

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 164**

51 Int. Cl.:

H04B 10/071 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2012** E 12189913 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016** EP 2725724

54 Título: **Red de fibra que comprende sensores**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.01.2017

73 Titular/es:

**3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY
(100.0%)
3M Center, P.O. Box 33427
Saint Paul, MN 55133-3427, US**

72 Inventor/es:

**FINK, JOHANNES;
BAUER, MANFRED;
LUTTERKORDT, ULRICH;
BAKE, MICHAEL;
DENTER, FRIEDRICH;
STIEGLITZ, MANFRED y
MANSHOLT, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 599 164 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

Red de fibra que comprende sensores

5 La invención se refiere a una red de fibra que comprende redes ópticas pasivas y sensores.

10 Las redes ópticas pasivas se utilizan para transmitir señales ópticas a través de fibras ópticas. En las redes de telecomunicaciones ópticas pasivas, las señales de telecomunicación ópticas se transmiten de una oficina central de un proveedor de telecomunicaciones a un número de clientes o abonados de telecomunicaciones. Una red óptica pasiva típica (PON, por sus siglas en inglés) conecta aproximadamente una treintena de abonados a la oficina central, aunque también existen PON que conectan menos o muchos más abonados. Una PON típica comprende un dispositivo combinado de fuente de luz/detector, a veces llamado "terminal de luz óptico" (OLT, por sus siglas en inglés), fibras ópticas, divisores y unidades de red óptica (ONU, por sus siglas en inglés) en las ubicaciones de los abonados. El OLT genera señales de telecomunicación, que se transmiten a través de las fibras ópticas a los abonados conectados a la red PON, y recibe señales de telecomunicación de los abonados. En una o dos etapas de una PON típica, un divisor óptico divide la señal de una fibra en varias señales que se transmiten en fibras ópticas separadas. Las señales de telecomunicación se conectan así en cascada a las ONU de varios abonados. Para proveer servicios de telecomunicaciones a miles de abonados se requiere un gran número de redes PON, transmitiendo cada una señales de telecomunicación separadas desde la oficina central a un número de abonados.

20 Para detectar efectos externos como, por ejemplo, daño, vandalismo, acceso no autorizado a los elementos de una PON, o efectos en el medio ambiente, algunas PON comprenden sensores de fibra óptica. Estos sensores son, en su mayoría, sensores pasivos, es decir, que no requieren energía eléctrica para funcionar. Estos sensores de fibra óptica suelen conectarse a una oficina central del operador de la red a través de las fibras ópticas de la PON, ya sea a través de fibras específicas de los sensores, que no llevan una señal de comunicación adicional ("fibras oscuras"), o a través de fibras que se utilizan para la transmisión de señales de comunicación. En respuesta a un efecto externo, estos sensores de fibra óptica pueden modificar, por ejemplo, la atenuación de la fibra a través de la cual están conectados a la oficina central. Los sensores de fibra óptica de una PON se pueden interrogar o "leer" mediante un tranceptor de señales de prueba, por ejemplo mediante un reflectómetro óptico con base de dominio en el tiempo (OTDR, por sus siglas en inglés). Para leer un sensor de fibra óptica, el OTDR emite una señal óptica de interrogación en la PON y mide la intensidad de una señal de respuesta, que se origina a partir de la señal de interrogación. Las señales de interrogación y/o señales de respuesta pueden llamarse señales de prueba. Con el fin de obtener una señal de respuesta más fuerte, se suele dotar a una fibra, a través de la cual un sensor de fibra óptica está conectado a otros elementos de la PON (una "fibra sensora") con un reflector, situado en el extremo de la fibra sensora y cerca del sensor. La señal de respuesta se origina entonces por el sensor a partir de la modificación, por ejemplo, la atenuación, de la señal de interrogación. En un estado "normal" del sensor de fibra óptica, la señal de respuesta tiene, por ejemplo, una intensidad del 100%, mientras que en un estado "activado" del sensor, la señal de respuesta tiene una intensidad del 30%. El retardo de tiempo entre la emisión de la señal de interrogación y la llegada de la señal de respuesta en el OTDR indica la posición del sensor de fibra óptica en la PON y se puede utilizar para identificar un sensor específico. Interrogar los sensores de fibra óptica en una PON con esta técnica mediante un OTDR supone una ventaja, ya que tradicionalmente se utilizan para localizar fallos en las fibras de redes de fibra óptica y, específicamente, en las PON. Este proceso tradicional de localizar un fallo en una fibra aprovecha el hecho de que, cuando una fibra está dañada, es decir, ante un fallo de la fibra, se reduce la transmisión de la señal de la fibra y la atenuación es alta. La señal de interrogación al OTDR se atenúa de este modo ante un fallo de la fibra y la señal de respuesta es más débil que una señal de respuesta de una fibra sin daños. El OTDR determina la posición del fallo de la fibra a partir del retardo de tiempo entre la emisión de la señal de interrogación y la recepción de la señal de respuesta. Una medición rápida del OTDR tarda aproximadamente un segundo, porque el OTDR requiere una cierta cantidad de tiempo para recibir la señal de respuesta y para el posterior procesamiento de datos. Sin embargo, debido a las limitaciones de rango dinámico, las mediciones estándares del OTDR para localizar fallos en fibras tardan mucho más, ya que hay que hacer y promediar numerosas mediciones individuales. Dado que los fallos en las fibras son muy poco frecuentes, este retardo de tiempo no suele ser importante. Se pueden utilizar el mismo dispositivo OTDR y la misma técnica, en principio, para interrogar los sensores de fibra óptica en las PON.

55 Algunos sensores de fibra óptica en una PON pueden ser interrogados con poca frecuencia, por ejemplo un sensor de inundación como se describe en el documento de patente japonesa JP-2010212767 A2. Por tanto, estos sensores pueden ser interrogados utilizando técnicas tradicionales "lentas" para controlar las fibras de una PON. Una de estas técnicas tradicionales "lentas" de control de fibras se describe en la solicitud de patente europea EP-1980834 A1, donde una unidad de control de redes determina un fallo en una fibra y se utiliza un conmutador óptico para seleccionar la fibra óptica que hay que probar. Un OTDR lanza una señal de pulso óptica en la fibra óptica a través del interruptor óptico, y recibe la luz reflejada de regreso de los reflectores en las ONU de la PON en la que se encuentra la fibra con el fallo. En el documento se afirma que se necesitan unos 90 segundos por PON para llevar a cabo una medición con una relación de señal a ruido lo suficientemente alta para determinar fácilmente un punto de ruptura de la fibra.

65 La solicitud de patente US-2008/0063338 A1 explica el uso de un OTDR para detectar manipulaciones.

En la solicitud de patente internacional WO 2010/126427 A1, un aparato para la indicación y localización de fallos en una PON comprende un dispositivo OTDR capaz de introducir una señal del OTDR en el divisor de potencia que está adaptado para introducir la señal OTDR entre la primera etapa del al menos un divisor 1:N y segundos elementos N de divisores 2:M.

El artículo "Monitoring technique for a hybrid PS/WDM-PON by using a tunable OTDR and FBGs" en "Measurement Science and Technology" vol. 17, 2006, de Swook Hann et al., describe la detección remota de redes a través de las variaciones en el índice de refracción de la fibra en una red de difracción de Bragg usando un OTDR modulable e introduce una técnica de diagnóstico en varias líneas derivadas en una red PON híbrida.

Para proteger la infraestructura de la red de manera eficaz, algunos sensores en una PON deben interrogarse con mayor frecuencia. Por ejemplo, un sensor para detectar la apertura de una puerta de un armario de empalmes de una PON debe leerse con una frecuencia mínima de cada 5 a 10 segundos. De lo contrario, podría abrirse la puerta, realizarse una actividad no autorizada en el armario y volver a cerrar la puerta entre dos interrogaciones del sensor, en cuyo caso la apertura y cierre de la puerta pasaría inadvertida. La técnica tradicional de conectar ópticamente un transceptor de señales de prueba, específicamente un OTDR a una PON a través de un interruptor, interrogar los sensores de la PON, conectar después el OTDR a la siguiente PON e interrogar los sensores en esta siguiente PON y así sucesivamente, hasta que todas las PON se hayan conectado al OTDR y se hayan leído todos los sensores, no puede proporcionar una interrogación bastante frecuente de un sensor específico en una PON específica. Por otra parte, sería una solución muy costosa conectar un transceptor de señales de prueba específico, por ejemplo, un OTDR, a cada PON, para leer todos los sensores con la frecuencia suficiente. Por lo tanto es deseable interrogar los sensores de fibra óptica en dos o más PON con una frecuencia alta y utilizando solo un único transceptor de señales de prueba.

La presente descripción trata de abordar este problema. La invención en la presente descripción proporciona una red de fibra para interrogar sensores de fibra óptica en una primera red óptica pasiva (PON) y en una segunda PON, comprendiendo la red de fibra

- un transceptor de señales de prueba para emitir señales de interrogación y recibir señales de respuesta, en donde las señales de respuesta se originan a partir de las señales de interrogación,

- una primera PON que comprende una primera fuente de luz para generar primeras señales de telecomunicación y que comprende un primer sensor de fibra óptica,

en donde la primera PON está adaptada para transmitir las primeras señales de telecomunicación a una pluralidad de abonados, y en donde la primera PON está conectada ópticamente al transceptor de señales de prueba, de manera que se pueden alimentar señales de interrogación del transceptor de señales de prueba a la primera PON y propagarlas en la primera PON hasta el primer sensor de fibra óptica, y de manera que el transceptor de señales de prueba puede recibir señales de respuesta del primer sensor de fibra óptica a través de la primera PON,

- una segunda PON que comprende una segunda fuente de luz para generar segundas señales de telecomunicación y que comprende un segundo sensor de fibra óptica,

en donde la segunda PON está adaptada para transmitir las segundas señales de telecomunicación a una pluralidad de abonados, y en donde la segunda PON está conectada ópticamente al transceptor de señales de prueba, de manera que se pueden alimentar señales de interrogación en la segunda PON y propagarlas en la segunda PON hasta el segundo sensor de fibra óptica, y de manera que el transceptor de señales de prueba puede recibir señales de respuesta del segundo sensor de fibra óptica a través de la segunda PON, caracterizada por que

la red de fibra además comprende un divisor de señales de interrogación, para alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor de señales de prueba, a la primera PON y la segunda PON simultáneamente, y para alimentar las señales de respuesta desde la primera PON y la segunda PON al transceptor de señales de prueba, en donde el divisor de señales de interrogación se conecta ópticamente al transceptor de señales de prueba y a la primera y la segunda PON, de tal manera que el divisor de señales de interrogación puede alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor de señal de prueba, a la primera PON y la segunda PON simultáneamente, y de manera que el divisor de señales de interrogación puede alimentar señales de respuesta desde la primera PON y la segunda PON al transceptor de señales de prueba, en donde el primer y/o el segundo sensor de fibra óptica se conectan ópticamente a la PON que comprende el respectivo sensor de fibra óptica, mediante una fibra sensora, y en donde la fibra sensora comprende un reflector en un extremo lejano de la fibra sensora.

La red de fibra según la descripción aborda el problema mencionado anteriormente de la interrogación frecuente de sensores al interrogar los sensores de fibra óptica en dos (o más) PON simultáneamente mediante un único transceptor de señales de prueba. El transceptor de señales de prueba puede ser, por ejemplo, un reflectómetro óptico con base de dominio en el tiempo (OTDR). La interrogación de un sensor de fibra óptica, en el contexto de esta descripción, significa enviar una señal de interrogación a ese sensor y recibir una señal de respuesta de ese sensor. En las redes de fibra tradicionales, los sensores en una pluralidad de PON conectados a un transceptor de señales de prueba eran interrogados secuencialmente, por ejemplo mediante el uso de un interruptor óptico, para conectar el transceptor de

señales de prueba a una PON tras otra. En una red de fibra según la descripción, es decir, una red de fibra con un divisor de señales de interrogación a la que se conectan ópticamente dos PON, un transceptor de señales de prueba puede enviar señales de interrogación a las PON simultáneamente y recibir señales de respuesta sin tener que hacer funcionar un interruptor. La interrogación simultánea de los sensores de fibra óptica en diferentes PON permite frecuencias más altas de interrogación con un único transceptor de señales de prueba que una interrogación secuencial. La interrogación simultánea es posible por el uso de un divisor de señales de interrogación.

Un transceptor de señales de prueba, por ejemplo, un OTDR, emite señales ópticas, “señales de interrogación”, de una determinada composición de longitud de onda y de una cierta forma de señal en el tiempo en una fibra óptica. La señal de interrogación puede tener una longitud de onda específica, puede comprender dos o más longitudes de onda diferenciadas, o puede tener un espectro de longitud de onda específica, en el cual una o más longitudes de onda tengan una intensidad mucho mayor que el resto de longitudes de onda. La señal de interrogación generalmente se modifica cuando viaja a través de la fibra, por ejemplo, puede atenuarse o dispersarse parcialmente al volver cuando se propaga en la fibra, puede reflejarse parcialmente en defectos de la fibra, puede atenuarse donde la fibra esté doblada con un determinado radio, o puede reflejarse total o parcialmente en un extremo de la fibra. El transceptor de señales de prueba detecta las señales que vuelven de la fibra en respuesta a la señal de interrogación, es decir, “las señales de respuesta”. Cada señal de respuesta se origina de una señal de interrogación, ya que se forma por la modificación, por ejemplo, atenuación, dispersión, reflexión o modificación espectral, de la señal de interrogación. El transceptor de señales de prueba recibe las señales de respuesta y puede analizarlas. Puede, por ejemplo, determinar el tiempo de retardo entre la emisión de la señal de interrogación y la llegada de una señal de respuesta, o determinar la intensidad, duración o forma de la señal de respuesta con el tiempo, o la composición espectral de la señal de respuesta. Estos parámetros permiten determinar las propiedades de la fibra o las fibras a través de las cuales la señal de interrogación y la señal de respuesta asociada viajaron entre la emisión y llegada en el transceptor de señales de prueba. Estos parámetros también permiten determinar las propiedades de cualquier sensor o cualesquiera sensores ubicados a lo largo de la fibra.

Las PON en la red de fibra de la presente descripción se utilizan para las telecomunicaciones. Estas comprenden sus respectivas fuentes de luz, que pueden generar señales de telecomunicación. Las fuentes de luz pueden ser terminales de luz óptica (OLT), que también pueden funcionar para recibir señales de telecomunicación ópticas. Las PON pueden comprender además, por ejemplo, fibras ópticas, divisores, reflectores, sensores de fibra óptica, multiplexores de división de longitud de onda o unidades ópticas de red (ONU). Las PON se adaptan para transmitir las señales de telecomunicación desde la fuente luminosa, situada, por ejemplo, en una oficina central, a través de fibras ópticas, hasta los abonados. En un abonado, una fibra de la PON se puede terminar con una ONU. Una ONU puede comprender un reflector o un reflector puede estar asociado a la ONU. El reflector en una ONU o asociado a una ONU puede ser del mismo tipo que un reflector comprendido en un sensor de fibra óptica. Una PON puede adaptarse para transmitir señales de telecomunicación entre los abonados y una oficina central, por ejemplo, en ambas direcciones. Las señales de telecomunicación se diferencian de las señales de interrogación y las señales de respuesta en que las emite la fuente de luz de la PON, mientras que las señales de interrogación y las señales de respuesta asociadas son emitidas por un transceptor de señales de prueba. La longitud de onda de una señal de interrogación o de una señal de respuesta puede ser diferente de las longitudes de onda de las señales de telecomunicación transmitidas en las mismas fibras. Una señal de interrogación o una señal de respuesta puede tener un espectro de longitud de onda de luz diferente, una duración diferente o una forma diferente con el tiempo que una señal de telecomunicación. La señal de interrogación o la señal de respuesta es así discernible de las señales de telecomunicación. Una señal de interrogación y una señal de telecomunicación pueden transmitirse en una misma fibra de la PON.

En una red de fibra según la presente descripción, una PON puede conectarse ópticamente al transceptor de señales de prueba, de manera que se pueden alimentar señales de interrogación desde el transceptor de señales de prueba a la PON, y propagarlas en la PON hasta un sensor de fibra óptica, de manera que el transceptor de señales de prueba puede recibir señales de respuesta del primer sensor de fibra óptica a través de la PON. En general, se puede hacer esta conexión óptica entre el transceptor de señales y la PON mediante una fibra óptica. Esta fibra (la “fibra de señales de prueba”) se conecta ópticamente al transceptor de señales de prueba, recibe las señales de interrogación desde el transceptor de señales de prueba a través de su primer extremo y transmite después las señales de interrogación a su segundo extremo opuesto, que puede conectarse ópticamente a otra fibra o a la entrada de un dispositivo de acoplamiento de señales. El dispositivo de acoplamiento de señales también se conecta ópticamente a una fibra de la PON, en cuya PON debe alimentarse la señal de interrogación. Esa de red de fibra puede adaptarse para transmitir señales de telecomunicación. El dispositivo de acoplamiento de señales combina ópticamente las señales de telecomunicación en la red de fibra y la señal de interrogación. La señal combinada se transmite además por una fibra de la PON.

La fuente de luz de una PON alimenta las señales de telecomunicación en una sola fibra de la PON, la “fibra raíz”. Esta fibra raíz puede transmitir las señales de telecomunicación a un divisor, que divide las señales y las transmite en una pluralidad de fibras de la red. Las fibras de red pueden transmitir las señales de telecomunicación a las ONU de los abonados individuales. Una PON que tiene sólo un divisor ópticamente dispuesto entre el extremo de la fibra raíz y cualquier abonado puede llamarse PON de una etapa. Alternativamente, una fibra de red puede transmitir señales de telecomunicación a un segundo divisor, donde se vuelve a dividir. Otras fibras de la red pueden transmitir las señales de telecomunicación desde el segundo divisor hasta las ONU de los abonados individuales. Este tipo de PON que tiene dos divisores ópticamente dispuestos entre el extremo de la fibra raíz y cualquier abonado puede llamarse PON de dos etapas. En ambos tipos de PON, las señales de telecomunicación se transmiten en cascada

desde la fibra raíz hasta las ONU de los abonados individuales. Supone una ventaja alimentar la señal de interrogación en la fibra raíz de una PON, ya que esta disposición permite interrogar los sensores de fibra óptica en todas las fibras de la red de la PON. Es posible, sin embargo, alimentar la señal de interrogación solamente en una rama de varias ramas de una PON. En ese caso, solo los sensores de esa rama pueden ser interrogados.

5 En general, los divisores en una red de fibra según la presente descripción no sólo pueden dividir una señal de entrada en varias señales de salida, sino que también pueden combinar varias señales de entrada en una señal de salida. Las señales de telecomunicación de retorno, transmitidas por las fibras de red de una PON de una etapa hacia el OLT pueden combinarse mediante el divisor e introducirse en la fibra raíz de la PON, que las transmite al OLT. Del mismo modo, en una red PON de dos etapas, las señales de telecomunicación de retorno, transmitidas por varias fibras de red de la PON hacia el OLT, se pueden combinar por el segundo divisor, a continuación, por el primer divisor, y ser alimentadas por el primer divisor a la fibra raíz de la PON, que las transmite al OLT de la PON.

15 La red de fibra según la presente descripción comprende un divisor de señales de interrogación. El divisor de señales de interrogación es un divisor de potencia, es decir, puede dividir una señal óptica de entrada en una pluralidad de señales ópticas de salida de menor intensidad. Las señales de salida pueden tener esencialmente composiciones de longitud de onda idénticas.

20 El divisor de señales de interrogación se compone, por lo general, de un lado de subida, un lado de bajada y puertos de señal. Los términos “de subida” y “de bajada” se refieren al flujo de señales desde la fuente de luz de una PON hasta las ONU de la PON. El puerto de señal en el lado de subida (“puerto de subida”) se conecta ópticamente a una pluralidad de puertos de bajada en el lado de bajada (“puertos de bajada”). Para dividir una señal óptica, la señal óptica se alimenta al puerto de subida. El divisor divide la señal de entrada en una pluralidad de señales ópticas de salida de menor intensidad, es decir, señales ópticas más débiles. Las señales de salida salen del divisor simultáneamente a través de los puertos de bajada. Las señales de salida pueden tener esencialmente composiciones de longitud de onda idénticas.

30 El divisor de señales de interrogación también puede recibir una pluralidad de señales ópticas de entrada a través de sus puertos de bajada y combinarlas en una sola señal de salida. La señal de salida sale del divisor a través del puerto de subida. El divisor de señales de interrogación puede combinar de ese modo una pluralidad de señales ópticas de entrada en una señal de salida.

35 Un puerto de subida del divisor de señales de interrogación puede conectarse ópticamente a un extremo de una fibra óptica, por ejemplo, a un extremo de la fibra de señales de prueba. El extremo opuesto de la fibra de señales de prueba puede conectarse ópticamente al transceptor de señales de prueba. De ese modo el divisor de señales de interrogación se conecta ópticamente al transceptor de señales de prueba. Una señal de interrogación, emitida por el transceptor de señales de prueba, puede alimentarse, a través de la fibra de señales de prueba, al divisor de señales de interrogación. Una señal de respuesta puede alimentarse, a través de la fibra de señales de prueba, desde el divisor de señales de interrogación al transceptor de señales de prueba.

40 Un primer puerto de bajada del divisor de señales de interrogación puede conectarse ópticamente a un extremo de una fibra óptica adicional, por ejemplo, a un extremo de una primera “fibra de señales de prueba divididas”. El extremo opuesto de la primera fibra de señales de prueba divididas puede conectarse ópticamente a un primer dispositivo de acoplamiento de señales, por ejemplo, un WDM, que puede funcionar para acoplar una señal de interrogación en una fibra de la primera PON. El primer dispositivo de acoplamiento de señales se conecta así ópticamente a una fibra de la primera PON. De este modo este se conecta ópticamente a la primera PON. El divisor de señales de interrogación puede así conectarse ópticamente, por ejemplo, mediante la fibra de señales de prueba, al transceptor de señales de prueba y, mediante la primera fibra de señales de prueba divididas, a la primera PON, de manera que el divisor de señales de interrogación puede alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor de señales de prueba, a la primera PON, y el divisor de señales de interrogación puede alimentar una señal de respuesta desde la primera PON al transceptor de señales de prueba.

55 Un segundo puerto de bajada de baja intensidad del divisor de señales de interrogación puede conectarse ópticamente a otro extremo de otra fibra óptica adicional, por ejemplo, a un extremo de una segunda fibra de señales de prueba divididas. El extremo opuesto de la segunda fibra de señales de prueba divididas puede conectarse ópticamente a un segundo dispositivo de acoplamiento de señales, por ejemplo, un WDM, que puede funcionar para acoplar una señal de interrogación en una fibra de la segunda PON. El segundo dispositivo de acoplamiento de señales se conecta ópticamente a una fibra de la segunda PON. De este modo este se conecta ópticamente a la segunda PON. El divisor de señales de interrogación puede así conectarse ópticamente, por ejemplo, mediante la fibra de señales de prueba, al transceptor de señales de prueba y, mediante la segunda fibra de señales de prueba divididas, a la segunda PON, de manera que el divisor de señales de interrogación puede alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor de señales de prueba, a la segunda PON, y el divisor de señales de interrogación puede alimentar una señal de respuesta desde la segunda PON al transceptor de señales de prueba.

65 El divisor de señales de interrogación puede así conectarse ópticamente al transceptor de señales de prueba y a la primera y la segunda PON. Este puede conectarse ópticamente al transceptor de señales de prueba y a la primera y la segunda PON, de manera que puede alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor

de señales de prueba, a la primera PON y la segunda PON simultáneamente, y puede alimentar las señales de respuesta de la primera PON y la segunda PON al transceptor de señales de prueba.

5 El divisor de señales de interrogación puede ser un componente óptico pasivo. Puesto que el divisor de señales de interrogación puede ser un componente pasivo, es decir, no requiere energía eléctrica para funcionar, su instalación en una red de fibra puede ser más fácil que la instalación de un interruptor óptico, que generalmente requiere energía eléctrica para funcionar. El divisor de señales de interrogación puede, por ejemplo, instalarse en lugares donde no se disponga de energía eléctrica, por ejemplo en un armario de distribución de una red de fibra. Asimismo, un divisor no requiere ningún circuito de control y funciona de manera autónoma, mientras que un interruptor debe hacerse funcionar activamente. Esta es otra ventaja de la red de fibra según la presente descripción.

10 La fibra de señales de prueba, la primera fibra de señales de prueba divididas y/o la segunda fibra de señales de prueba pueden estar compuestas por una pluralidad de fibras ópticas secundarias, con el fin de extender sus longitudes. Se pueden empalmar las fibras ópticas secundarias, por ejemplo, por sus respectivos extremos, para formar la fibra de señales de prueba, la primera fibra de señales de prueba divididas y/o la segunda fibra de señales de prueba divididas.

15 Una señal de interrogación puede ser transmitida por varias fibras, divisores y dispositivos de acoplamiento de señales en su camino desde el transceptor de señales de prueba hasta un sensor de fibra óptica y, tras la reflexión, en su camino de vuelta, como señal de respuesta, hasta el transceptor de señales de prueba. Cada paso a través de un divisor reduce la intensidad de una señal en una determinada relación de división. Al pasar desde un puerto de bajada hasta el puerto de subida de un divisor, la señal se combina con un número de otras señales inconexas, siendo el número posiblemente la inversa de la relación de división del divisor. Así se atenúa la señal y se le añade ruido antes de que llegue de nuevo al transceptor de señales de prueba, donde debe analizarse. La sensibilidad de un transceptor de señales de prueba es limitada. Cuanto con mayor frecuencia se divida una señal de interrogación mayor será la relación de división total y/o
20 cuanto más se mezcle o combine con señales inconexas ("ruido"), más difícil será para el transceptor de señales de prueba detectar y analizar la señal de respuesta asociada. Una red de fibras según la presente descripción se diseñará de tal manera que una señal de respuesta, procedente de una señal de interrogación emitida por el transceptor de señales de prueba, siga siendo claramente detectable por el transceptor de señales de prueba después de su división, atenuación, reflexión, mezcla y combinación. Puede que sea necesario ajustar parámetros como la intensidad de las señales de prueba y el espectro de las señales de interrogación sobre la emisión, la calidad de la fibra, la longitud de la fibra, las relaciones de división, la atenuación por un sensor de fibra óptica, la reflectividad de un reflector y la selectividad de la longitud de onda, como es habitual en el campo técnico, para que las señales de respuesta tengan una intensidad y relación de señal a ruido adecuadas para que el transceptor de señales de prueba las detecte con claridad.

30 En una red de fibras según la presente descripción, la primera PON o la segunda PON pueden adaptarse de tal manera que la señal de interrogación y la primera señal de telecomunicación viajen en una misma fibra de la primera PON sobre al menos un segmento de la fibra, o de manera que la señal de interrogación y la segunda señal de telecomunicación viajen en una misma fibra de la segunda PON sobre al menos un segmento de la fibra. En este aspecto, al menos una parte de una de las PON se utiliza para transmitir señales de telecomunicación y una señal de interrogación. Al menos una parte de una PON puede utilizarse así para dos objetivos, a saber, para la telecomunicación y para la interrogación de un sensor en la PON. Para una red de fibra de telecomunicaciones existente, esto puede hacer innecesaria la presencia de una fibra separada o una red separada para la interrogación de los sensores.

35 En un aspecto específico de la presente descripción, la señal de interrogación y las primeras señales de telecomunicación pueden viajar en una misma fibra de la primera PON sobre al menos un segmento de la fibra simultáneamente y/o la señal de interrogación y las segundas señales de telecomunicación pueden viajar en una misma fibra de la segunda PON sobre al menos un segmento de la fibra simultáneamente. Además de la ventaja de utilizar una parte de una de las PON para dos objetivos diferentes, la transmisión simultánea puede evitar la necesidad de interrumpir la función de telecomunicación cuando se interroga un sensor de fibra óptica en una PON o interrumpir la función de interrogación de los sensores cuando se transmiten señales de telecomunicación. Esto puede aumentar el tiempo de disponibilidad de la función de telecomunicación o de la función de interrogación de los sensores.

40 En general, el divisor de señales de interrogación de una red de fibra según la presente descripción es un divisor simétrico. En otras palabras, este puede dividir una señal de entrada en una pluralidad de señales de salida de igual intensidad. Los divisores simétricos son fáciles de instalar, ya que todos los puertos de salida proporcionan las mismas intensidades de señal y se puede conectar una fibra óptica en cualquiera de los puertos de salida del divisor de señales de interrogación sin tener que seleccionar conscientemente un puerto de salida específico. Además, los divisores simétricos son más económicos de obtener. Una relación de división de un divisor de señales de interrogación simétrico puede definirse como la relación de la intensidad de una señal de salida con respecto a la intensidad de la señal de entrada. Una relación de división del divisor de señales de interrogación es de 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64 o superior, por ejemplo, 1:128. Una relación de división mayor hace que la señal de interrogación se divida en una fracción más pequeña y que se alimente una señal de interrogación de baja intensidad a cada PON conectada al divisor de señales de interrogación, aunque se pueden conectar más PON ópticamente al divisor de señales de interrogación. En algunas realizaciones de una red de fibra según la presente descripción, una relación de división total de 1:256 puede proporcionar suficiente intensidad de las señales de respuesta al llegar al transceptor de señales de prueba, por lo que se pueden detectar y analizar de forma fiable.

De forma alternativa, sin embargo, el divisor de señales de interrogación puede adaptarse para alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor de señales de prueba, a la primera PON con mayor potencia que con la que se alimenta la señal óptica de interrogación a la segunda PON. En otras palabras, el divisor de señales de interrogación puede ser un divisor asimétrico, es decir, no todas las señales de salida tienen igual potencia, intensidad o fuerza. Esto puede ser ventajoso en una red de fibra en la que una de las PON tenga un tamaño mucho mayor que la otra de las PON. El tamaño de una PON puede definirse, por ejemplo, por el número de abonados para los que las PON transmiten señales de telecomunicación. La alimentación de una señal de interrogación de salida más fuerte a la PON más grande puede permitir recibir una señal de respuesta de salida de la PON más grande que sea lo suficientemente fuerte como para ser detectada por el transceptor de señales de prueba. La alimentación de una señal de interrogación de salida más débil a la PON más pequeña puede permitir recibir una señal de respuesta de salida de la PON más pequeña que sea lo suficientemente fuerte como para ser detectada por el transceptor de señales de prueba. Para las PON que tengan el mismo tamaño pero diferentes propiedades de atenuación de señal, la alimentación de una señal de interrogación de salida más fuerte a la PON con mayor atenuación puede permitir recibir una señal de respuesta de salida de esa PON que sea lo suficientemente fuerte como para ser detectada por el transceptor de señales de prueba. Un divisor de señales de interrogación asimétrico puede ayudar así a distribuir la intensidad de las señales de interrogación según el tamaño o las propiedades de atenuación de las PON conectadas al divisor de señales de interrogación.

En una red de fibra según la presente descripción, el primer o el segundo sensor de fibra óptica se conecta ópticamente a la PON, que comprende el sensor correspondiente, mediante una fibra sensora. La fibra sensora puede conectarse ópticamente a la PON de tal manera que las señales de interrogación puedan propagarse a través de la PON y a través de la fibra sensora al respectivo sensor de fibra óptica, y de tal manera que las señales de respuesta de ese sensor puedan propagarse a través de la fibra sensora, la PON y el divisor de señales de interrogación al transceptor de señales de prueba al que está conectada ópticamente la PON. La fibra sensora puede ser una fibra óptica que esté ópticamente conectada a un elemento de la PON respectiva, de manera que la fibra sensora no pueda transmitir señales de telecomunicación a un abonado. La fibra sensora puede conectar ópticamente el sensor de fibra óptica a un divisor de la PON que comprenda el sensor. La fibra sensora puede conectar ópticamente el sensor de fibra óptica a un dispositivo de acoplamiento de señales dispuesto en la PON que comprenda el sensor. La conexión de un sensor de fibra óptica a su PON a través de una fibra sensora puede permitir colocar el sensor de forma independiente del enrutamiento de las fibras de red de la PON que transmite las señales de telecomunicación. También puede permitir usar la fibra sensora para transmitir señales de interrogación y señales de respuesta solamente, no para la transmisión de señales de telecomunicación. Un sensor de fibra óptica que funcione modificando las propiedades de atenuación de la fibra sensora puede así cambiar la atenuación de las señales de interrogación y las señales de respuesta sin cambiar la atenuación de ninguna señal de telecomunicación. Por lo tanto, las señales de telecomunicación se pueden detectar con mayor fiabilidad.

Generalmente, una fibra sensora puede estar compuesta, longitudinalmente, de una pluralidad de fibras ópticas secundarias para ampliar su longitud. Las fibras ópticas secundarias pueden, por ejemplo, empalmarse por sus respectivos extremos para formar la fibra sensora.

La fibra sensora puede tener dos extremos. Un extremo, el extremo "cercano", de la fibra sensora puede conectarse ópticamente a un elemento de la PON, que comprende el sensor de fibra óptica respectivo. El otro, el extremo "lejano", puede estar situado adyacente a un elemento del sensor de fibra óptica, y/o puede conectarse ópticamente a un elemento del sensor de fibra óptica. La fibra sensora comprende un reflector en el extremo lejano de la fibra sensora, por ejemplo, cerca del sensor de fibra óptica. El reflector puede ser una cara final del extremo lejano de la fibra sensora. El reflector puede ser una cara final pulida o revestida del extremo lejano de la fibra sensora. Proporcionar un reflector en el extremo lejano de la fibra sensora puede aumentar la intensidad de la señal de respuesta, lo que aumenta su relación de señal a ruido y puede hacer la señal de respuesta más fiable de detectar. Esto, a su vez, permite la colocación de un sensor de fibra óptica, conectado por la fibra sensora, al final de un trayecto largo de la fibra, medido desde la fuente de luz de la PON. También puede permitir la colocación del sensor de fibra óptica detrás de un divisor que tenga una relación alta de división. También puede permitir la colocación del sensor detrás del divisor en una PON de una etapa, o detrás del segundo divisor en una PON de dos etapas. La disposición de un reflector en el otro extremo de la fibra sensora también puede permitir el uso de un sensor de fibra óptica que atenúe mucho la señal de interrogación debido a que la señal de respuesta todavía puede tener intensidad suficiente para ser detectada con fiabilidad. La señal de interrogación puede tener un espectro de longitud de onda específica, y el reflector puede adaptarse para reflejar selectivamente la luz que tenga longitudes de onda dentro del espectro de longitud de onda de la señal de interrogación, y transmitir la luz que tenga longitudes de onda fuera del espectro de longitud de onda de la señal de interrogación. Esto permite introducir un reflector en un canal de señales de telecomunicación, para que refleje selectivamente una señal de interrogación y deje que las señales de telecomunicación pasen sin obstáculos. El reflector puede adaptarse para reflejar selectivamente una o dos longitudes de onda de la luz que viaja en la fibra sensora. El reflector, en este caso, actúa como un filtro que refleja solamente las longitudes de onda seleccionadas. Por lo tanto, se puede filtrar una señal de interrogación que tenga un espectro más amplio de longitudes de onda para que contenga sólo una o dos longitudes de onda.

En un aspecto específico de la descripción, la distancia geométrica entre el reflector y el sensor de fibra óptica, que está conectado por la fibra sensora a otros elementos de una PON respectiva, según se mide a lo largo de la longitud de la fibra sensora, es menor que 300 metros. La longitud total de la fibra entre el transceptor de señales de prueba y el reflector en el

extremo lejano de la fibra sensora afecta al tiempo de retardo entre la emisión de una señal de interrogación y la llegada de la señal de respuesta asociada en el transceptor de señales de prueba. En algunas redes de fibra según la presente descripción, se determina una posición de un sensor de fibra óptica en la red por el retardo de tiempo entre la emisión de una señal de interrogación y la llegada de la señal de respuesta asociada desde la fibra sensora. Si dos sensores de fibra óptica, en una PON o en diferentes PON, tienen una misma longitud de fibra entre el transceptor de señales de prueba y el reflector en el extremo lejano de sus respectivas fibras sensoras, medido a lo largo de las longitudes de las fibras sensoras respectivas, el retardo de tiempo entre sus respectivas señales de interrogación y de respuesta será igual, por lo que puede surgir una ambigüedad en cuanto a cuál es el sensor que generó una señal de respuesta. Añadir longitud extra a la fibra en una de las fibras sensoras puede eliminar esta ambigüedad. La longitud extra de fibra puede disponerse entre el sensor de fibra óptica y el reflector en el extremo lejano de la fibra sensora.

De forma alternativa, un sensor de fibra óptica puede no estar conectado ópticamente a una PON por una fibra sensora. El sensor puede estar dispuesto ópticamente en la fibra raíz de la red PON o en una fibra de red de la PON.

En algunas redes de fibra según la presente descripción, la señal de interrogación puede tener un espectro de longitud de onda específica. Esta puede tener una longitud de onda específica, por ejemplo, de 1625 nm o 1650 nm.

En general, una red de fibra según la presente descripción puede comprender además un dispositivo de acoplamiento de señales, adaptado y ópticamente dispuesto en la primera o en la segunda PON, de tal manera que el dispositivo de acoplamiento de señales pueda alimentar una señal de interrogación en una fibra sensora hacia el respectivo primer o segundo sensor de fibra óptica. El dispositivo de acoplamiento de fibra puede así extraer la señal de interrogación de un elemento de la PON y alimentarla a la fibra sensora hacia el sensor respectivo. Un dispositivo de acoplamiento de señales generalmente tiene un lado “separado” y un lado “combinado”. El lado separado tiene una pluralidad de puertos separados y el lado combinado tiene un puerto combinado. El dispositivo de acoplamiento de señales puede funcionar para acoplar una primera señal óptica, que entre en el primero de sus puertos separados, y una segunda señal óptica, que entre en el segundo de sus puertos separados, en una única tercera señal óptica combinada, que salga del puerto combinado. El dispositivo de acoplamiento de señales también puede funcionar para separar una cuarta señal óptica, que entre en el puerto combinado, en una quinta señal óptica y una sexta señal óptica, que salgan en dos de sus puertos separados. En un aspecto, el dispositivo de acoplamiento de señales puede separar y combinar la potencia o la intensidad de las señales ópticas. En este aspecto, su función puede ser similar a la función de un divisor de potencia.

De forma alternativa, el dispositivo de acoplamiento de señales puede ser un dispositivo de acoplamiento de señales en función de la longitud de onda, es decir, que pueda separar y combinar los componentes de longitud de onda de las señales ópticas. En este caso, su función puede ser similar a la función de un multiplexor por división en longitud de onda (“WDM”). El dispositivo de acoplamiento de señales puede ser un multiplexor por división en longitud de onda. Un dispositivo de acoplamiento de señales en función de la longitud de onda puede aislar determinados componentes de longitud de onda de la cuarta señal óptica de entrada de otros componentes de longitud de onda de la señal de entrada. La salida de este tipo de dispositivo de acoplamiento de señal puede ser entonces dos señales: la quinta señal, que comprende determinados componentes de longitud de onda de la cuarta señal de entrada, y la sexta señal, que comprende, por ejemplo, el resto de componentes de longitud de onda de la cuarta señal de entrada. El dispositivo de acoplamiento de señales en función de la longitud de onda puede utilizarse también para combinar determinados componentes de longitud de onda de la primera señal óptica de entrada con componentes de longitud de onda de la segunda señal óptica de entrada, siendo la salida la tercera señal óptica que comprende los componentes de longitud de onda tanto de la primera señal como de la segunda señal.

Una red de fibras que comprenda un dispositivo de acoplamiento de señales puede permitir el acoplamiento particularmente eficiente de una señal de interrogación desde el transceptor de señales de prueba a la red PON en la que se dispone el dispositivo de acoplamiento de señales. También puede permitir la extracción eficiente de la señal de interrogación de un elemento del dispositivo de acoplamiento de la señal PONA facilita, por lo tanto, el uso de los elementos de una PON para la transmisión de señales de telecomunicación y, de forma simultánea o secuencial, de señales de interrogación y señales de respuesta para interrogar un sensor de fibra óptica en la PON. Un dispositivo de acoplamiento de señales en función de la longitud de onda puede permitir el funcionamiento del transceptor de señales de prueba y de los sensores en longitudes de onda específicas. En algunas realizaciones, la señal de interrogación y la señal de respuesta asociada tienen una longitud de onda específica. Esa longitud de onda puede llamarse longitud de onda de prueba. Estas longitudes de onda de prueba pueden ser diferentes de las longitudes de onda de la luz utilizada para las señales de telecomunicación. La interrogación de los sensores en una PON puede realizarse, por lo tanto, en un dominio de longitud de onda separado del dominio de longitud de onda para la transmisión de señales de telecomunicación. Esto hace que la interferencia entre los dos tipos de señales sea menos probable y que toda la red de fibra pueda ser más fiable.

En general, un sensor de fibra óptica en la red de fibra según la presente descripción, que comprende una fibra sensora como la que se ha descrito anteriormente, puede comprender, además, un actuador, que puede adaptarse para deformar, al menos, un segmento de la fibra sensora. La deformación de la fibra sensora puede ser tal que provoque un cambio en la atenuación óptica de una señal de interrogación y/o una señal de respuesta que se propague en la fibra sensora. La fibra sensora puede, por ejemplo, comprender una parte que se puede doblar por el actuador en un radio que sea más pequeño que un radio de curvatura mínimo específico. Una señal de interrogación o una señal de

respuesta, transmitidas en la fibra sensora y que se propaguen a través de la parte doblada, pueden atenuarse. En general, la atenuación de una señal óptica es una reducción de la intensidad de la señal. El actuador puede acoplarse mecánicamente a la puerta de un armario de fibra óptica, de manera que cuando se abra la puerta, el actuador deforme la fibra sensora y, por lo tanto, provoque un cambio en la atenuación óptica de una señal de interrogación y/o de una señal de respuesta que se propaga en la fibra sensora, cuyo cambio es detectable por el transceptor de señales de prueba. El actuador puede proporcionar así la traducción de un efecto externo en un cambio de una propiedad de atenuación de la fibra sensora. Ese cambio puede ser detectado y medido por el transceptor de señales de prueba.

La deformación de la fibra sensora puede provocar un cambio en la propiedad de atenuación óptica de la fibra sensora para una o más longitudes de onda específicas o para uno o más intervalos de longitud de onda específicos solamente. Como se mencionó antes, una señal de interrogación puede tener una longitud de onda específica o puede tener un espectro de longitud de onda específica, en el cual una o más longitudes de onda tienen una intensidad mucho mayor que las restantes longitudes de onda. En una red de fibra según la presente descripción, el primer o el segundo sensor de fibra óptica que comprenda el actuador puede adaptarse para deformar al menos un segmento de la fibra sensora, de manera que la deformación de la fibra sensora provoque un cambio en la atenuación óptica de la señal de interrogación en la fibra sensora para al menos una longitud de onda dentro del espectro de longitud de onda de la señal de interrogación. Esto puede permitir atenuar uno o más de los componentes de longitud de onda dentro del espectro de la señal de interrogación, mientras que otros componentes de longitud de onda pueden quedar sin atenuar. También puede permitir proporcionar dos sensores de fibra óptica diferentes que actúen sobre la misma fibra sensora. Uno de los sensores puede atenuar una primera longitud de onda dentro del espectro de la señal de interrogación, mientras que el otro sensor puede atenuar una segunda longitud de onda dentro del espectro de la señal de interrogación. Un transceptor de señales de prueba adecuado puede discernir entre la atenuación introducida por los dos sensores.

El primer o el segundo sensor de fibra óptica puede ser un sensor pasivo. Los sensores pasivos no requieren un suministro de energía eléctrica para funcionar. Los sensores de fibra óptica pasivos pueden, por lo tanto, utilizarse en lugares donde no se disponga de energía eléctrica o donde la presencia de electricidad pueda crear peligro o interferencia con otros dispositivos o con el medio ambiente. Un sensor pasivo puede hacer innecesario proporcionar energía eléctrica en la ubicación de una red de fibra en la que este se instale, por ejemplo, en un armario de empalmes o un armario de distribución de una PON. De forma alternativa, sin embargo, el primer o el segundo sensor de fibra óptica puede ser un sensor activo. En otras palabras, el sensor requiere energía eléctrica para funcionar.

En general, en una red de fibra según la presente descripción, el transceptor de señales de prueba, la primera PON, la segunda PON, el primer sensor de fibra óptica, el segundo sensor de fibra óptica o el divisor de señales de interrogación pueden adaptarse de tal manera que el primer sensor de fibra óptica o el segundo sensor de fibra óptica puedan ser interrogados repetidas veces por el transceptor de señales de prueba a intervalos de tiempo de 10 segundos o menos entre dos interrogaciones subsiguientes del mismo sensor. Para ello deben tomarse algunas medidas. Por ejemplo, el transceptor de señales de prueba puede adaptarse para emitir señales de interrogación de suficiente intensidad, de manera que las señales de respuesta correspondientes tengan suficiente intensidad y relación de señal a ruido cuando vuelvan al transceptor de señales de prueba para su detección rápida y fiable. Las PON pueden dividir una señal de interrogación solo con la frecuencia con que las señales de respuesta correspondientes que salen de esa PON tengan una intensidad y relación de señal a ruido suficiente cuando vuelvan al transceptor de señales de prueba para su detección rápida y fiable. Los sensores de fibra óptica pueden introducir algún grado de atenuación. La atenuación puede adaptarse para permitir una comparación de una señal de respuesta atenuada desde ese sensor con una señal de respuesta sin atenuar desde ese sensor en el transceptor de señales de prueba. La atenuación puede adaptarse de manera que una señal de respuesta atenuada de un sensor tenga una intensidad significativamente menor que una señal de respuesta sin atenuar desde el mismo sensor en el receptor de señales de prueba. Un sensor de fibra óptica puede atenuar tanto la señal de interrogación o la señal de respuesta que no vuelva ninguna señal de respuesta detectable al transceptor de señales de prueba. Un sensor de fibra óptica puede atenuar, de forma alternativa, una señal de interrogación y/o una señal de respuesta hasta el punto de que las señales de respuesta que salen de ese sensor tengan una intensidad y relación de señal a ruido suficiente cuando vuelvan al transceptor de señales de prueba para su detección rápida y fiable. El divisor de señales de interrogación puede tener una relación de división suficientemente baja para que las señales de respuesta de una de las PON conectadas al divisor de señales de interrogación tengan una intensidad y relación señal a ruido suficiente cuando vuelvan al transceptor de señales de prueba para su detección rápida y fiable. En algunas realizaciones, el transceptor de señales de prueba puede adaptarse para comparar una señal de respuesta atenuada de un sensor de fibra óptica con una señal de respuesta sin atenuar del mismo sensor. El transceptor de señales de prueba puede haber recibido una señal de respuesta atenuada antes que la señal de respuesta sin atenuar o viceversa. Un intervalo de tiempo de 10 segundos o menos entre interrogaciones de un sensor específico permite una detección rápida y fiable de una situación anómala, detectada e indicada por uno de los sensores. Esto, a su vez, puede facilitar una rápida reacción a la situación y ayudar así a proteger y/o asegurar los elementos de la red de fibra.

En general, una red de fibra según la presente descripción puede comprender una o más PON adicionales. Cada PON adicional puede comprender una fuente de luz respectiva para generar señales de telecomunicación respectivas y puede comprender un sensor de fibra óptica respectivo. Cada PON adicional puede adaptarse para

transmitir las señales de telecomunicación respectivas a una pluralidad de abonados. Cada PON adicional puede conectarse ópticamente al transceptor de señales de prueba, de manera que se pueden alimentar señales de interrogación, desde el transceptor de señales de prueba, a la PON adicional y propagarlas en la PON adicional hasta el respectivo sensor de fibra óptica, y de manera que el transceptor de señales de prueba puede recibir
 5 señales de respuesta del respectivo sensor de fibra óptica. El divisor de señales de interrogación puede adaptarse para alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor de señales de prueba, a la primera PON, la segunda PON y la(s) PON(s) adicional(es) simultáneamente y para alimentar las señales de respuesta de la primera PON, la segunda PON y la(s) PON(s) adicional(es) al transceptor de señales de prueba. El divisor de señales de interrogación puede conectarse ópticamente al transceptor de señales de prueba y a la primera, la segunda PON y
 10 la(s) PON(s) adicional(es), de manera que el divisor de señales de interrogación puede alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor de señales de prueba, a la primera PON, la segunda PON y la(s) PON(s) adicional(es) simultáneamente, y que el divisor de señales de interrogación puede alimentar las señales de respuesta de la primera PON, la segunda PON y la(s) PON(s) adicional(es) al transceptor de señales de prueba. La interrogación de los sensores en la primera PON, la segunda PON y las PON adicionales simultáneamente puede
 15 acortar el tiempo entre dos interrogaciones subsiguientes de cualquiera de los sensores en cualquiera de las PON. La interrogación de las PON adicionales usando el mismo transceptor de señales de prueba y el mismo divisor de señales de interrogación puede hacer obsoleta la presencia de transceptores de señales de prueba y/o divisores de señales de interrogación adicionales y, por lo tanto, puede hacer más rentable la red de fibra.

20 A continuación se describirá la invención de forma más detallada, haciendo referencia a las siguientes figuras, que ilustran realizaciones específicas de la invención:

La Fig. 1 es un esquema de red de una red de fibra que comprende varias PON;

25 La Fig. 2 es un esquema de red de una red de fibra según la invención;

La Fig. 3 es un esquema de red de otra red de fibra según la invención;

30 La Fig. 4 es un esquema de red de otra red de fibra según la invención que comprende un interruptor;

La Fig. 5a es una vista superior esquemática de un sensor de fibra óptica en una puerta, con la puerta cerrada; y

La Fig. 5b es una vista superior esquemática del sensor de fibra óptica de la Figura 5a con la puerta abierta.

35 En la presente memoria, a continuación se describen varias realizaciones de la presente invención y se muestran en los dibujos, en donde los elementos similares están indicados con los mismos números de referencia. Cuando se hace referencia a una fibra óptica, esa fibra puede estar compuesta de varias fibras ópticas, conectadas entre sí por sus extremos, que forman una línea de fibra. La fibra raíz 40 en las Figuras 1 y 2 puede, por ejemplo, estar formada por tres fibras físicas que se empalman por sus extremos.

40 La **Figura 1** es un esquema de red de una red de fibra compuesta por dos redes ópticas pasivas (PON) 10, 20. La primera PON 10, es decir, la PON que está arriba en la Figura 1, es una PON 10 de una etapa. La primera PON 10 comprende una fuente 30 de luz; fibras ópticas 40, 50; un divisor 60 y una pluralidad de unidades ópticas de red (ONU) 70. El OLT 30 está situado en la oficina central de la operadora de la red, mientras que las ONU 70 se encuentran en las instalaciones de los abonados.

45 La fuente de luz es un terminal óptico de luz ("OLT") 30. El OLT 30 puede generar señales de telecomunicación ópticas y puede transmitir estas señales en una fibra raíz 40 de la primera PON 10. La fibra raíz 40 es la conexión de fibra óptica entre el OLT 30 y el divisor 60, con la que se encuentra primero una señal transmitida por el OLT 30. El OLT 30 también puede recibir señales de telecomunicación ópticas de la fibra raíz 40. El divisor 60 es un divisor 1:32, es decir, divide las señales de telecomunicación, que llegan a través de la fibra raíz 40 en treinta y dos señales de telecomunicación de salida idénticas pero más débiles. Estas señales de salida son transmitidas después por treinta y dos fibras 50 de red a treinta y dos ONU 70. Las señales de telecomunicación ópticas pueden así transmitirse desde el OLT 30 a través de las fibras 40, 50 y el divisor 60 a las ONU 70. Para la comunicación hacia la oficina central, una ONU 70 también puede generar señales de telecomunicación ópticas. Una señal de telecomunicación de una ONU 70 puede transmitirse, a través de una fibra 50 de red, al divisor 60. El divisor 60 combina ópticamente, es decir, superpone, las señales de telecomunicación ópticas de entrada desde las treinta y dos fibras de la red. El divisor 60 transmite después la señal combinada a la fibra raíz 40 y, a través de la fibra raíz 40, al OLT 30. Las señales de telecomunicación ópticas pueden así transmitirse desde una
 50 ONU 70 a través de las fibras 40, 50 y el divisor 60 al OLT 30. La primera PON 10 es una PON de una etapa, porque una señal del OLT 30 es dividida por un único divisor 60 solo antes de que llegue a las ONU 70.

55 La segunda PON 20 es una PON 20 de dos etapas. Como la primera PON 10, esta comprende una fuente 30 de luz; fibras ópticas 40, 50, 51; divisores 61, 62 y una pluralidad de unidades ópticas de red (ONU) 70. Las señales de telecomunicación ópticas pueden transmitirse desde el OLT 30, a través de las fibras 40, 50, 51 y los divisores 61, 62, a las ONU 70, como se ha descrito antes para la primera PON 10. Sin embargo, en la PON 20 de dos etapas, una señal

de telecomunicación óptica del OLT 30 se divide dos veces, por un primer divisor 61 y un segundo divisor 62, antes de que llegue a una ONU 70. El primer divisor 61 es un divisor 1:8, es decir, divide las señales de telecomunicación, que llegan a través de la fibra raíz 40 en ocho señales de telecomunicación de salida idénticas pero más débiles. Los segundos divisores 62 son divisores 1:5. Una señal de telecomunicación óptica del OLT 30 se divide así una vez en el divisor 61 de 1:8 de una primera etapa y la señal dividida se divide otra vez en 1:5 en uno de los divisores 62 de la segunda etapa. Independientemente de la atenuación en las fibras 40, 50, las pérdidas de acoplamiento y las pérdidas del divisor, cerca de 1/40 de la potencia de la señal emitida por el OLT 30 llega a las respectivas ONU 70. Las cuarenta ONU 70 reciben la misma señal de telecomunicación dividida del OLT 30. En otras palabras, las señales de telecomunicación se transmiten en cascada desde el OLT 30 hasta las ONU 70. Las señales de telecomunicación del OLT 30 son transmitidas, a través de las fibras 40, 50, 51 y los divisores 61, 62 simultáneamente.

En la PON 20 de dos etapas también se puede transmitir una señal de telecomunicación en la dirección opuesta, es decir, de una ONU 70 al OLT 30: La señal de la ONU 70 se transmite a través de una fibra 51 de red de la segunda etapa, a la que la ONU 70 está conectada, a uno de los divisores 62 de la segunda etapa y después, a través de una fibra 50 de red correspondiente de la primera etapa, al divisor 61 de la primera etapa y después a través de la fibra raíz 40 al OLT 30. El divisor 62 de la segunda etapa combina ópticamente, es decir, superpone, las señales de telecomunicación ópticas de entrada desde las cinco ONU 70 a través de cinco fibras 51 de red correspondientes. La señal combinada es transmitida desde el divisor 62 de la segunda etapa al divisor 61 de la primera etapa. El divisor 61 de la primera etapa combina ópticamente, es decir, superpone, las señales de telecomunicación ópticas de entrada desde los ocho divisores 62 de la segunda etapa a través de cinco fibras 50 de red. El divisor 61 de la primera etapa transmite después la señal combinada a la fibra raíz 40 y, a través de la fibra raíz 40, al OLT 30.

En el esquema de red de la **Figura 2** se muestra una red 1 de fibra según uno de los aspectos de la invención. La red 1 de fibra comprende dos PON 10, 11, de una etapa. Ambas PON 10, 11 tienen una estructura o arquitectura idéntica: cada PON 10, 11 tiene un OLT 30, una fibra raíz 40, un divisor 60, fibras 50 de red y ONU 70. La función del OLT 30, la fibra raíz 40, los divisores 60, las fibras 50 de red y las ONU 70 es la misma que se ha descrito en el contexto de la Figura 1. Estos elementos se utilizan para transmitir, dentro de la respectiva PON 10, 11, señales de telecomunicación desde el OLT 30 de la PON 10, 11 hasta las ONU 70 de la respectiva PON 10, 11, que están conectadas ópticamente al OLT 30. Las señales de telecomunicación tienen longitudes de onda de 1310 nm, 1490 nm y 1550 nm y se transmiten en la misma fibra raíz 40 y las mismas fibras 50 de red.

La primera PON 10 comprende un sensor 100 de fibra óptica, que se describirá en detalle más adelante en el contexto de las Figuras 5a y 5b. El sensor 100 se conecta ópticamente a otros elementos de la primera PON 10 por una fibra sensora 110. Un extremo, el extremo “cercano”, de la fibra sensora 110, se conecta ópticamente a otros elementos de la PON 10, concretamente a un multiplexor 250 por división en longitud de onda. El extremo opuesto, el “extremo lejano” de la fibra sensora 110 comprende un reflector 120. La red 1 de fibra además comprende un transceptor de señales de prueba, que en esta realización es un reflectómetro 200 óptico con base de dominio en el tiempo (OTDR), que sirve para interrogar a los sensores 100 de fibra óptica en la primera PON 10 y en la segunda PON 11. Para ello, el OTDR 200 genera y emite señales de interrogación óptica de longitud de onda específica de 1625 nm. Esta longitud de onda se utiliza generalmente para probar y controlar las redes de fibra óptica. El OTDR 200 emite las señales de interrogación en una fibra 210 de señales de prueba que transmite la señal a un divisor 220 de señales de interrogación. El divisor 220 de señales de interrogación divide las señales de interrogación del OTDR 200 en dos señales de interrogación idénticas pero más débiles. Estas señales de interrogación divididas tienen el mismo espectro de longitud de onda que las señales de interrogación originales sin dividir. Las señales de interrogación no se utilizan para transmitir datos de telecomunicación, sino que su objetivo es interrogar los sensores 100 de fibra óptica en las PON 10, 11, a las que el OTDR 200 se conecta ópticamente.

Las señales de interrogación del OTDR 200 se transmiten después hacia la primera PON 10 por una fibra 215 de señales de prueba divididas y se acoplan en la fibra raíz 40 de la primera PON 10 por un dispositivo de acoplamiento de señales, que en esta realización es un multiplexor 240 por división en longitud de onda (“WDM”). El WDM 240 combina la luz que tiene el espectro de longitud de onda de la señal de interrogación, es decir, luz con una longitud de onda de 1625 nm, teniendo la luz el espectro de longitud de onda de las señales de telecomunicación del OLT 30, cuya luz tiene longitudes de onda de 1310 nm, 1490 nm y 1550 nm. El WDM 240 emite una señal combinada que tiene un componente de señal de telecomunicación de un determinado espectro de longitud de onda y un componente de señal de interrogación de un espectro de longitud de onda diferente. El WDM 240 es, por tanto, un dispositivo de acoplamiento de señales en función de la longitud de onda. La señal combinada se transmite a través de la fibra raíz 40 hacia las ONU 70 de la primera PON 10. Antes de llegar al divisor 60, el componente de longitud de onda de la señal de interrogación se separa de los componentes de longitud de onda de las señales de telecomunicación por un segundo WDM 250. El segundo WDM 250 aísla la luz que tiene la longitud de onda de la señal de interrogación, es decir, 1625 nm, de la luz que tiene otras longitudes de onda, en particular de la luz de las señales de telecomunicación. El segundo WDM 250 alimenta la luz que tiene el espectro de longitud de onda de la señal de interrogación en la fibra sensora 110, que se conecta ópticamente al segundo WDM 250, mientras que los restantes componentes de longitud de onda de la señal combinada, es decir, los componentes de longitud de onda de las señales de telecomunicación, se transmiten por la fibra raíz 40 al divisor 60. El divisor 60 es un divisor de potencia 1:32 que divide las señales de telecomunicación y transmite las señales divididas a través de fibras 50 de red a treinta y dos ONU 70 en las ubicaciones de los abonados.

En una realización alternativa, no mostrada en la Figura 2, la señal de interrogación, que se propaga en la fibra sensora 110, se divide en un divisor adicional. A través de este divisor adicional, una fracción de la potencia de la señal de interrogación se transmite al sensor 100 de fibra óptica para la interrogación de ese sensor 100, mientras que la potencia restante de la señal de interrogación se transmite al divisor 60, que recombina esa fracción de la señal de interrogación con las señales de telecomunicación en la fibra raíz 40 y alimenta la señal combinada a las fibras 50 de red hacia las ONU 70.

El sensor 100 de fibra óptica de la primera PON 10 puede ser un sensor de puerta, por ejemplo, uno como el que se muestra en las Figuras 5a y 5b. El sensor 100 atenúa la señal de interrogación en función de las condiciones ambientales detectadas por el sensor 100. El grado de atenuación es una indicación de las condiciones ambientales. La señal de interrogación atenuada se transmite después por la fibra sensora 110 al reflector 120, situado en el extremo alejado de la fibra sensora 110. El reflector 120 refleja la señal de interrogación atenuada que regresa en la fibra sensora hacia el OTDR 200. La señal de interrogación se puede atenuar de nuevo en la fibra sensora 110 cuando pasa por el sensor 100 la segunda vez, dependiendo de las condiciones ambientales detectadas por el sensor 100. La señal resultante, es decir, la señal de interrogación que puede haber sido atenuada dos veces y reflejada una vez, es la señal de respuesta. La señal de respuesta se transmite a través de la fibra sensora 110 de nuevo al segundo WDM 250. El segundo WDM 250 combina los componentes de longitud de onda de la señal de respuesta con el espectro de las señales de telecomunicación. La señal combinada se transmite desde el segundo WDM 250, a través de la fibra raíz 40, hacia el primer WDM 240. El primer WDM 240 separa los componentes de longitud de onda de la señal de respuesta de los componentes de longitud de onda de las señales de telecomunicación. Este alimenta el componente de longitud de onda de la señal de respuesta en la fibra 215 de señales de prueba divididas, que se conecta ópticamente al segundo WDM 240, mientras que los restantes componentes de longitud de onda de la señal combinada, es decir, los componentes de longitud de onda de las señales de telecomunicación, se transmiten después por la fibra raíz 40 al OLT 30. La fibra 215 de señales de prueba divididas transmite la señal de respuesta al divisor 220 de señales de interrogación. El divisor 220 de señales de interrogación combina las señales de respuesta que salen de la primera PON 10 con las señales de respuesta que salen de la segunda PON 11. La señal de respuesta combinada se transmite a través de la fibra 210 de señales de prueba al OTDR 200.

El OTDR 200 analiza la señal de respuesta combinada. Un posible método de análisis de OTDR es comparar una señal de respuesta recientemente obtenida con una señal de respuesta previamente registrada como “normal”, que se registró cuando todos los sensores 100 estaban en un estado “normal”, es decir, cuando las condiciones ambientales en todos los sensores 100 eran como deben ser normalmente: por ejemplo, todas las puertas cerradas, sin humedad ni presencia de líquidos en la ubicación de los sensores. Una desviación entre una señal de respuesta reciente y la señal de respuesta “normal” indica que al menos uno de los sensores 100 podría estar en un estado no “normal” o activado. El OTDR 200 puede determinar, de maneras conocidas, que el sensor 100 está en un estado activado.

El divisor 220 de señales de interrogación es un divisor de potencia, que divide en general la potencia de las señales ópticas, con independencia de sus longitudes de onda, a diferencia de un WDM, que divide y combina en general los componentes de longitud de onda de las señales ópticas, con independencia de su potencia.

La segunda PON 11 en la Figura 2 es idéntica a la primera PON 10, y por lo tanto no se describe por separado. Una señal de respuesta de la segunda PON 11 se alimenta a través de una fibra 215 de señales de prueba divididas al mismo divisor 220 de señales de interrogación con la señal de respuesta de la primera PON 10. El divisor 220 de señales de interrogación combina las señales de respuesta que salen de la segunda PON 11 con las señales de respuesta que salen de la primera PON 10. La señal de respuesta combinada se transmite a través de la fibra 210 de señales de prueba al OTDR 200.

El divisor 220 de señales de interrogación alimenta la señal de interrogación, emitida por el OTDR 200, a la primera PON 10 y a la segunda PON 11 simultáneamente. Las señales de respuesta de las PON 10, 11 pueden, sin embargo, llegar al divisor 220 de señales de interrogación en diferentes momentos. El divisor 220 de señales de interrogación pasa las señales de respuesta hacia el OTDR 200 a medida que llegan. El retardo entre la emisión de la señal de interrogación desde el OTDR 200 y la llegada de las señales de respuesta desde las PON 10, 11 en el OTDR 200 se puede utilizar para determinar la ubicación de un sensor 100. Una PON 10, 11 puede comprender más de un sensor 100 y reflector asociado 120. Las señales de respuesta de dos sensores 100 en la misma PON 10, 11 o en diferentes PON 10, 11 pueden llegar al OTDR 200 en diferentes momentos, dependiendo de la longitud total de la fibra óptica entre el OTDR 200 y los respectivos reflectores 120 asociados con los sensores 100. El intervalo de tiempo entre la llegada de las dos señales de respuesta se puede utilizar para identificar un sensor específico 100, por ejemplo, cuando se configure la red 1 de fibra. Si, no obstante, ocurre que dos sensores 100 tienen la misma longitud de fibra óptica entre el OTDR 200 y los reflectores respectivos 120 asociados con los sensores 100, los dos sensores 100 no se pueden distinguir por el retardo de tiempo entre la emisión de la señal de interrogación y la llegada de las señales de respuesta. Esto da como resultado una ambigüedad. Para eliminar la ambigüedad, se puede añadir más longitud de fibra en la fibra sensora de uno de los dos sensores ambiguos 100, de modo que el reflector 120 de uno de los sensores 100 esté ahora ópticamente más lejos del OTDR 200 que el reflector 120 del otro sensor 100. Sus respectivos retardos de tiempo ya son diferentes y el OTDR 200 puede distinguir los sensores 100.

En la red 1 de fibra de la Figura 2, los OLT 30, los primeros WDM 240, el OTDR 200 y el divisor 220 de señales de interrogación se encuentran en una oficina central 260 de la operadora de la red. El segundo WDM 250, el divisor 60 y el sensor 100 de la primera PON 10 están situados en un armario 270 de distribución, por lo general a unos pocos kilómetros de distancia de la oficina central 260, y normalmente a unos pocos cientos de metros de distancia de las ONU 70 de los abonados a los que la primera PON 10 transmite señales de telecomunicación. De forma similar, el segundo WDM 250, el divisor 60 y el sensor 100 de la segunda PON 11 están situados en un armario 271 de distribución diferente, por lo general también a unos pocos kilómetros de distancia de la oficina central 260, y normalmente a unos pocos cientos de metros de distancia de las ONU 70 de aquellos abonados a los que la segunda PON 11 transmite señales de telecomunicación. Los sensores 100 en los respectivos armarios 270, 271 de distribución son sensores 100 que detectan la apertura de una puerta del armario 270 de distribución. Estos se describirán en detalle en el contexto de las Figuras 5a y 5b.

La red 1 de fibra que se muestra en la Figura 2 puede ampliarse para comprender una tercera PON, cuarta PON o incluso más PON adicionales (no mostradas). En cada una de las PON adicionales, una fibra 215 de señales de prueba divididas conecta la PON adicional al mismo divisor 220 de señales de interrogación y, a través de la fibra 210 de señales de prueba, al OTDR 200. El divisor 220 de señales de interrogación se conecta entonces a cada una de las PON y se adapta para dividir la señal de interrogación del OTDR 200 en un número correspondiente de señales de interrogación, que son alimentadas a todas las PON conectadas simultáneamente. La relación de división del divisor 220 de señales de interrogación podría ser entonces de 1:32 para conectar 32 PON a la OTDR 200, o 1:64 para conectar 64 PON. La división del divisor 220 de señales de interrogación puede ser irregular, de modo que se alimente más potencia óptica a una o algunas de las PON, mientras que se alimente menos potencia óptica a una PON diferente. Esta división irregular o asimétrica es particularmente útil si un OTDR 200 interroga una PON grande (por ejemplo, una PON que transmita señales de telecomunicación a sesenta y cuatro abonados) y una PON pequeña (por ejemplo, una red PON que transmita señales de telecomunicación a ocho abonados) simultáneamente. El límite para dividir una señal de interrogación en una red 1 de fibra según la invención viene dado por el requisito de que la señal de respuesta recibida por el OTDR 200 debe ser discernible del ruido en el OTDR 200. La relación de división total de la señal de interrogación, es decir, la relación de la potencia de la señal de interrogación más baja que llega a cualquiera de los extremos de la fibra de cualquier PON conectada al OTDR 200 y la potencia de señal de interrogación como ha sido emitida por el OTDR 200, puede ser de 1: 16, 1:32, 1:64, o 1: 128 o incluso mayor. Las propiedades del OTDR 200, de las fibras 40, 50, 210, 215, de los divisores 220, 50, 60, de los WDM 240, 250 y de los reflectores 120, entre otros, determina qué relación de división total de la señal de interrogación sigue dando una señal de respuesta en el OTDR 200 que puede ser detectada y analizada de forma fiable.

En una realización alternativa de la invención, un sensor 100 de fibra óptica se puede disponer “detrás” del divisor 60, cuyas fibras de salida se conectan a las ONU 70 de los abonados. Esta realización se muestra en la **Figura 3**. Al igual que en la red de fibra de la Figura 2, las señales de interrogación del OTDR 200 se alimentan simultáneamente por el divisor 220 de señales de interrogación y por las fibras 215 de señales de prueba divididas a una pluralidad de PON. El divisor 220 de señales de interrogación tiene una relación de división de 1: 8. En la realización mostrada en la Figura 3, ocho PON se conectan ópticamente al divisor 220 de señales de interrogación. Solo una de esas PON 10 se muestra en la Figura 3. El OTDR 200 emite señales de interrogación de una longitud de onda de 1625 nm. Estas se acoplan en la fibra raíz 40 de la PON 10 y se combinan mediante un WDM 240 con las señales de telecomunicación emitidas por el OLT 30. La fibra raíz 40 transmite la señal combinada al divisor 60. Una diferencia de la red de fibra de la Figura 2 es que, en la red 1 de fibra de la Figura 3, el sensor 100 de fibra óptica se dispone ópticamente detrás del divisor 60, visto desde el OTDR 200. El divisor 60 es un divisor de potencia. Este divide la señal, que entra desde la fibra raíz 40, en treinta y dos señales idénticas y alimenta estas señales a treinta y una fibras 50 de red hacia treinta y una ONU 70, y a una sola fibra sensora 110 hacia un sensor 100 de fibra óptica. El sensor 100 es idéntico al sensor 100 de la Figura 2. Este comprende el reflector 120, que refleja de forma selectiva la longitud de onda de la señal de interrogación, es decir, 1625 nm, de nuevo a la fibra sensora 110 hacia el divisor 60. La señal de respuesta, que tiene un componente de longitud de onda de 1625 nm, pasa de nuevo a través del sensor 100. Dependiendo del estado del sensor 100, esta se atenúa o no. La señal de respuesta se transmite entonces al divisor 60 que la combina con señales de telecomunicación que llegan de las treinta y una fibras 50 de red. La señal combinada se transmite desde el divisor 60 a través de la fibra raíz 40 hasta el WDM 240. El WDM 240 extrae los componentes de longitud de onda de la señal de respuesta, es decir, la longitud de onda de 1625 nm, de la señal combinada, y pasa la señal de respuesta, a través de la fibra 215 de señales de prueba divididas, al divisor 220 de señales de interrogación. En el divisor 220 de señales de interrogación, la señal de respuesta que sale de la red PON 10, que se muestra en la Figura 3, se combina con señales de respuesta de las otras siete PON, que no se muestran. La señal combinada se transmite a continuación, a través de la fibra 210 de señales de prueba, a la OTDR 200, donde es recibida y analizada.

En esta realización, la señal de interrogación del OTDR 200 se divide así dos veces antes de llegar al sensor 100, a saber, por el divisor 220 de señales de interrogación y por el divisor 60. Para una relación de división dada del divisor de señales de interrogación, la señal de interrogación que llega al sensor 100 es por lo tanto más débil de lo que sería si un WDM extrajera la señal de interrogación de la señal combinada en la fibra raíz 40 en frente del divisor 60, como es el caso de la Figura 2. Para que la señal de respuesta, que vuelve al OTDR 200 después de la reflexión en el reflector 120 del sensor 100, tenga suficiente intensidad para su detección fiable y análisis en el OTDR 200, el divisor 220 de señales de interrogación puede tener una relación de división más baja de la que podría tener si un WDM extrajera la señal de interrogación de la señal combinada en la fibra raíz 40 en frente del divisor 60. Aunque en la realización mostrada en la

Figura 3 se pueden conectar ópticamente menos ONU 70 al OTDR 200, la red 1 de fibra realiza la interrogación simultánea de los sensores 100 de fibra óptica en diferentes PON 10 sin necesidad de un segundo WDM 250.

En el esquema de red de la **Figura 4** se muestra otra red 1 de fibra según la invención. En la red 1 de fibra, varias PON forman un grupo de PON. El primer grupo comprende n PON, el segundo grupo comprende m PON y el tercer grupo, q PON. La red de fibra comprende k grupos de PON. Cada grupo tiene un divisor 220, 221, 222 de señales de interrogación. Todos los divisores 220, 221, 222 de señales de interrogación se conectan ópticamente, a través de un interruptor óptico 280, al OTDR 200 en un lado y a las PON del grupo en el otro lado. Cada divisor 220, 221, 222 de señales de interrogación puede alimentar señales de interrogación del OTDR 200 a las PON de su grupo simultáneamente y puede alimentar señales de respuesta desde las PON de su grupo al OTDR 200. Todas las PON de un grupo están conectadas al OTDR 200 a través de un único divisor 220, 221, 222 de señales de interrogación. Las PON dentro de un grupo son interrogadas simultáneamente en la misma forma que se muestra en la Figura 2 o la Figura 3. Los grupos de PON, sin embargo, son interrogados secuencialmente por un único OTDR 200. Esto se consigue mediante el interruptor óptico 280, ópticamente dispuesto entre el OTDR 200 en un lado y los divisores 220, 221, 222 de señales de interrogación en el otro lado. El interruptor 280 puede adoptar varias posiciones. En una posición, el interruptor 280 puede alimentar una señal de interrogación desde el OTDR 200 en uno solo de los divisores 220, 221, 222 de señal es de interrogación y después en el grupo de las PON ópticamente conectadas al divisor 220, 221, 222 de señales de interrogación. El interruptor 280 también puede alimentar señales de respuesta desde ese grupo de PON y desde el divisor 220, 221, 222 de señales de interrogación al que las PON de ese grupo están conectadas, al OTDR 200.

El interruptor óptico 280 se puede conectar ópticamente al OTDR 200 de un solo grupo de PON a la vez. El OTDR 200 puede así interrogar simultáneamente solo los sensores 100 de fibra óptica dentro de un grupo de PON que está conectado actualmente al OTDR 200 por el interruptor 280. Para interrogar los sensores 100 en un grupo diferente de PON, el interruptor 280 puede accionarse para conectar ópticamente el OTDR 200 al divisor 220, 221, 222 de señales de interrogación, al que las PON de ese grupo diferente se conectan ópticamente. Accionar el interruptor 280 lleva tiempo. Los sensores 100 en un grupo de PON, por tanto, solo pueden ser interrogados después de que los sensores en un grupo diferente de PON hayan sido interrogados. El interruptor tiene que ser accionado k veces antes de que todos los sensores en todos los k grupos de PON hayan sido interrogados. Por consiguiente, la red 1 de fibra que se muestra en la Figura 4 es particularmente adecuada para interrogar los sensores 100 en los grupos de PON, que requieren una interrogación menos frecuente que los sensores 100 de la red 1 de fibra que se muestra en la Figura 2.

La **Figura 5a** es una vista superior esquemática de una realización del sensor 100 de fibra óptica de la Figura 2, que puede utilizarse en una red 1 de fibra según la presente descripción. Las dimensiones no están a escala y algunas de ellas se han exagerado para mayor claridad. El sensor 100 que se muestra en las Figuras 5a y 5b es un sensor de puerta de fibra óptica pasivo, que puede detectar si una puerta 300 está abierta o cerrada. La puerta 300 puede abrirse y cerrarse girándola alrededor de una bisagra 310. El eje de bisagra es vertical y perpendicular al plano del dibujo. La puerta 300 se muestra en la posición cerrada en la Figura 5a. Una flecha 320 indica la dirección de giro de la puerta 300, cuando la puerta 300 se lleva desde la posición cerrada a una posición abierta. Un brazo 330 se fija a la puerta 300, de modo que la puerta 300 dispone en un lado de la bisagra 310 y dispone del brazo 330 en el lado opuesto de la bisagra 310, de manera que, cuando la puerta 300 gira alrededor del eje de la bisagra 310, el brazo 330 gira alrededor del mismo eje. El brazo 330 está en contacto con un actuador-sensor 340 móvil. Cuando se abre la puerta 300, el brazo 330 empuja el actuador-sensor 340 hacia un elemento complementario 350. El actuador 340 tiene una superficie 360 de actuador que está curvada de forma convexa, y el elemento complementario 350 tiene una superficie 370 complementaria correspondiente, que está curvada de forma cóncava de tal manera que la superficie convexa 360 del actuador y la superficie cóncava 370 del elemento complementario se corresponden entre sí, y de modo que una gran parte de la superficie complementaria cóncava 370 contacta con una gran parte de la superficie convexa 360 del actuador sin que quede espacio entre las partes en contacto de las superficies 360, 370, cuando se empuja el actuador-sensor 340 sobre el elemento complementario 350 al abrir la puerta 300.

El actuador-sensor 340 y el elemento complementario 350 están dispuestos en lados opuestos de la fibra sensora 110. Cuando la puerta 300 está cerrada, como se muestra en la Figura 5a, el brazo 330 no empuja el actuador-sensor 340 sobre el elemento complementario 350, y la fibra sensora 110 que está entre ambos no es deformada por el actuador-sensor 340 y el elemento complementario 350, de modo que la fibra sensora 110 permanece recta. Por lo tanto la señal de interrogación, que se propaga en la fibra sensora 110 hacia el reflector 120 no se atenúa. Después de la reflexión, la señal de interrogación sigue sin atenuarse al pasar por el actuador-sensor 340 y el elemento complementario 350. La señal de interrogación es ahora la señal de respuesta, que se transmite de nuevo al OTDR 200. El sensor 100 está en su estado "normal" cuando la puerta 300 está cerrada.

El sensor 100 de puerta de la Figura 5a se muestra en la **Figura 5b**, pero ahora con la puerta 300 abierta. El sensor 100 está en un estado "activado". La apertura de la puerta 300 provoca la rotación del brazo 330 alrededor de la bisagra 310. El brazo 330 empuja con ello al actuador-sensor 340 y la fibra sensora 110 hacia y sobre el elemento complementario 350. De este modo, la fibra sensora 110 se deforma. Esta se lleva a la forma curvada de la superficie complementaria 370 del elemento complementario 350. La curvatura de la superficie 360 del actuador y la curvatura correspondiente de la superficie 370 del elemento complementario se eligen de manera que la fibra sensora 110 se doble en un radio que sea lo suficientemente pequeño como para causar la atenuación de la propagación de la señal de interrogación en la fibra sensora 110 cuando se abra la puerta 300. La atenuación causada por la flexión de la fibra

5 sensora 110 afecta a las longitudes de onda de la señal de interrogación. Por lo tanto, cuando la puerta 300 se abre, la fibra sensora 110 se deforma. El sensor 100 está, por tanto, en un estado “activado”. Una vez que la señal de interrogación atenuada se refleja en el reflector 120, esta se propaga en la fibra sensora 110 hacia el segundo WDM 250, por lo que pasa a la parte doblada de la fibra sensora 110, es decir, la parte entre el accionador-sensor 340 y el elemento complementario 350, una segunda vez. Esta se atenúa una segunda vez en la parte doblada. La señal de interrogación es ahora la señal de respuesta, que se transmite de nuevo al OTDR 200.

10 Por lo tanto, la señal de interrogación es atenuada dos veces por el sensor 100. El OTDR 200 puede determinar la cantidad de atenuación comparando la intensidad de una señal de respuesta no atenuada del sensor 100 (que se muestra en la Figura 5a) con la intensidad de una señal de respuesta atenuada del mismo sensor 100 (que se muestra en la Figura 5b). El OTDR 200 puede así determinar si la última señal de respuesta recibida desde el sensor 100 indica un estado “normal” o “activado” del sensor 100.

15 El sensor 100 puede, de forma alternativa, construirse de manera que la fibra sensora 110 se atenúe cuando el sensor 100 esté en un estado normal, es decir, cuando la puerta 300 esté cerrada, y sin atenuación cuando el sensor 100 esté en un estado activado, es decir, cuando se abra la puerta 300. Cuando la puerta 300 se lleva de un estado cerrado a un estado abierto, el sensor 100 es llevado de un estado normal a un estado activado y el OTDR 200 podría volver a detectar un cambio en las propiedades de atenuación de la fibra sensora 110.

REIVINDICACIONES

1. Red (1) de fibra para interrogar sensores (100) de fibra óptica en una primera red (10) óptica pasiva (PON) y en una segunda PON (11), comprendiendo la red (1) de fibra
- 5 - un transceptor (200) de señales de prueba para emitir señales de interrogación y recibir señales de respuesta, en donde las señales de respuesta se originan a partir de las señales de interrogación,
- 10 - una primera PON (10) que comprende una primera fuente (30) de luz para generar primeras señales de telecomunicación y que comprende un primer sensor (100) de fibra óptica, en donde la primera PON (10) está adaptada para transmitir las primeras señales de telecomunicación a una pluralidad de abonados (70), y en donde la primera PON (10) está conectada ópticamente al transceptor (200) de señales de prueba, de manera que se pueden alimentar señales de interrogación del transceptor (200) de señales de prueba a la primera PON (10) y propagarlas en la primera PON (10) hasta el primer sensor (100) de fibra óptica, y de manera que el transceptor (200) de señales de prueba puede recibir señales de respuesta del primer sensor (100) de fibra óptica a través de la primera PON (10),
- 15 - una segunda PON (11) que comprende una segunda fuente (30) de luz para generar segundas señales de telecomunicación y que comprende un segundo sensor (100) de fibra óptica, en donde la segunda PON (11) está adaptada para transmitir las segundas señales de telecomunicación a una pluralidad de abonados (70), y en donde la segunda PON (11) está conectada ópticamente al transceptor (200) de señales de prueba a la segunda PON (11) y propagarlas en la segunda PON (11) hasta el segundo sensor (100) de fibra óptica, y de manera que el transceptor (200) de señales de prueba puede recibir señales de respuesta del segundo sensor (100) de fibra óptica a través de la segunda PON (11),
- 20 en donde la red (1) de fibra además comprende un divisor (220) de señales de interrogación, para alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor (200) de señales de prueba, a la primera PON (10) y la segunda PON (11) simultáneamente, y para alimentar las señales de respuesta de la primera PON (10) y la segunda PON (11) al transceptor (200) de señales de prueba, en donde el divisor (220) de señales de interrogación se conecta ópticamente al transceptor (200) de señales de prueba y a la primera y la segunda PON (10, 11), de manera que el divisor (220) de señales de interrogación puede alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor (200) de señales de prueba, a la primera PON (10) y la segunda PON (11) simultáneamente, y de manera que el divisor (220) de señales de interrogación puede alimentar las señales de respuesta de la primera PON (10) y la segunda PON (11) al transceptor (200) de señales de prueba,
- 25 en donde el divisor de señales de interrogación es un divisor de potencia,
- 30 en donde el primer y/o el segundo sensor (100) de fibra óptica se conecta ópticamente a la PON (10,11) que comprende el respectivo sensor (100) de fibra óptica, por una fibra sensora (110),
- 35 en donde la fibra sensora (110) comprende un reflector (120) en un extremo de la fibra sensora (110), y
- 40 en donde el divisor (220) de señales de interrogación es un divisor simétrico y tiene una relación de división de 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, de 1:64 o superior.
- 45
2. Red (1) de fibra según la reivindicación 1, en donde la primera PON (10) o la segunda PON (11) se adaptan de manera que la señal de interrogación y la primera o segunda señal de telecomunicación viajan en una misma fibra (40) de la primera PON (10) o la segunda PON (11) en al menos un segmento de la fibra (40).
- 50
3. Red (1) de fibra según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el reflector (120) se adapta para reflejar selectivamente una o dos longitudes de onda de luz que viajan en la fibra sensora (110).
- 55
4. Red (1) de fibra según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la señal de interrogación tienen un espectro de longitud de onda específica, y en donde el reflector (120) se adapta para reflejar selectivamente la luz que tenga longitudes de onda dentro del espectro de longitud de onda de la señal de interrogación, y transmitir la luz que tenga longitudes de onda fuera del espectro de longitud de onda de la señal de interrogación.
- 60
5. Red (1) de fibra según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la red (1) de fibra además comprende un dispositivo (240, 250) de acoplamiento de señales, adaptado y ópticamente dispuesto en la primera PON (10) o en la segunda PON (11) de tal manera que el dispositivo (240, 250) de acoplamiento de señales pueda alimentar una señal de interrogación en una fibra sensora (110) hacia el respectivo primer o segundo sensor (100) de fibra óptica.
- 65

6. Red (1) de fibra según la reivindicación 5, en donde el dispositivo (240, 250) de acoplamiento de señales es un dispositivo (240, 250) de acoplamiento de señales en función de la longitud de onda o un multiplexor (240, 250) por división en longitud de onda (WDM).
- 5 7. Red (1) de fibra según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer o el segundo sensor (100) de fibra óptica se conecta ópticamente a la PON (10, 11) que comprende el respectivo sensor (100) de fibra óptica, por una respectiva fibra sensora (110), y en donde el sensor (100) de fibra óptica incluye un actuador (340) adaptado para deformar al menos un segmento de la fibra sensora (110), de tal manera que la deformación de la fibra sensora (110) provoque un cambio en la atenuación óptica de una señal de interrogación que se esté propagando en la fibra sensora (110).
10
8. Red (1) de fibra según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sensor (100) de fibra óptica es un sensor pasivo.
- 15 9. Red (1) de fibra según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el transceptor (200) de señales de prueba, la primera PON (10) y la segunda PON (11), el primer y el segundo sensor (100) de fibra óptica y el divisor (220) de señales de interrogación se adaptan de tal manera que el primer sensor (100) de fibra óptica y el segundo sensor (100) de fibra óptica puedan ser interrogados repetidas veces por el transceptor (200) de señales de prueba a intervalos de tiempo de 10 segundos o menos entre dos interrogaciones subsiguientes del mismo sensor (100) de fibra óptica.
20
10. Red (1) de fibra según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una o más PON adicionales, comprendiendo cada PON adicional una respectiva fuente (30) de luz para generar respectivas señales de telecomunicación y comprendiendo un respectivo sensor (100) de fibra óptica, en donde cada PON adicional está adaptada para transmitir las respectivas señales de telecomunicación a una pluralidad de abonados, y en donde cada PON adicional se conecta ópticamente al transceptor (200) de señales de prueba, de manera que se pueden alimentar, desde el transceptor (200) de señales de prueba, señales de interrogación a la PON adicional y propagarlas en la PON adicional hasta el respectivo sensor (100) de fibra óptica, y de manera que el transceptor (200) de señales de prueba puede recibir señales de respuesta del respectivo sensor (100) de fibra óptica, y en donde el divisor (220) de señales de interrogación se adapta para alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor (200) de señales de prueba, a la primera PON (10), la segunda PON (11) y la(s) PON(s) adicional(es) simultáneamente y para alimentar las señales de respuesta de la primera PON (10), la segunda PON (11) y la(s) PON(s) adicional(es) al transceptor (200) de señales de prueba, y en donde el divisor (220) de señales de interrogación se conecta ópticamente al transceptor (200) de señales de prueba y a la primera PON (10), la segunda PON (11) y la(s) PON(s) adicional(es), de manera que el divisor (220) de señales de interrogación puede alimentar una señal de interrogación, emitida por el transceptor (200) de señales de prueba, a la primera PON (10), la segunda PON (11) y la(s) PON(s) adicional(es) simultáneamente, y que el divisor (220) de señales de interrogación puede alimentar las señales de respuesta de la primera PON (10), la segunda PON (11) y la(s) PON(s) adicional(es) al transceptor (200) de señales de prueba.
25
30
35

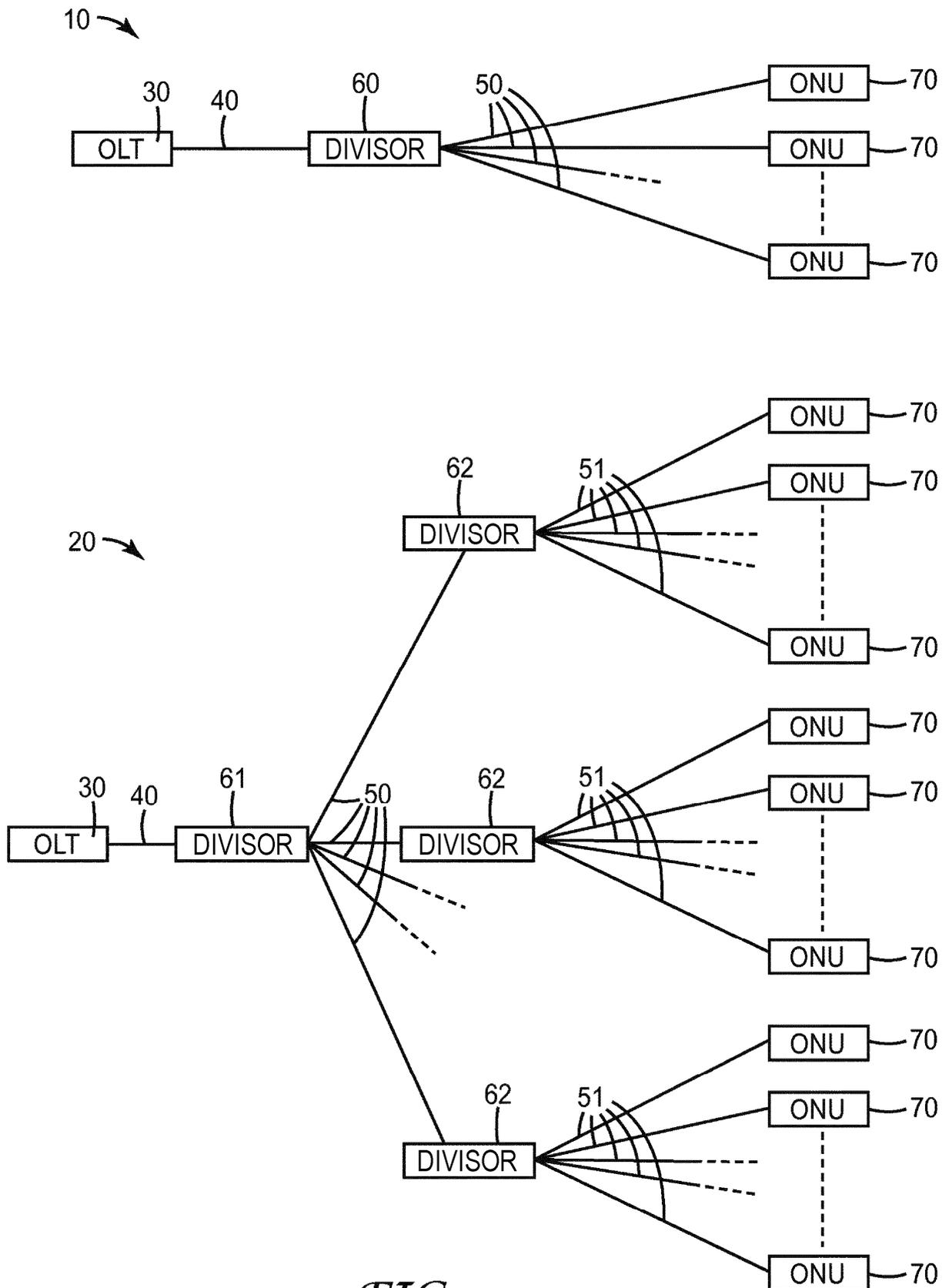


FIG. 1

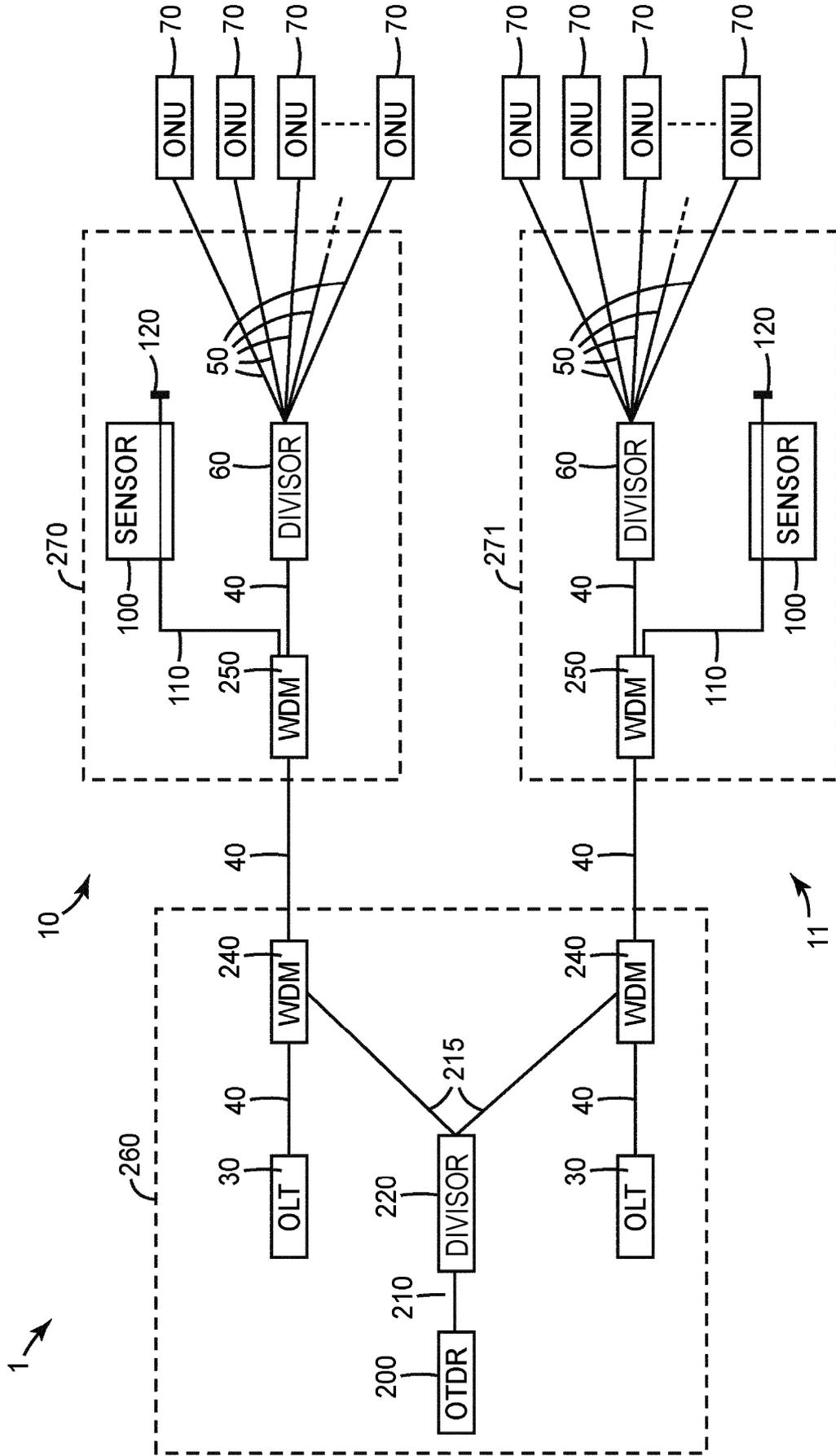


FIG. 2

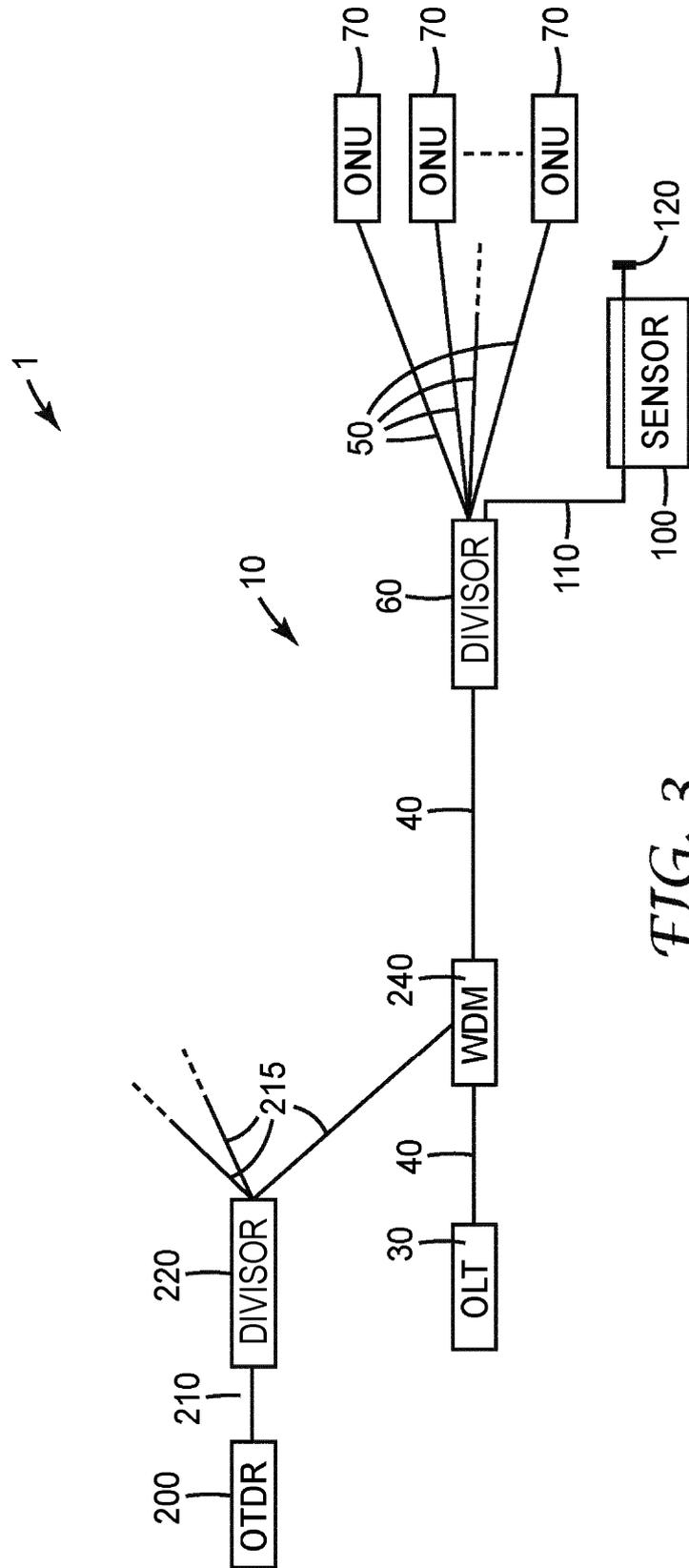


FIG. 3

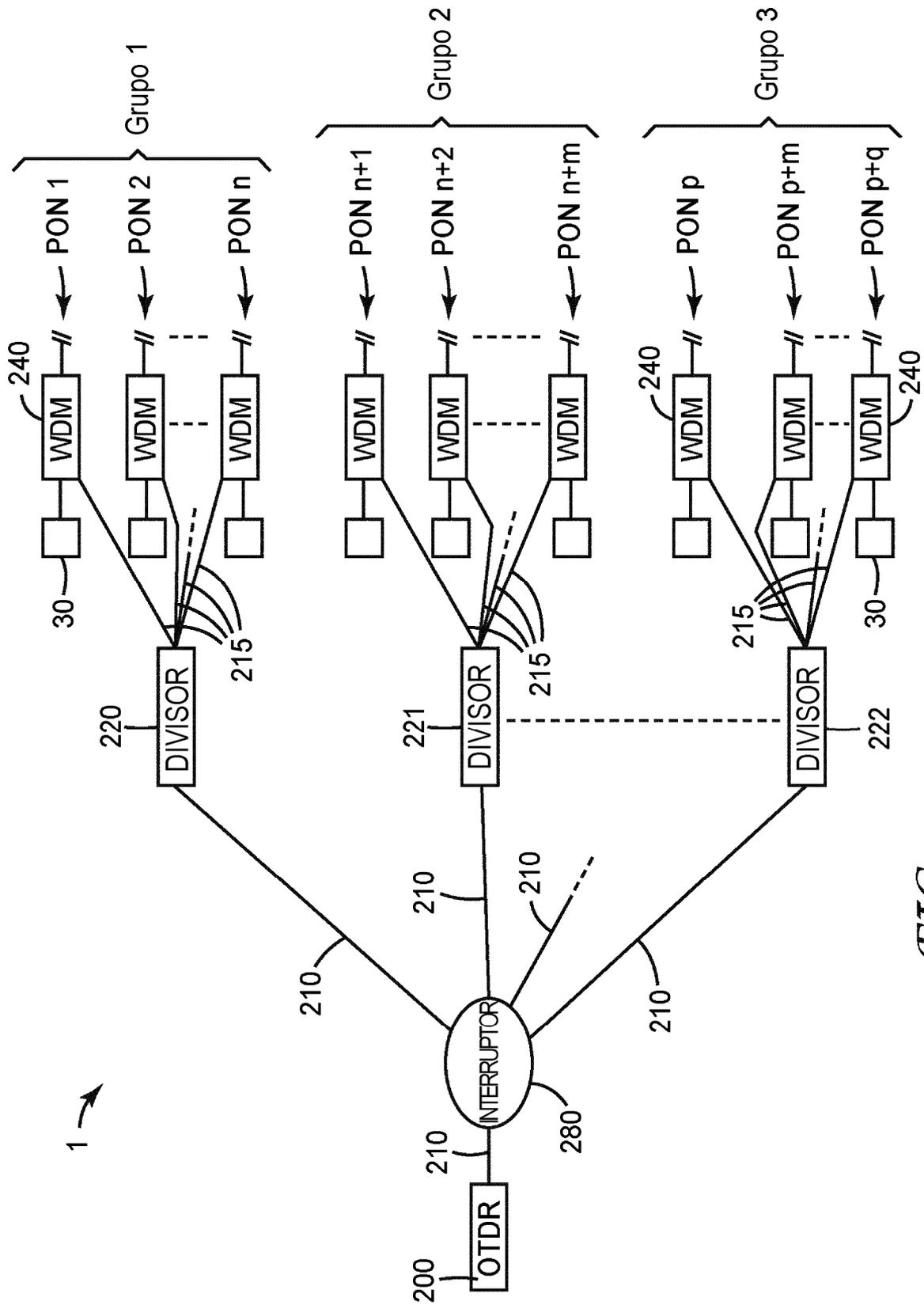


FIG. 4

