la rama de EPON dada, y probar su equipo de ONU para aislar el dispositivo potencialmente dañado. Sin embargo, enviar técnicos fuera es una medida costosa que, además, da como resultado largos períodos de inactividad de red que reducen la QoS y vulneran los SLA (“acuerdos de nivel de servicio”, *service level agreements*) con los clientes.

La presente invención se dirige por tanto a mitigar los problemas mencionados anteriormente y en especial a mejorar la resolución de problemas en las EPON. El objetivo de la invención se consigue en las características según la reivindicación 1, 8 y 10.

El procedimiento de la invención para detectar al menos una unidad de comunicación periférica defectuosa en un sistema de red que usa un medio compartido entre una unidad de comunicación central y al menos una unidad de comunicación periférica comprende las etapas de:

- disparar cada unidad de comunicación periférica para transmitir una señal sincronizada hacia la unidad de comunicación central,
- determinar si el reloj puede recuperarse de cada señal transmitida, y
- detectar la al menos una unidad de comunicación periférica defectuosa en función de los resultados de determinación.

Una de las ventajas de la invención es que pueden detectarse unidades de comunicación periférica defectuosa fácil y automáticamente y sin grandes gastos.

Realizaciones ventajosas adicionales del procedimiento incluyendo un sistema y una unidad de comunicación central para detectar al menos una unidad de comunicación periférica defectuosa según la invención se desprenderán a partir de las reivindicaciones adicionales.

El procedimiento según la invención se explica con más detalle a continuación con referencias a diversos dibujos, en los que

la figura 1 muestra una construcción ejemplar de un sistema de PON,

la figura 2 muestra un ejemplo de un patrón de ojo típico para una interferencia dentro de banda,

la figura 3 muestra un ejemplo de un patrón de ojo típico para una interferencia fuera de banda,

la figura 4 muestra un diagrama de flujo para el funcionamiento de lado de OLT del protocolo de descubrimiento de defecto propuesto sólo en las transmisiones descendentes y

la figura 5 muestra un diagrama de flujo para el funcionamiento de lado de OLT del protocolo de descubrimiento de defecto propuesto sólo en las transmisiones ascendentes.

Lo siguiente es una descripción de los efectos físicos relacionados con el procedimiento según la invención y como tal, intenta ser un sistema de PON independiente, lo que significa que el contexto físico del efecto descrito es genérico y no específico de PON. Para los fines de la invención, es irrelevante cómo se fuerza el láser de la ONU defectuosa a la situación de bloqueo de controlador. Adicionalmente, los efectos de transmisión a lo largo de la fibra óptica pueden reducirse a la atenuación, puesto que se reduce la tasa de transferencia de bits de la señal óptica (1,25 Gbit/s para las EPON, 1,5 Gbit/s para las GPON y 622 Mbit/s para las BPON en el canal ascendente) y la dispersión de fibra óptica es despreciable para tal tasa de transferencia de bits. En consecuencia, los patrones de ojo de información a partir de las diferentes ONU en la entrada del OLT tienen una distorsión de intensidad despreciable, lo que significa que pueden adoptarse en la señal detectada formas de impulsos rectangulares sin pérdida de generalidad.

En la siguiente realización de la invención la DoS se produce debido a un efecto de interferencia entre una señal óptica modulada (que se origina en una ONU que funciona de forma convencional) y una señal de onda continua (CW) (que se origina en la ONU defectuosa). La señal óptica en la entrada del fotodetector del OLT, $E(t)$, viene dada por:

$$E(t) = A_1(t) \cdot \exp[j \cdot \omega_1 \cdot t + j \phi_1(t)] + A_2 \exp[j \cdot \omega_2 \cdot t + j \phi_2(t)] \quad (1)$$

en la que A_x , ω_x y ϕ_x son la amplitud de la envolvente, la frecuencia angular y la fase óptica (debida principalmente al ruido de fase del láser) de la señal x ($x=1$ ó 2), respectivamente, y t es el tiempo. El primer término en el lado derecho de la expresión (1) es la señal modulada de la ONU que funciona de la forma convencional, mientras que el segundo término es la señal de CW. La corriente eléctrica en la salida del fotodetector, $I(t)$, se simplifica a:

$$I(t) = |A_1(t)|^2 + |A_2|^2 + 2 \cdot A_1(t) \cdot A_2 \cdot \cos[(\omega_1 - \omega_2) \cdot t + \phi_1(t) - \phi_2(t)] \quad (2)$$

En tales circunstancias, la interferencia puede tomar dos formas diferentes: dentro de banda o fuera de banda. En la situación dentro de banda $\omega_1 \sim \omega_2$ (las longitudes de onda de las dos señales es casi idéntica), y la expresión (2) se simplifica adicionalmente a:

$$I(t) = |A_1(t)|^2 + |A_2|^2 + 2 \cdot A_1(t) \cdot A_2 \cdot \cos[\phi_1(t) - \phi_2(t)] \quad (3)$$

En la expresión (3), el primer término representa la señal modulada detectada, el segundo término es la señal de CW detectada, y el tercer término es el batido entre las señales modulada y de CW. El patrón de ojo en la salida del fotodetector presenta una distorsión de intensidad significativa debido a la presencia de este tercer término. Un ejemplo de tal patrón de ojo se presenta en la figura 2.

Tal como puede verse en la figura 2 la información de la señal modulada todavía puede reconocerse, a pesar de que pueden producirse errores de detección debido al ruido de interferencia presente en el nivel superior. Una unidad de reloj y recuperación de datos (CDR, *clock and data recovery*) todavía puede fijarse a una señal similar a la presentada en la figura 1. Sin embargo, si se aumenta significativamente la potencia de la señal de CW, el patrón de ojo detectado se cerrará y el CDR perderá la fijación. En este punto, es importante resaltar que la situación de longitudes de onda estrictamente idénticas entre señales modulada y de CW es muy improbable en el escenario de EPON, debido a que los láseres de las ONU son independientes y están sometidos a diferentes condiciones de temperatura, puesto que están situados en diferentes ubicaciones. Adicionalmente, y según la norma de EPON, las longitudes de onda de los láseres usados en las ONU deben estar dentro de un intervalo específico (100 nm de ancho por canal ascendente, con la longitud de onda central alrededor de 1.310 nm), para cumplir con la norma IEEE 802.3 - 2005 (valores presentados en la tabla 60-3 y 60-6) [10]. En el caso de los sistemas de GPON y BPON, la longitud de onda central de transmisor ascendente debe ubicarse dentro de una ventana de 100 nm (entre 1260 y 1360 nm), según se define por ejemplo en las tablas 2d - 2.f en la norma G.984.2.

En el caso de la interferencia fuera de banda, en la que $\omega_1 \neq \omega_2$ (las longitudes de onda de las dos señales son significativamente diferentes entre sí), la corriente eléctrica en la salida del fotodetector debe modelarse por la expresión (2). Sin embargo, puesto que el conjunto de circuitos eléctricos sigue al fotodetector, se produce un efecto paso bajo y el tercer término en el lado derecho se elimina por filtrado. En consecuencia, la corriente eléctrica puede aproximarse mediante:

$$I(t) = |A_1(t)|^2 + |A_2|^2 \quad (4)$$

Tal como puede verse mediante la expresión (4), la distorsión se produce debido a la presencia de un valor constante en la corriente eléctrica, dado por $|A_2|^2$. La figura 3 presenta el patrón de ojo típico en tales condiciones. Tal como puede verse en la figura 3, el patrón de ojo no está distorsionado (pueden identificarse claramente niveles lógicos alto y bajo) puesto que sólo se añade un valor constante a la señal. En esta situación, una unidad de CDR puede fijarse fácilmente en el flujo de bits recibido de una ONU que funciona de la forma convencional.

La siguiente descripción del protocolo de descubrimiento de defecto de la invención puede por el presente documento aplicarse a cualquier sistema de EPON/GPON/BPON, con independencia de la tasa de transferencia de datos real en el canal ascendente (en el caso de los sistemas de GPON). Sin embargo, en la siguiente realización se supone

5 que el sistema de comunicación es un sistema de EPON. Se supone además que el OLT tiene libre acceso a un contador de error/medidor de BER así como a los registros internos de CDR, que pueden almacenarse en una colección codificada por número de serie único de ONU (en la que el número de serie de ONU puede ser su dirección de MAC, su valor de número_de_serie GPON etc.), denominado por el presente documento "lista de ONU", que va a usarse según se describe a continuación. Adicionalmente, se supone que el OLT puede acceder libremente a cualquier agente de planificación, incluyendo el planificador de transmisión, el agente de proceso de descubrimiento, etc., lo que se precisa para el adecuado funcionamiento del protocolo descrito. En el ámbito de este ejemplo, un contador de error es un contador de propósito general que puede almacenar transiciones de CDR detectadas.

10 En la dirección descendente, el OLT en el mecanismo propuesto es responsable de la siguiente serie de acciones (véase la figura 4 para los detalles):

15 Para inicializar el protocolo los valores de contador de error y medidor de BER actuales se guardan, puesto que estos valores podrían precisarse más tarde, una vez que se ha reestablecido el funcionamiento de red normal. Además se prepara una lista de ONU válida (etapa 401), que contiene todas las ONU adecuadamente registradas y a una distancia calculada tal como en el momento que precedió al evento de DoS. La lista se codifica con la valor único de ONU, en este caso la dirección de MAC.

20 Con anterioridad a ningún funcionamiento de protocolo específico, todas las ONU deben darse de baja del registro y detener todas las transmisiones ascendentes, con independencia de la prioridad de paquete, los SLA ("acuerdos de nivel de servicio"), etc. Con este fin, en la etapa 402 el OLT transmite un mensaje de dar de baja del registro descendente a todas las ONU en el sistema. En el caso de los sistemas de EPON, este mensaje es un "DU DE MPCP DE REGISTRO" con el indicador de dar de baja del registro habilitado, según se define en la disposición 64.3.6.4 de la norma IEEE 802.3 ah. Como resultado de este funcionamiento, todas las ONU que reciben dicha petición de dar de baja del registro pasan a un estado no registrado y esperan a un nuevo procedimiento de registro.

25 En la siguiente etapa 403, el OLT inicia la fase de descubrimiento en la red. En el caso de los sistemas de EPON, un "DU DE MPCP DE PUERTA" con el indicador de descubrimiento habilitado se transmite en sentido descendente, provocando que todas las ONU intenten el proceso de registro. Puesto que el canal ascendente está comprometido y no se puede confiar en él, las respuestas de ONU se ignorarán puesto que no es posible asegurar la adecuada recepción de trama de datos. Adicionalmente, puesto que la red estuvo operativa con anterioridad al evento de DoS, el OLT tiene una lista de ONU activas (con las respectivas direcciones de MAC), junto con información de cálculo de distancia, requerida para la adecuada planificación de ranura. La fase de configuración de protocolo FDP inicial es muy corta y es poco probable que los tiempos de RTT para las ONU individuales sufran fluctuaciones significativas.

30 Tras la transmisión del evento de inicialización de fase de descubrimiento, el OLT espera al RTT máximo, dejando que todas las ONU en el sistema completen sus peticiones de registro (etapa 404). Tal como se indicó anteriormente, el OLT ignora estas peticiones debido una DoS en el canal ascendente.

35 Una vez que la inicialización de fase de descubrimiento termina, el OLT completa el proceso de registro para todas las ONU en el sistema, designando identificadores de enlace lógico adecuados a cada una de ellas (etapa 405). Por tanto, el OLT usa la lista de ONU guardada anteriormente y transmite "DU DE MPCP DE REGISTRO" válidos (en el caso de los sistemas de EPON) con las direcciones de LLID designadas centralmente a todas las ONU activas anteriormente, para completar su proceso de registro. El "DU DE MPCP DE PUERTA" que sigue al "DU DE MPCP DE REGISTRO" constituye parte de la norma Protocolo de Descubrimiento, permitiendo a cada ONU entregar un "DU DE MPCP DE ACUSE DE RECIBO DE REGISTRO" ascendente, según se describe en detalle en la disposición 64.3.3 de la norma IEEE 802.3 - 2005. Las "DU DE MPCP DE ACUSE DE RECIBO DE REGISTRO" se ignoran en el momento de su recepción en el nivel de OLT, puesto que no transportan ningún dato útil en lo que concierne al protocolo descrito.

40 En la siguiente etapa (etapa 406), el agente de planificación de transmisión de OLT selecciona el comienzo de las ranuras de transmisión ascendente para cada ONU válida y activa de la lista de ONU. Al planificar las ranuras de transmisión ascendente, debe tenerse la precaución de mantener el mínimo intervalo de tiempo de RTTmax (en sistemas de EPON normalmente 200 μ s, lo que se corresponde con la distancia OLT - ONU de 20 km) entre la primera ranura de transmisión ascendente planificada y el tiempo local de planificador de OLT. Esta medida evita la reorganización del orden de lista de ONU, al recibir ranuras ascendentes, según se describe en la siguiente sección relativa a la transmisión ascendente.

45 Para maximizar la probabilidad de detección de transmisión de ONU, cada secuencia de ranuras de transmisión ascendente puede repetirse un número de veces (n), definidas por el administrador de red durante la configuración de sistema. En condiciones favorables, sólo una secuencia de ranuras de transmisión ascendente (conteniendo una ranura por ONU) es suficiente para detectar máquinas activas y dañadas. Para aumentar la probabilidad de detección, el proceso de planificación de ranura transmisión ascendente deberá por tanto repetirse n veces, produciendo una serie de n ranuras de transmisión ascendente consecutivas y continuas. Debe observarse en el presente documento que todas las ranuras de transmisión ascendente asignadas son de un tipo fijo y tienen una longitud de por ejemplo 1 ms cada una (106 bits, 62.500 TQ), y por tanto encajan perfectamente en una única ranura de concesión de "DU DE MPCP DE PUERTA" para sistemas de EPON. Se deja que el administrador de red decida el

número exacto de tramas individuales por ONU por ciclo. Se argumenta que un periodo de transmisión de 1 ms será suficiente para la detección de cualquier intento de transmisión por parte de una ONU en funcionamiento.

5 Una vez que está preparada una lista completa de asignaciones de ranura de transmisión ascendente (conteniendo al menos 1 secuencia de transmisión completa para todas las ONU incluidas en la lista de ONU válida), la secuencia de mensajes de asignación de ranura descendente ("DU DE MPCP DE PUERTA") se entrega a las ONU apropiadas en la etapa 407. Una vez que se han recibido adecuadamente en las ONU, los mensajes de asignación de ranura se analizan sintácticamente y se procesan tal como en un modo de funcionamiento normal.

Cuando todos los mensajes de asignación de ranura se han entregado de forma segura a las ONU correspondientes, se considera que el protocolo descrito ha completado su funcionamiento en la dirección descendente.

10 En la dirección ascendente, el OLT en el mecanismo propuesto es responsable de la siguiente serie de acciones (véase la figura 5 para los detalles):

15 En el canal ascendente, el OLT deberá esperar el comienzo de la primera ranura de transmisión ascendente planificada (etapa 501). Transmisiones específicas de fase de descubrimiento inicial (incluyendo "SOLICITUD_DE_REGISTRO" y las "DU DE MPCP DE ACUSE DE RECIBO DE REGISTRO") deberán ignorarse, puesto que no puede garantizarse la calidad de señal y la delineación de trama adecuada en condiciones de DoS en el canal ascendente. Una vez que llega el primer tiempo de ranura de transmisión ascendente, el OLT comienza el funcionamiento de protocolo de descubrimiento de defecto en el canal ascendente.

20 El OLT obtiene el identificador único de ONU planificada (dirección de MAC) de la lista de ONU válida (etapa 502), reajusta el contador de error/medidor de BER (etapa 503), y comienza a recibir datos (etapa 504). A condición de que la ONU planificada transmita un flujo de datos en la ranura asignada (normalmente, paquetes de abonado pendientes de transmisión), el conjunto de circuitos de CDR en el OLT intentará fijarse a la señal recibida, tal como se trato en detalle anteriormente, produciendo un patrón de bits distorsionado (el grado de distorsión depende de la situación de diafonía y las relaciones de nivel de potencia reales entre las señales perturbada y perturbadora). Puesto que tal como se indicó anteriormente, es suficiente observar el contador de transición de CDR, normalmente no se está interesado en recibir tramas de datos realmente formadas y reconocidas en su totalidad, sino más bien en recuperar el reloj de datos de la transmisión ascendente. Esto, tal como ya se probó anteriormente, puede garantizarse en cualquier condición con distorsión fuera de banda. A condición de que los canales de datos perturbado y de distribución tengan longitudes de onda que se superpongan, aún puede realizarse al menos recuperación de datos de reloj, incluso aunque no puedan recuperarse paquetes individuales de la transmisión ascendente. Esto puede interpretarse directamente como una ONU activa que intenta la transmisión sobre la señal de DoS que se origina en una ONU diferente. Al final del tiempo de ranura de transmisión, el valor de corriente del contador de transición de CDR (denominado contador de intento de transmisión) se almacena en una colección separada, codificada con el identificador único de la ONU que transmite actualmente (etapa 505). Tal como se describió anteriormente, el valor del contador de transición puede implementarse a través de cualquier contador de error al que tenga acceso el OLT. Puesto que el mecanismo propuesto debe incluirse como una ampliación de firmware, el acceso a los registros de módulo de CDR está habilitado por defecto.

En la etapa 506 se comprueba la lista de ONU válida y, si se encuentran más entradas, el proceso vuelve a la etapa 502; de lo contrario, el protocolo de descubrimiento de defecto se finaliza en la dirección ascendente.

40 Posteriormente, se producen las estadísticas para el protocolo de descubrimiento de defecto y se determina si las ONU individuales están activas o son defectuosas o no. Cualquier ONU claramente activa deberá tener un número no nulo de intentos de transmisión, puesto que intenta entregar datos en la designada ranura. Cualquier ONU inactiva, desconectada o defectuosa deberá tener un recuento de intento de transmisión nulo.

45 Es también posible que, en condiciones de transmisión muy desfavorables (diferencia de potencia de señal óptica entre señal perturbadora de DoS y señal activa de ONU menor que 3 dBm y sólo en condiciones de interferencia en banda estrictas) una ONU activa se reconocerá como una inactiva. Sin embargo, debe enfatizarse que, dependiendo de la calidad del conjunto de circuitos de PLL y de fotodetector de OLT y, tal situación puede darse sólo si la ONU perturbadora está ubicada muy cerca del OLT (< 1 km), mientras que la ONU activa está ubicada en el borde del alcance de red lógica (a alrededor de 20 km del OLT) y adicionalmente tanto la ONU funcional como la dañada sometida a examen deben tener longitudes de onda central correspondientes (diferencia inferior a 1 nm entre longitudes de onda central individual). Puesto que las ONU están equipadas normalmente con diodos láser tipo Fabry Perot, con longitudes de onda centrales muy poco estables (dependiendo de condiciones externas de temperatura por ejemplo), es muy poco probable que en ningún momento concreto dos ONU cualesquiera tengan espectros de transmisión que se superpongan exactamente.

55 Debe observarse que el protocolo anterior puede realizarse varias veces consecutivas. Por ejemplo, las etapas 402 a 406 pueden repetirse para mejorar la determinación de si una ONU determinada es defectuosa o no. En un caso como este, el funcionamiento es similar al descrito anteriormente, con sólo una diferencia: puesto que en este caso el OLT contará los intentos de transmisión en ranuras de transmisión ascendente consecutivas para cada ONU, el contador de intento de transmisión iniciado anteriormente no se reajusta en el comienzo de cada ranura planificada, sino que en su lugar se cargará a partir del campo de colección respectivo, unido al identificador único de ONU dado. Por tanto, se suman los intentos de transmisión durante múltiples ranuras para cada ONU. Usando varias iteraciones puede

mejorarse la determinación de si una ONU es defectuosa o no, puesto que una ONU defectuosa tendrá un recuento de transmisión significativamente inferior al final. En este caso, pueden detectarse incluso ONU defectuosas que producen una transmisión concomitante durante su ranura de transmisión.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para detectar al menos una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica defectuosa en un sistema de red que usa un medio compartido entre una unidad (OLT) de comunicación central y al menos una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica, en el que la al menos una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica defectuosa produce una interferencia en el medio compartido emitiendo una onda continua que comprende las etapas de:
- 5
- disparar cada unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica para transmitir una señal sincronizada hacia la unidad (OLT) de comunicación central,
 - determinar si el reloj de cada señal transmitida puede recuperarse de la interferencia de cada señal transmitida y la onda continua, y
- 10
- detectar la al menos una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica defectuosa en función de los resultados de determinación.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, mediante el cual se asigna una ranura de tiempo de transmisión para cada unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica durante la cual la unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica respectiva transmite la señal sincronizada.
- 15
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, mediante el cual se detecta que una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica es defectuosa cuando el reloj no puede recuperarse de la señal transmitida.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, mediante el cual la asignación de las ranuras de tiempo de transmisión se consigue eliminando del registro todas las unidades (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica y volviendo a registrar cada unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica.
- 20
5. Procedimiento según la reivindicación 4, mediante el cual el volver a registrar se basa en información sobre el registro previo de la unidades (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, mediante el cual el medio compartido se dispone como una red óptica pasiva.
- 25
7. Procedimiento según la reivindicación 6, mediante el cual la red óptica pasiva se dispone según las normas IEEE 802.3 - 2005 o ITU G.983 o ITU G.984.
8. Sistema de comunicación para detectar al menos una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica defectuosa en un sistema de red que usa un medio compartido entre una unidad (OLT) de comunicación central y al menos una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica, en el que la al menos una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica defectuosa produce una interferencia en el medio compartido emitiendo una onda continua con
- 30
- medios para disparar cada unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica para transmitir una señal sincronizada hacia la unidad (OLT) de comunicación central,
 - medios para transmitir una señal sincronizada desde cada unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica hacia la unidad (OLT) de comunicación central,
- 35
- medios para determinar si el reloj de cada señal transmitida puede recuperarse de la interferencia de cada señal transmitida y la onda continua, y
 - medios para detectar la al menos una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica defectuosa en función de los resultados de determinación.
- 40
9. Sistema de comunicación según la reivindicación 8, mediante el cual se proporcionan medios para asignar una ranura de tiempo de transmisión para cada unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica durante la cual la unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica respectiva transmite la señal sincronizada.
10. Unidad (OLT) de comunicación central para un sistema de comunicación según la reivindicación 8 ó 9, con
- 45
- medios para disparar cada unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica para transmitir una señal sincronizada hacia la unidad (OLT) de comunicación central,
 - medios para determinar si el reloj de cada señal transmitida puede recuperarse de la interferencia de cada señal transmitida y la onda continua, y
 - medios para detectar la al menos una unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica defectuosa en función de los resultados de determinación.

- 5
11. Unidad (OLT) de comunicación central según la reivindicación 10, mediante la cual se proporcionan medios para asignar una ranura de tiempo de transmisión para cada unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica durante la cual la unidad (ONU1,..., ONU_n) de comunicación periférica respectiva transmite la señal sincronizada.

FIG 1

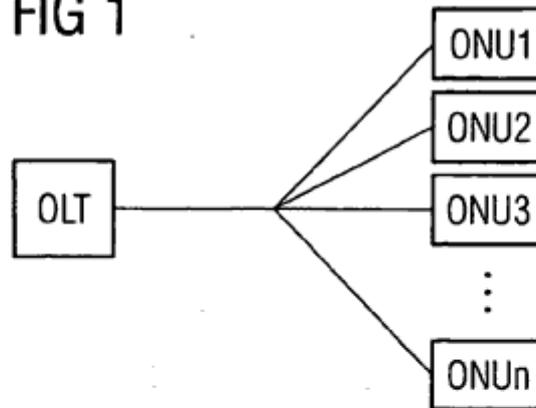


FIG 2

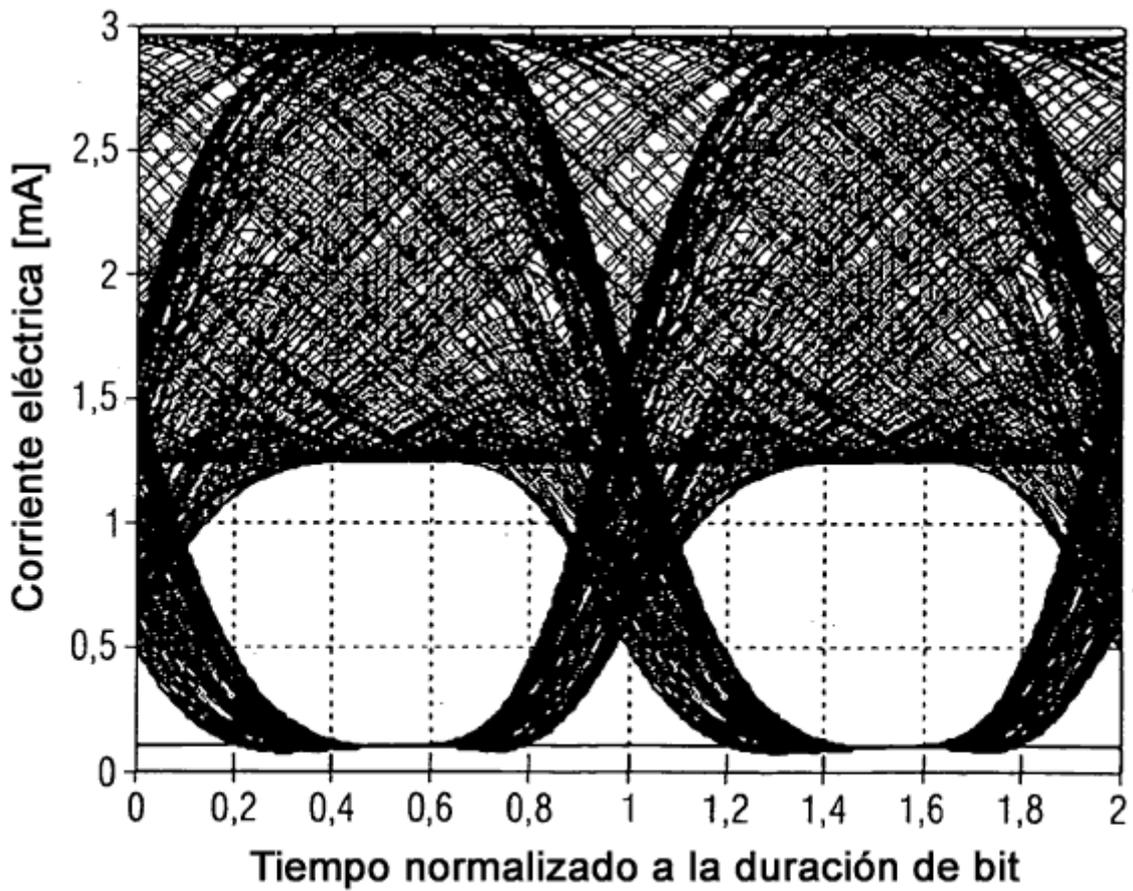


FIG 3

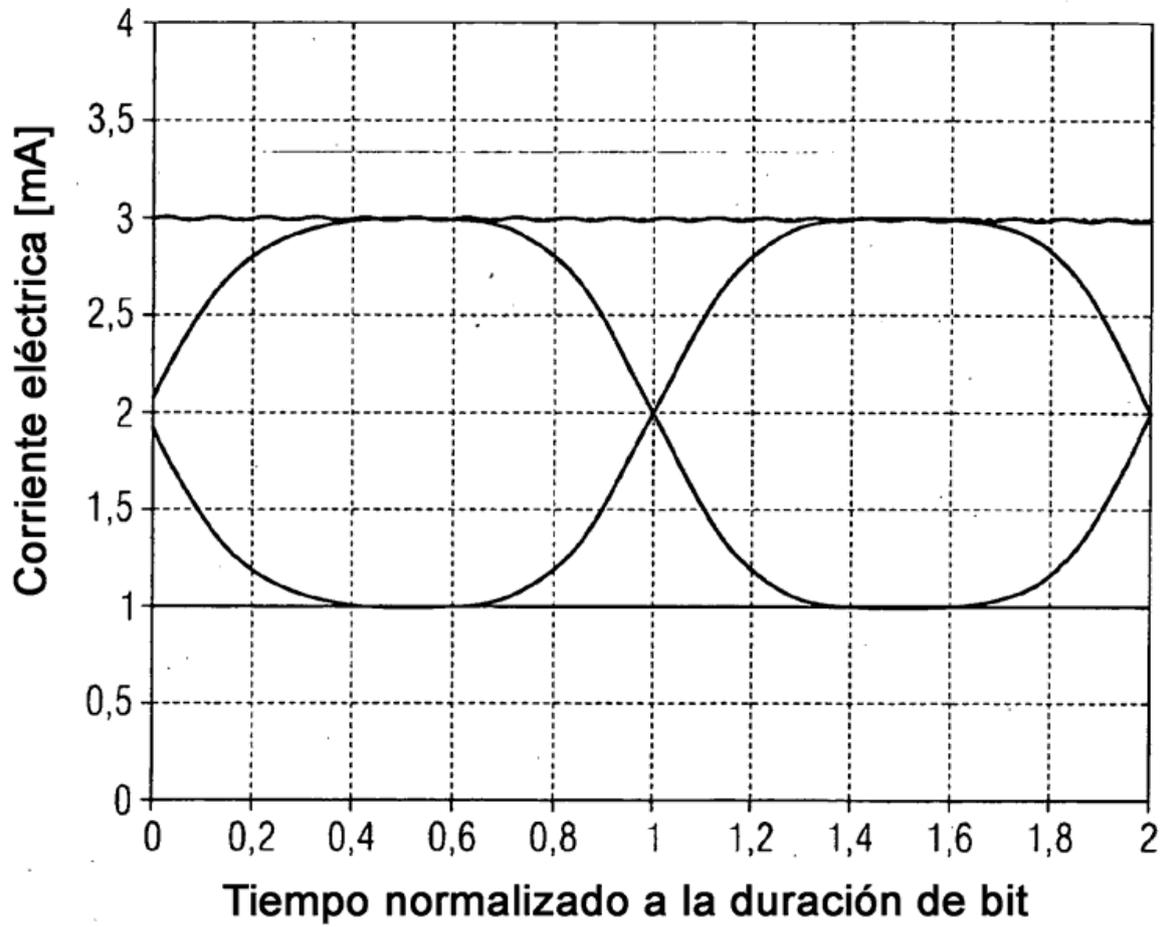


FIG 4

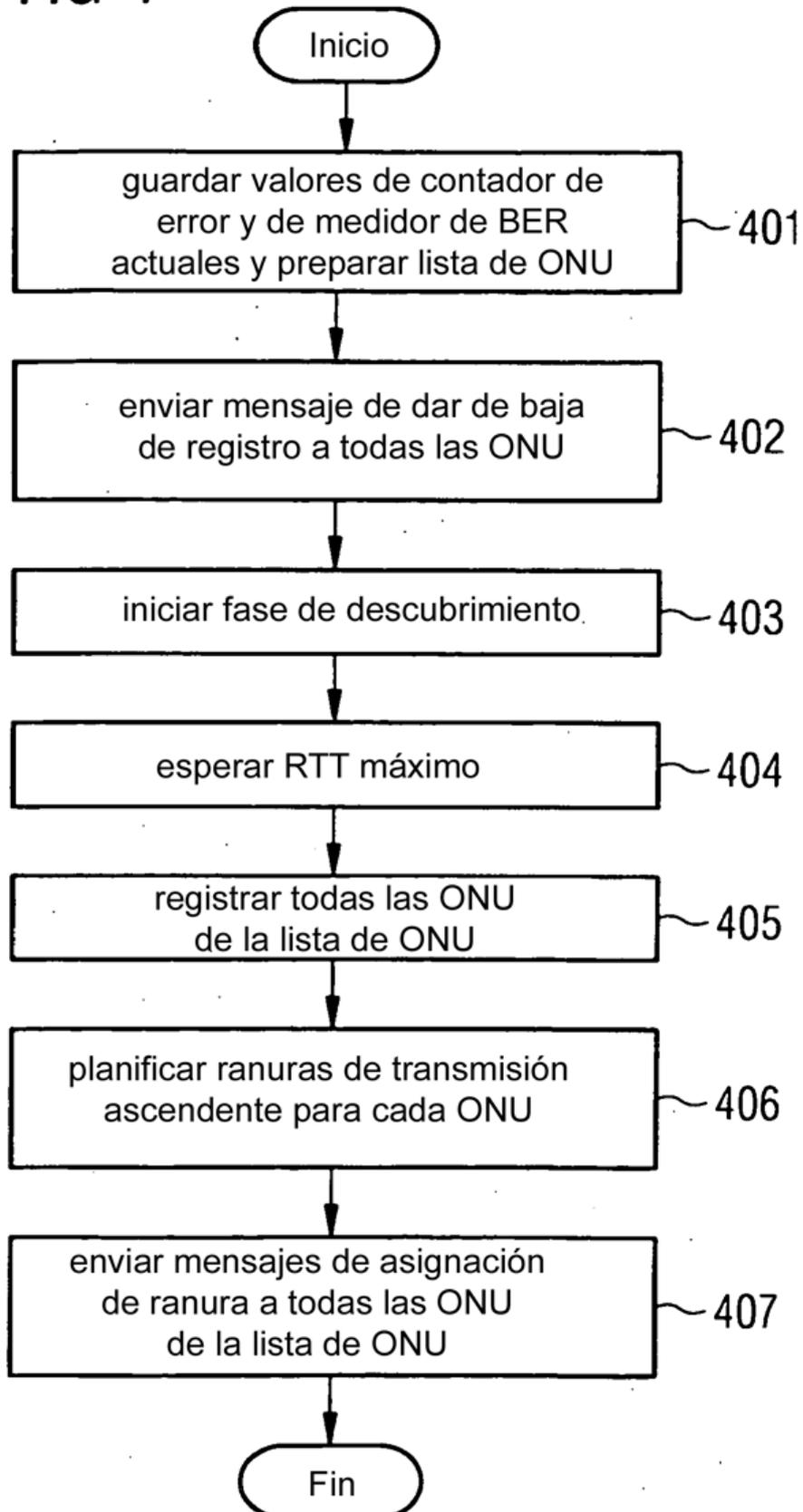


FIG 5

