

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 161**

51 Int. Cl.:

**H04B 1/707** (2011.01)

**H04B 10/071** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2015 PCT/CN2015/073428**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2016 WO16134545**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2015 E 15882983 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 3255803**

54 Título: **Método y aparato para compensar un error de señal de origen de un reflectómetro de dominio temporal óptico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**14.10.2019**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)  
Huawei Administration Building, Bantian,  
Longgang District  
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**HUANG, YANSUI y  
LUO, XIAODONG**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 727 161 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Método y aparato para compensar un error de señal de origen de un reflectómetro de dominio temporal óptico

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de las tecnologías de comunicaciones ópticas y, en particular, a un método y un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico.

10

Antecedentes de la invención

En una red de comunicaciones ópticas, un reflectómetro de dominio temporal óptico (Optical Time Domain Reflectometer, OTDR en forma abreviada), es un método eficaz para la supervisión un enlace de fibra. Durante la transmisión del pulso óptico, una fibra óptica produce reflexión y atenuación debido a la dispersión de Rayleigh, un empalme de fibra óptica, un punto de empalme y otras razones.

15

El rendimiento de la fibra óptica (a modo de ejemplo, una longitud de la fibra óptica), que se puede detectar por el OTDR, se ve afectado por un coeficiente de atenuación de la fibra óptica, y el rendimiento de detección del OTDR no se puede reflejar con precisión. Por lo tanto, el rendimiento de detección del OTDR se describe, en general, utilizando un margen dinámico.

20

El margen dinámico del OTDR representa una pérdida óptica máxima que puede ser analizada por el OTDR cuando un nivel de retrodispersión de un puerto de OTDR cae a un nivel de ruido específico.

25

Por ejemplo, el OTDR transmite pulsos ópticos a una fibra óptica que se va a medir, y detecta las luces reflejadas que se reflejan en retorno desde la fibra óptica y que se han sometido a reflexión y atenuación. Información tal como reflexión y atenuación de la fibra óptica, es decir, una curva de atenuación de fibra óptica, se obtiene de conformidad con una relación entre la intensidad y el tiempo de los pulsos ópticos reflejados. De esta forma, se detecta el rendimiento de la fibra óptica y se obtiene el margen dinámico del OTDR.

30

Más concretamente, los pulsos ópticos transmitidos por el OTDR se clasifican en un pulso óptico único y múltiples pulsos ópticos.

35

Para un único pulso óptico transmitido por el OTDR, el OTDR transmite un único pulso óptico a la fibra óptica que ha de medirse con el fin de detectar una luz reflejada procedente del pulso óptico, de modo que se obtenga una curva de atenuación de fibra óptica de la luz detectada reflejada.

40

Sin embargo, cuando se está detectando el rendimiento de la fibra óptica, existe un defecto de que una señal óptica en la banda debe desactivarse, es decir, se interrumpe un servicio de datos.

Para múltiples pulsos ópticos transmitidos por el OTDR, el OTDR transmite una secuencia de pulsos ópticos pseudo-aleatoria (PN) (es decir, una secuencia PN) a la fibra óptica que ha de medirse para detectar una señal óptica reflejada por la fibra óptica, y realizar el cálculo de correlación sobre la señal óptica detectada y la secuencia PN, con el fin de obtener una curva de atenuación de fibra óptica.

45

Aunque no es necesario interrumpir un servicio de datos durante la detección del rendimiento de la fibra óptica, y si se pone en práctica la detección en tiempo real del rendimiento de la fibra óptica, los múltiples pulsos ópticos transmitidos por el OTDR están distorsionados debido al filtrado de un transmisor, ruido, y otros motivos, causando que una débil señal reflejada en un extremo lejano de la fibra óptica se convierta en ruido. En consecuencia, el rendimiento de la fibra óptica que puede ser detectado por el OTDR disminuye, es decir, se reduce el margen dinámico del OTDR.

50

El artículo titulado "Demostración de OTDR basado en correlación para la supervisión en servicio de TDM PON dividida en 64 puntos" por HK Shim et al., conferencia y exposición de comunicación de fibra óptica, 2012 y la conferencia nacional de ingenieros de fibra óptica, IEEE, 4 de marzo 2012, páginas 1-3, analiza la mejora del margen dinámico del OTDR basado en correlación mediante la superposición de una secuencia PN a la señal de flujo descendente y el aumento de su profundidad de modulación hasta el 40 %.

55

60 Sumario de la invención

Considerando lo que antecede, las formas de realización de la presente invención dan a conocer un método y un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas, con el fin de resolver un problema existente de que se reduce el margen dinámico de un OTDR de múltiples pulsos.

65

De conformidad con un primer aspecto de la idea inventiva, se da a conocer un método para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico, que incluye:

5 la detección de una secuencia de señal real de una secuencia de pulso óptico pseudo-aleatoria PN enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida y recibida por un receptor;

10 la obtención, mediante el cálculo, y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, de una secuencia de señal teórica de la secuencia PN, y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida;

15 el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual; y

20 la determinación, cuando la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, del rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

25 Con referencia al primer aspecto de la presente invención, en una primera posible puesta en práctica del primer aspecto, la determinación de que la función de la curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, incluye:

el cálculo de una diferencia entre la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente;

la comparación de la diferencia con un umbral dado; y

30 cuando la diferencia es menor que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface la condición dada.

35 Con referencia a la primera posible puesta en práctica del primer aspecto, en una segunda posible puesta en práctica del primer aspecto, el método incluye, además:

40 cuando la diferencia no es inferior que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual no satisface la condición dada, y la activación para realizar una operación de cálculo, utilizando la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso siguiente en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

45 Con referencia al primer aspecto, o con referencia a la primera posible puesta en práctica del primer aspecto, o con referencia a la segunda posible puesta en práctica del primer aspecto, en una tercera posible puesta en práctica del primer aspecto, la obtención, mediante el cálculo, y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica reflejada por la fibra óptica medida, incluye:

50 el cálculo de una diferencia entre la secuencia de señal real de la secuencia PN y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y

55 la obtención, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

60 Con referencia a la tercera posible puesta en práctica del primer aspecto, en una cuarta posible puesta en práctica del primer aspecto, la obtención, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia entre las secuencias de señal y la función de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en donde la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, incluye:

65 la obtención, mediante el cálculo y de conformidad con una relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por el transmisor y una señal óptica reflejada por la fibra óptica y recibida por el receptor, la diferencia, y la función de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del

valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

5 Con referencia al primer aspecto, o con referencia a la primera posible puesta en práctica del primer aspecto, o con referencia a la segunda posible puesta en práctica del primer aspecto, o con referencia a la tercera posible puesta en práctica del primer aspecto, o con referencia a la cuarta posible puesta en práctica del primer aspecto, en una quinta posible puesta en práctica del primer aspecto, el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual, incluye:

10 la obtención, mediante el cálculo, de una secuencia de señal teórica de la señal óptica de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica y el valor de compensación; y

15 el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de la función de curva de atenuación de fibra óptica que se obtiene mediante la iteración actual.

20 Con referencia a la quinta posible puesta en práctica del primer aspecto, en una sexta posible puesta en práctica del primer aspecto, el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, incluye:

25 la realización, de conformidad con la relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por un transmisor, y una señal óptica reflejada por una fibra óptica y recibida por un receptor, del cálculo de correlación en la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, con el fin de obtener la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

30 Con referencia al primer aspecto, o con referencia a la primera posible puesta en práctica del primer aspecto, o con referencia a la segunda posible puesta en práctica del primer aspecto, o con referencia a la tercera posible puesta en práctica del primer aspecto, o con referencia a la cuarta posible puesta en práctica del primer aspecto, o con referencia a la quinta posible puesta en práctica del primer aspecto, o con referencia a la sexta posible puesta en práctica del primer aspecto, cuando se inicia operativamente el cálculo del valor de compensación por primera vez, la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente incluye, al menos, una de las siguientes funciones de curva de atenuación de fibra óptica:

35 una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una prueba fuera de línea; o

40 una función de curva de atenuación de fibra óptica previamente memorizada.

De conformidad con un segundo aspecto de la idea inventiva, se da a conocer un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico, que incluye:

45 una unidad de medición, configurada para detectar una secuencia de señal real de una secuencia de pulso óptico pseudo-aleatoria, PN, enviada por un transmisor, a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida, y recibida por un receptor;

50 una unidad de compensación, configurada para obtener, mediante el cálculo y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN, y una función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida;

55 una unidad de cálculo, configurada para calcular, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual; y

60 una unidad de determinación, configurada para determinar, cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada, el rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual.

65 Con referencia al segundo aspecto de la presente invención, en una primera posible puesta en práctica del segundo aspecto, el hecho de que la unidad de determinación esté configurada, específicamente, para determinar que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, incluye:

el cálculo de una diferencia entre la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente;

la comparación de la diferencia con un umbral dado; y

5 cuando la diferencia es menor que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface la condición dada.

10 Con referencia a la primera posible puesta en práctica del segundo aspecto, en una segunda posible puesta en práctica del segundo aspecto, la unidad de determinación está configurada, además, para: cuando la diferencia no es inferior que el umbral dado, la determinación de que la función de curva atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual no satisface la condición dada, y la activación para realizar una operación de cálculo, utilizando la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso siguiente en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

20 Con referencia al segundo aspecto, o con referencia a la primera posible puesta en práctica del segundo aspecto, o con referencia a la segunda posible puesta en práctica del segundo aspecto, en una tercera posible puesta en práctica del segundo aspecto, la unidad de compensación está configurada, concretamente, para: el cálculo de una diferencia entre la secuencia de señal real de la secuencia PN y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y

25 la obtención, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

30 Con referencia a la tercera posible puesta en práctica del segundo aspecto, en una cuarta posible puesta en práctica del segundo aspecto, el hecho de que la unidad de compensación esté concretamente configurada para obtener, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia entre las secuencias de señal y la función de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, el valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, incluye:

35 la obtención, mediante cálculo y de conformidad con una relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por el transmisor, y una señal óptica reflejada por la fibra óptica y recibida por el receptor, la diferencia, y la función de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el cual la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

40 Con referencia al segundo aspecto, o con referencia a la primera posible puesta en práctica del segundo aspecto, o con referencia a la segunda posible puesta en práctica del segundo aspecto, o con referencia a la tercera posible puesta en práctica del segundo aspecto, o con referencia a la cuarta posible puesta en práctica del segundo aspecto, en una quinta posible puesta en práctica del segundo aspecto, la unidad de cálculo está configurada, específicamente, para obtener, mediante el cálculo, una secuencia de señal teórica de la señal óptica de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica y el valor de compensación; y

45 el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

50 Con referencia a la quinta posible puesta en práctica del segundo aspecto, en una sexta posible puesta en práctica del segundo aspecto, el hecho de que la unidad de cálculo esté configurada, específicamente, para calcular, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, incluye:

55 la realización, de conformidad con la relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por un transmisor, y una señal óptica reflejada por una fibra óptica y recibida por un receptor, del cálculo de correlación en la secuencia de señal teórica de la señal óptica y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN con el fin de obtener la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

60 Con referencia al segundo aspecto, o con referencia a la primera posible puesta en práctica del segundo aspecto, o con referencia a la segunda posible puesta en práctica del segundo aspecto, o con referencia a la tercera posible puesta en práctica del segundo aspecto, o con referencia a la quinta posible puesta en práctica del segundo aspecto, o con referencia a la sexta posible puesta en práctica del segundo aspecto, en una séptima posible puesta en práctica del segundo aspecto, cuando se inicia operativamente el cálculo del valor de compensación por primera vez, la función de curva de

atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente incluye al menos una de las siguientes funciones de curva de atenuación de fibra óptica:

- 5 una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una prueba fuera de línea; o
- una función de curva de atenuación de fibra óptica previamente memorizada.

De conformidad con un tercer aspecto de la idea inventiva, se da a conocer un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico, que incluye:

- 10 un dispositivo de detección optoelectrónico, configurado para detectar una secuencia de señal real de una secuencia de pulso óptico pseudo-aleatoria, PN, enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida y recibida por un receptor; y
- 15 un dispositivo de procesamiento, configurado para obtener, mediante cálculo y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN detectada por el dispositivo de detección optoelectrónico, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN, y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida;
- 20 el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica detectada por el dispositivo de detección optoelectrónico, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual; y
- 25 la determinación, cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, del rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

Con referencia al tercer aspecto de la presente invención, en una primera posible puesta en práctica del tercer aspecto, el hecho de que el dispositivo de procesamiento determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, incluye:

- 30 el cálculo de una diferencia entre la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente;
- 35 la comparación de la diferencia con un umbral dado; y
- cuando la diferencia es menor que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface la condición dada.
- 40 Con referencia a la primera posible puesta en práctica del tercer aspecto, en una segunda posible puesta en práctica del tercer aspecto, el dispositivo de procesamiento está configurado, además, para: cuando la diferencia no sea menor que el umbral dado, determinar que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual no satisface la condición dada, y la activación para realizar una operación de cálculo, utilizando la
- 45 función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso siguiente en donde la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

Con referencia al tercer aspecto, o con referencia a la primera posible puesta en práctica del tercer aspecto, o con referencia a la segunda posible puesta en práctica del tercer aspecto, en una tercera posible puesta en práctica del tercer aspecto, el hecho de que el dispositivo de procesamiento obtiene, mediante el cálculo y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, incluye:

- 50 el cálculo de una diferencia entre la secuencia de señal real de la secuencia PN, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y
- la obtención, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia y la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.
- 60 Con referencia a la tercera posible puesta en práctica del tercer aspecto, en una cuarta posible puesta en práctica del tercer aspecto, el hecho de que el dispositivo de procesamiento obtiene, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia entre las secuencias de señal y la función de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el
- 65

cálculo iterativo anterior adyacente, el valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, incluye:

5 la obtención, mediante cálculo y de conformidad con una relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por el transmisor, y una señal óptica reflejada por la fibra óptica y recibida por el receptor, la diferencia, y la función de atenuación de la fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el cual la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

10 Con referencia al tercer aspecto, o con referencia a la primera posible puesta en práctica del tercer aspecto, o con referencia a la segunda posible puesta en práctica del tercer aspecto, o con referencia a la tercera posible puesta en práctica del tercer aspecto, o con referencia a la cuarta posible puesta en práctica del tercer aspecto, en una quinta posible puesta en práctica del tercer aspecto, el hecho de que el dispositivo de procesamiento calcula, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual, incluye:

15 la obtención, mediante el cálculo, de una secuencia de señal teórica de la señal óptica de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica y el valor de compensación; y

el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de la función de curva de atenuación de fibra óptica se obtiene mediante la iteración actual.

20 Con referencia a la quinta posible puesta en práctica del tercer aspecto, en una sexta posible puesta en práctica del tercer aspecto, el hecho de que el dispositivo de procesamiento calcula, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, incluye:

25 la realización, de conformidad con la relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por un transmisor, y una señal óptica reflejada por una fibra óptica y recibida por un receptor, del cálculo de correlación en la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN con el fin de obtener la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

30 Con referencia al tercer aspecto, o con referencia a la primera posible puesta en práctica del tercer aspecto, o con referencia a la segunda posible puesta en práctica del tercer aspecto, o con referencia a la tercera posible puesta en práctica del tercer aspecto, o con referencia a la cuarta posible puesta en práctica del tercer aspecto, o con referencia a la quinta posible puesta en práctica del tercer aspecto, o con referencia a la sexta posible puesta en práctica del tercer aspecto, cuando se inicia operativamente el cálculo del valor de compensación por primera vez, la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, incluye al menos una de las siguientes funciones de curva de atenuación de fibra óptica:

35 una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una prueba fuera de línea; o

una función de curva de atenuación de fibra óptica previamente memorizada.

40 De conformidad con las formas de realización de la presente invención, se detecta una secuencia de señal real de una secuencia PN enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida y recibida por un receptor; un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, se obtiene mediante el cálculo de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN, y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente; una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual se calcula de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y se determina, además, si la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada, y cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface la condición dada, se determina el rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual. De esta forma, se realiza la detección en tiempo real en la secuencia PN enviada por el transmisor, realizándose la compensación en tiempo real para una señal óptica reflejada en retorno utilizando la información de cambio de secuencia PN, obtenida mediante detección, y se utiliza un algoritmo iterativo. Lo que antecede mejora, de forma eficaz, el margen dinámico de un reflectómetro de dominio temporal óptico.

Breve descripción de los dibujos

5 Con el fin de describir, con mayor claridad, las soluciones técnicas en las formas de realización de la presente invención, a continuación, se describe, de forma breve, los dibujos adjuntos requeridos para describir las formas de realización. Evidentemente, los dibujos adjuntos, en la siguiente descripción, ilustran simplemente algunas formas de realización de la presente invención, y un experto en la técnica puede obtener, todavía, otros dibujos a partir de estos dibujos adjuntos sin necesidad de esfuerzos creativos.

10 La Figura 1 es un diagrama de flujo esquemático de un método para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico de conformidad con la presente invención;

La Figura 2 es un diagrama estructural esquemático de un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico de conformidad con la presente invención;

15 La Figura 3 es un diagrama estructural esquemático de un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico de conformidad con la presente invención; y

20 La Figura 4 es un diagrama estructural esquemático de un reflectómetro de dominio temporal óptico de conformidad con la presente invención.

Descripción de las formas de realización

25 Con el fin de lograr un objeto de la presente invención, las formas de realización de la presente invención dan a conocer un método y un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico. De conformidad con las formas de realización de la presente invención, se detecta una secuencia de señal real de una secuencia PN enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida y recibida por un receptor; se obtiene un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, mediante el cálculo de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente; una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual, se calcula de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y se determina, además, si la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, y cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface la condición dada, el rendimiento de la fibra óptica medida se determina de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

40 De esta forma, se realiza la detección en tiempo real en la secuencia PN enviada por el transmisor, se realiza la compensación en tiempo real para una señal óptica reflejada en retorno utilizando información de cambio de secuencia PN, obtenida mediante detección, y se utiliza un algoritmo iterativo. Lo que antecede mejora, de forma eficaz, el margen dinámico de un reflectómetro de dominio temporal óptico.

45 A continuación, se describen, además, las formas de realización de la presente invención en detalle con referencia a los dibujos adjuntos de esta memoria descriptiva. Evidentemente, las formas de realización descritas son simplemente algunas, pero no la totalidad, de las formas de realización de la presente invención. Todas las demás formas de realización, obtenidas por un experto en la técnica, sobre la base de las formas de realización de la presente invención sin necesidad de esfuerzos creativos, caerán dentro del alcance de protección de la presente invención.

50 Tal como se ilustra en la Figura 1, la Figura 1 es un diagrama de flujo esquemático de un método para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico de conformidad con la presente invención. El método se puede describir como sigue.

55 Etapa 101: La detección de una secuencia de señal real de una secuencia PN enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada por la fibra óptica medida y recibida por un receptor.

60 En la etapa 101, el transmisor envía la secuencia PN a la fibra óptica medida. La secuencia PN es de múltiples pulsos ópticos.

65 Más concretamente, un acoplador de señal acopla datos de servicio recibidos con una secuencia de señal teórica de una secuencia PN generada, de modo que la secuencia de señal teórica de la secuencia PN se modula sobre los datos de servicio; y se realiza la conversión eléctrica a óptica en los datos de servicio modulados en la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, y se envía una señal convertida a óptica a la fibra óptica medida.

Un dispositivo de detección optoelectrónico detecta la secuencia de señal real de la secuencia PN enviada a la fibra óptica medida.

5 Además, el dispositivo de detección optoelectrónico detecta la secuencia de señal real de la señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida y recibida por el receptor, y realiza el procesamiento de conversión óptica a eléctrica, amplificación y filtrado en la señal óptica detectada.

10 Etapa 102: La obtención, mediante el cálculo y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, de un valor de compensación de señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

15 En la etapa 102, en primer lugar, se obtiene una diferencia mediante el cálculo de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN.

Más concretamente, la secuencia de señal real de la secuencia PN, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN se introducen en un substractor con el fin de obtener la diferencia mediante el cálculo utilizando el substractor.

20 A modo de ejemplo, si la secuencia de señal teórica de la secuencia PN es P, y la secuencia de señal real detectada de la secuencia PN es Ps, la diferencia entre las secuencias de señal que se obtiene mediante el cálculo utilizando el restador es (Ps- P).

25 A continuación, el valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, se obtiene mediante el cálculo de conformidad con la diferencia y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente.

30 Más concretamente, el valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, se obtiene mediante el cálculo de conformidad con una relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por un transmisor, y una señal óptica reflejada por una fibra óptica y recibida por un receptor, la diferencia y la función de atenuación de la fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente.

35 Conviene señalar aquí que cuando el cálculo del valor de compensación se activa por primera vez, la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, incluye al menos una de las siguientes funciones de curva de atenuación de fibra óptica: una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una prueba fuera de línea; o una función de curva de atenuación de fibra óptica previamente memorizada.

40 La relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por un transmisor, y una señal óptica reflejada por una fibra óptica y recibida por un receptor, se puede expresar como: una señal óptica reflejada recibida por el receptor = convolución de los múltiples pulsos ópticos enviados por el transmisor y la función de atenuación de la fibra óptica.

45 Es decir, cuando la diferencia entre las secuencias de señal de los múltiples pulsos ópticos enviados por el transmisor se obtiene mediante el cálculo, la convolución de la diferencia y la función de atenuación de la fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, se calculan de conformidad con la diferencia y la función de atenuación de la fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, de modo que se obtenga el valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

50 A modo de ejemplo, si la diferencia es (Ps-P), y la función de atenuación de la fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente es  $f_n$ , el valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en donde se refleja la señal óptica por la fibra óptica medida es (Ps-P)\* $f_n$ .

60 Etapa 103: El cálculo, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual.

En la etapa 103, la secuencia de señal real detectada de la señal óptica se compensa, en primer lugar, de conformidad con el valor de compensación, con el fin de obtener una secuencia de señal teórica de la señal óptica compensada.

65 Más concretamente, la secuencia de señal teórica de la señal óptica se obtiene mediante el cálculo de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica y el valor de compensación.

A modo de ejemplo, se calcula una diferencia entre la secuencia de señal real de la señal óptica y el valor de compensación, y la diferencia obtenida es la secuencia de señal teórica de la señal óptica.

5 Se supone que la secuencia de señal real de la señal óptica es  $R_s$ , y el valor de compensación es  $(P_s - P)^*f_n$ , la secuencia de señal teórica de la señal óptica es  $R_s - (P_s - P)^*f_n$ .

A continuación, la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual se calcula de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN.

10 Más concretamente, el cálculo de correlación se realiza en la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de conformidad con la relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por un transmisor, y una señal óptica reflejada por una fibra óptica y recibida por un receptor, con el fin de obtener la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

Es decir, la secuencia de señal teórica de la señal óptica = la secuencia de señal teórica de la secuencia PN \* la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

20 Etapa 104: Cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, se interrumpe la iteración y se determina el rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de atenuación de la fibra óptica.

25 En la etapa 104, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada, incluye:

el cálculo de una diferencia entre la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente;

30 la comparación de la diferencia con un umbral dado; y

cuando la diferencia es menor que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface la condición dada; o

35 cuando la diferencia no es inferior que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual no satisface la condición dada, y la activación para realizar una operación de obtención, mediante el cálculo, y utilizando la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica.

40 De conformidad con la solución descrita en esta forma de realización de la presente invención, se detecta una secuencia de señal real de una secuencia PN, enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida, y recibida por un receptor; se obtiene un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, mediante el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN y una función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente; una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual se calcula de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y se determina, además, si la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, y cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface la condición dada, el rendimiento de la fibra óptica medida se determina de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual. De esta forma, se realiza la detección en tiempo real en la secuencia PN enviada por el transmisor, la compensación en tiempo real se realiza para una señal óptica reflejada en retorno utilizando información de cambio de secuencia PN obtenida mediante detección, y se utiliza un algoritmo iterativo. Lo que antecede mejora, de forma eficaz, un margen dinámico de un reflectómetro de dominio temporal óptico.

60 La Figura 2 es un diagrama estructural esquemático de un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico, de conformidad con una forma de realización de la presente invención. El aparato incluye una unidad de medición 21, una unidad de compensación 22, una unidad de cálculo 23 y una unidad de determinación 24.

La unidad de medición 21 está configurada para detectar una secuencia de señal real de una secuencia de pulso óptico pseudo-aleatoria, PN, enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida, y recibida por un receptor.

5 La unidad de compensación 22 está configurada para obtener, mediante el cálculo y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

10 La unidad de cálculo 23 está configurada para calcular, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, una función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante una iteración actual.

15 La unidad de determinación 24 está configurada para determinar, cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada, el rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.

20 Más concretamente, el hecho de que la unidad de determinación 24 esté configurada, concretamente, para determinar que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada, incluye:

25 el cálculo de una diferencia entre la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente;

la comparación de la diferencia con un umbral dado; y

30 cuando la diferencia es menor que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface la condición dada.

35 La unidad de determinación 24 está configurada, además, para: cuando la diferencia no es inferior que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, no satisface la condición dada, y la activación para realizar una operación de cálculo, utilizando la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso siguiente en donde la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

40 De forma opcional, la unidad de compensación 22 está configurada, específicamente, para: calcular una diferencia entre la secuencia de señal real de la secuencia PN, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y

la obtención, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia y la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

45 El hecho de que la unidad de compensación 22 esté configurada, específicamente, para obtener, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia entre las secuencias de señal, y la función de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, el valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, incluye:

50 la obtención, mediante cálculo y de conformidad con una relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por el transmisor, y una señal óptica reflejada por la fibra óptica y recibida por el receptor, la diferencia, y la función de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

60 Opcionalmente, la unidad de cálculo 23 está configurada, específicamente, para obtener mediante el cálculo, una secuencia de señal teórica de la señal óptica de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica y el valor de compensación; y

el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual.

65 El hecho de que la unidad de cálculo 23 está configurada, específicamente, para calcular, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, incluye:

5 la realización, de conformidad con la relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por un transmisor, y una señal óptica reflejada por una fibra óptica, y recibida por un receptor, del cálculo de correlación en la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, con el fin de obtener la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual.

10 De forma opcional, cuando el cálculo del valor de compensación se activa por primera vez, la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, incluye al menos una de las siguientes funciones de curva de atenuación de fibra óptica:

una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una prueba fuera de línea; o

15 una función de curva de atenuación de fibra óptica previamente memorizada.

Ha de observarse que la unidad de medición, dada a conocer en esta forma de realización de la presente invención, se puede poner en práctica mediante software o hardware. Esto no está concretamente limitado aquí.

20 La Figura 3 es un diagrama estructural esquemático de un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico de conformidad con una forma de realización de la presente invención. El aparato puede incluir un dispositivo de detección optoelectrónico 31 y un dispositivo de procesamiento 32.

25 El dispositivo de detección optoelectrónico 31 está configurado para detectar una secuencia de señal real de una secuencia de pulso óptico pseudo-aleatoria, PN, enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida y recibida por un receptor.

30 El dispositivo de procesamiento 32 está configurado para: obtener, mediante cálculo y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, detectada por el dispositivo de detección optoelectrónico, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN, y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida;

35 el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica detectada por el dispositivo de detección optoelectrónico, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de una función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante una iteración actual; y

40 la determinación, cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada, del rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual.

Como opción, el hecho de que el dispositivo de procesamiento 32 determine que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, incluye:

45 el cálculo de una diferencia entre la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, y la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente;

la comparación de la diferencia con un umbral dado; y

50 cuando la diferencia es menor que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface la condición dada.

55 Opcionalmente, el dispositivo de procesamiento 32 está configurado, además, para: cuando la diferencia no sea menor que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, no satisface la condición dada, y la activación para realizar una operación de cálculo, utilizando la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso siguiente en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

60 De forma opcional, el hecho de que el dispositivo de procesamiento 32 obtenga, mediante el cálculo y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, incluye:

65

el cálculo de una diferencia entre la secuencia de señal real de la secuencia PN, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y

5 la obtención, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

10 Opcionalmente, el hecho de que el dispositivo de procesamiento 32 obtenga, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia entre las secuencias de señal, y la función de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, el valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, incluye:

15 la obtención, mediante cálculo, y de conformidad con una relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por el transmisor, y una señal óptica reflejada por la fibra óptica y recibida por el receptor, la diferencia, y la función de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

20 De forma opcional, el hecho de que el dispositivo de procesamiento 32 calcula, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual, incluye:

25 la obtención, mediante el cálculo, de una secuencia de señal teórica de la señal óptica de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica y el valor de compensación; y

el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de la función de curva de atenuación de fibra óptica, que se obtiene mediante la iteración actual.

30 Opcionalmente, el hecho de que el dispositivo de procesamiento 32 calcula, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, incluye:

35 la realización, de conformidad con la relación de función entre una función de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por un transmisor, y una señal óptica reflejada por una fibra óptica y recibida por un receptor, del cálculo de correlación en la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, con el fin de obtener la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual.

40 De forma opcional, cuando el cálculo del valor de compensación se activa por primera vez, la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, incluye al menos una de las siguientes funciones de curva de atenuación de fibra óptica:

45 una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una prueba fuera de línea; o

una función de curva de atenuación de fibra óptica previamente memorizada.

50 De conformidad con el aparato descrito en esta forma de realización de la presente invención, se realiza la detección en tiempo real en una secuencia PN enviada por un transmisor, se realiza la compensación en tiempo real, para una señal óptica reflejada en retorno, utilizando información de cambio de secuencia PN, que se obtiene mediante la detección, y se utiliza un algoritmo iterativo. Lo anterior mejora, de forma eficaz, un margen dinámico de un reflectómetro de dominio temporal óptico.

55 La Figura 4 es un diagrama estructural esquemático de un reflectómetro de dominio temporal óptico, de conformidad con una forma de realización de la presente invención. El reflectómetro de dominio temporal óptico, descrito en esta forma de realización de la presente invención, incluye un módulo de procesamiento de datos 41, un módulo de datos de servicio 42, un módulo de acoplamiento de señal 43, un módulo de modulación electro-óptica 44, un acoplador 45, un primer módulo de detección optoelectrónico 46, un primer convertidor analógico a digital 47, un segundo módulo de detección optoelectrónico 48, y un segundo convertidor analógico a digital 49.

60 El módulo de procesamiento de datos 41 tiene una función del aparato descrito en las formas de realización de la presente invención.

65 Más concretamente, el módulo de procesamiento de datos 41 puede incluir una unidad de generación de secuencia PN 51, una primera unidad de muestreo de señal 52, una segunda unidad de muestreo de señal 53, un primer substractor 54, un segundo substractor 55, un procesador de convolución 56, una unidad lógica aritmética de

## ES 2 727 161 T3

correlación 57, una primera memoria de función de fibra óptica 58, una segunda memoria de función de fibra óptica 59, un tercer substractor 60 y un controlador 61.

5 El módulo de datos de servicio 42 está configurado para: generar datos de servicio y transmitir los datos de servicio generados al módulo de procesamiento de datos 41, y al módulo de acoplamiento de señal 43.

10 El módulo de acoplamiento de señal 43 está configurado para acoplar los datos de servicio recibidos con una secuencia PN, generada por la unidad de generación de secuencia PN 51, en el módulo de procesamiento de datos 41, de modo que la secuencia PN sea modulada sobre los datos de servicio.

15 El módulo de modulación electro-óptica 44 está configurado para: realizar una conversión eléctrica a óptica en los datos de servicio, sobre los que se modula la secuencia PN, del módulo de acoplamiento de señal 43, y para transmitir datos de servicio que experimentan una conversión eléctrica a óptica para una fibra óptica medida, utilizando el acoplador 45.

20 El primer módulo de detección optoelectrónico 46 está configurado para: recibir una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida y recibida por un extremo de recepción del acoplador 45, realizar una conversión analógica a digital en la secuencia de señal real de la señal óptica utilizando el primer convertidor analógico a digital 47, y para enviar una secuencia de señal real de la señal óptica que experimenta una conversión analógica a digital, a la primera unidad de muestreo de señal 52, en el módulo de procesamiento de datos 41.

25 El segundo módulo de detección optoelectrónico 48 está configurado para: detectar, a partir de un extremo de transmisión del acoplador 45, la secuencia de señal real de la secuencia PN enviada a la fibra óptica medida, y realizar una conversión analógica a digital en la secuencia de señal real de la secuencia PN, utilizando el segundo convertidor analógico a digital 49, y para enviar una secuencia de señal real de la secuencia PN que experimenta una conversión analógica a digital, al módulo de procesamiento de datos 41.

30 El primer substractor 54 está configurado para: realizar una operación de diferencia entre una secuencia de señal teórica de la secuencia PN generada en la unidad de generación de secuencia PN 51, y la secuencia de señal real de la secuencia PN, recogida en la segunda unidad de muestreo de señal 53, con el fin de obtener una diferencia, y enviar dicha diferencia al procesador de convolución 56.

35 El procesador de convolución 56 está configurado para obtener, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia y una función de curva de atenuación de fibra óptica, que se obtiene mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, y que se memoriza en la segunda memoria de función de fibra óptica 59, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

40 El segundo substractor 55 está configurado para realizar el cálculo en el valor de compensación obtenido mediante el cálculo por el procesador de convolución 56, y la secuencia de señal real de la señal óptica recogida por la primera unidad de muestreo de señal 52, con el fin de obtener una secuencia de señal teórica de la señal óptica.

45 La unidad lógica aritmética de correlación 57 está configurada para: obtener, mediante el cálculo y de conformidad con la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, generada en la unidad de generación de secuencia PN 51, y la secuencia de señal teórica de la señal óptica obtenida por el segundo substractor 55, mediante el cálculo, una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual, y memorizar la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida, en la primera memoria de función de fibra óptica 58.

50 El tercer substractor 60 está configurado para: calcular una diferencia entre la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual que se memoriza en la primera memoria de función de fibra óptica 58, y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, que se memoriza en la segunda memoria de función de fibra óptica 59, y envía la diferencia al controlador 61.

55 El controlador 61 está configurado para: comparar la diferencia con un umbral dado; cuando la diferencia es menor que el umbral dado, determinar que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada; y determinar, cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface la condición dada, el rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual;

60 cuando la diferencia no sea menor que el umbral dado, determinar que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, no satisface la condición dada, y activar el procesador de convolución para realizar una operación de cálculo, utilizando la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso siguiente en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

65

5 Conviene señalar que, cuando la diferencia no es inferior que el umbral dado, se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, no satisface la condición dada, la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, se envía por la primera memoria de función de fibra óptica 58, a la segunda memoria de función de fibra óptica 59, con el fin de actualizar la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente que se memoriza en la segunda memoria de función de fibra óptica 59.

10 Un experto en la técnica debería entender que las formas de realización de la presente invención se pueden proporcionar como un método, un aparato (dispositivo), o un producto de programa informático. Por lo tanto, la presente invención puede utilizar una forma de realización de solamente hardware, formas de realización solamente de software, o formas de realización con una combinación de software y hardware. Además, la presente invención puede utilizar una forma de un producto de programa informático que se pone en práctica en uno o más soportes de memorización legibles por ordenador (incluidos, entre otros, una memoria de disco, un CD-ROM, una memoria óptica, y similares) que incluye código de programa utilizable por ordenador.

15 La presente invención se describe con referencia a los diagramas de flujo y/o diagramas de bloque del método, el aparato (dispositivo), y el producto de programa informático, de conformidad con las formas de realización de la presente invención. Ha de entenderse que las instrucciones del programa informático se pueden utilizar para poner en práctica cada proceso y/o cada bloque, en los diagramas de flujo y/o los diagramas de bloque, y una combinación de un proceso y/o un bloque en los diagramas de flujo y/o los diagramas de bloque. Estas instrucciones de programa informático pueden proporcionarse para un ordenador de finalidad general, un ordenador dedicado, un procesador integrado, o un procesador de cualquier otro dispositivo de procesamiento de datos programable para generar una máquina, de modo que las instrucciones ejecutadas por un ordenador, o un procesador, de cualquier otro dispositivo de procesamiento de datos programable genera un aparato para la puesta en práctica de una función específica en uno o más procesos en los diagramas de flujo y/o en uno o más bloques, en los diagramas de bloque.

20 Estas instrucciones de programa informático se pueden memorizar, además, en una memoria legible por ordenador que puede indicar al ordenador, o cualquier otro dispositivo de procesamiento de datos programable, que funcione de una forma específica, de modo que las instrucciones memorizadas en la memoria legible por ordenador generen un dispositivo que incluye un aparato de instrucción. El aparato de instrucción pone en práctica una función específica en uno o más procesos en los diagramas de flujo, y/o en uno o más bloques, en los diagramas de bloque.

35 Estas instrucciones de programa informático se pueden cargar, además, en un ordenador u otro dispositivo de procesamiento de datos programable, de modo que se realicen una serie de operaciones y etapas en el ordenador, o el otro dispositivo programable con lo que se genera, de este modo, el procesamiento realizado por ordenador. Por lo tanto, las instrucciones ejecutadas en el ordenador, o el otro dispositivo programable, proporcionan etapas para la puesta en práctica de una función específica en uno o más procesos en los diagramas de flujo y/o en uno o más bloques en los diagramas de bloque.

40 Aunque se han descrito algunas formas de realización preferidas de la presente invención, los expertos en la técnica pueden realizar cambios y modificaciones en estas formas de realización una vez que aprenden el concepto inventivo básico. Por lo tanto, está previsto que las siguientes reivindicaciones cubran las formas de realización preferidas y todos los cambios y modificaciones que caigan dentro del alcance de la presente invención.

45 Evidentemente, un experto en la técnica puede hacer varias modificaciones y variaciones a la presente invención sin desviarse del alcance de la presente invención. La presente invención está prevista para cubrir estas modificaciones y variaciones a condición de que caigan dentro del alcance de protección definido por las siguientes reivindicaciones y sus tecnologías equivalentes.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico, que comprende:
- 5 la detección (101) de una secuencia de señal real de una secuencia de pulso óptico pseudo-aleatoria, PN, enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida y recibida por un receptor;
- 10 la obtención (102), mediante el cálculo, y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, de una secuencia de señal teórica de la secuencia PN y una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida;
- 15 el cálculo (103), de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, del valor de compensación y de la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual; y
- 20 la determinación (104), cuando se determina que la función de la curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface una condición dada, del rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual.
2. El método según la reivindicación 1, en donde la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada, comprende:
- 25 el cálculo de una diferencia entre la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, y la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente;
- 30 la comparación de la diferencia con un umbral dado; y
- cuando la diferencia es menor que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface la condición dada.
3. El método según la reivindicación 2, en donde el método comprende, además:
- 35 cuando la diferencia no es inferior que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, no satisface la condición dada, y la activación para realizar una operación de cálculo, utilizando la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso siguiente en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.
- 40
4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la obtención (102), mediante cálculo y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, de una secuencia de señal teórica de la secuencia PN, y de una función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, comprende:
- 45 el cálculo de una diferencia entre la secuencia de señal real de la secuencia PN, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y
- 50 la obtención, mediante el cálculo, y de conformidad con la diferencia y la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.
- 55
5. El método según la reivindicación 4, en donde la obtención (102), mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia entre las secuencias de señal, y la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida, comprende:
- 60 la obtención, mediante cálculo y de conformidad con una relación de función entre una función de curva de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por el transmisor, y una señal óptica reflejada por la fibra óptica y recibida por el receptor, de la diferencia y de la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.
- 65

6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el cálculo (103), de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, del valor de compensación, y de la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de una función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante una iteración actual, comprende:
- 5 la obtención, mediante el cálculo de una secuencia de señal teórica de la señal óptica de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica y el valor de compensación; y
- 10 el cálculo, de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de la función de curva de atenuación de fibra óptica que se obtiene mediante la iteración actual.
7. El método según la reivindicación 6, en donde el cálculo (103), de conformidad con la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, comprende:
- 15 la realización, de conformidad con la relación de función entre una función de curva de atenuación de fibra óptica de un reflectómetro de dominio temporal óptico, y un resultado de cálculo de correlación de múltiples pulsos ópticos transmitidos por un transmisor, y una señal óptica reflejada por una fibra óptica y recibida por un receptor, del cálculo de correlación en la secuencia de señal teórica de la señal óptica, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, con el fin de obtener la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual.
- 20 8. Un aparato para compensar un error de señal en un extremo de transmisión de un reflectómetro de dominio temporal óptico, que comprende:
- 25 una unidad de medición (21), configurada para detectar una secuencia de señal real de una secuencia de pulso óptico pseudo-aleatoria, PN, enviada por un transmisor a una fibra óptica medida, y una secuencia de señal real de una señal óptica reflejada en retorno por la fibra óptica medida y recibida por un receptor;
- 30 una unidad de compensación (22), configurada para obtener, mediante cálculo y de conformidad con la secuencia de señal real de la secuencia PN, una secuencia de señal teórica de la secuencia PN, y una función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante un cálculo iterativo anterior adyacente, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida;
- 35 una unidad de cálculo (23), configurada para calcular, de conformidad con la secuencia de señal real de la señal óptica, el valor de compensación y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN, de una función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante una iteración actual; y
- 40 una unidad de determinación (24), configurada para determinar, cuando se determina que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada, del rendimiento de la fibra óptica medida de conformidad con la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual.
9. El aparato según la reivindicación 8, en donde
- 45 el hecho de que la unidad de determinación (24) esté configurada, específicamente, para determinar que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, satisface una condición dada, comprende:
- 50 el cálculo de una diferencia entre la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual, y la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente;
- la comparación de la diferencia con un umbral dado; y
- 55 cuando la diferencia es menor que el umbral dado, la determinación de que la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual satisface la condición dada.
10. El aparato según la reivindicación 9, en donde
- 60 la unidad de determinación (24) está configurada, además, para: cuando la diferencia no es inferior que el umbral dado, determinar que la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante la iteración actual no satisface la condición dada, y la activación para realizar una operación de cálculo utilizando la función de curva de atenuación de fibra óptica obtenida mediante la iteración actual, de un valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso siguiente en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.
- 65 11. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde

la unidad de compensación (22) está configurada, concretamente, para: calcular una diferencia entre la secuencia de señal real de la secuencia PN, y la secuencia de señal teórica de la secuencia PN; y

- 5 la obtención, mediante el cálculo y de conformidad con la diferencia y la función de curva de atenuación de fibra óptica, obtenida mediante el cálculo iterativo anterior adyacente, del valor de compensación de la señal óptica que se atenúa en un proceso en el que la señal óptica es reflejada por la fibra óptica medida.

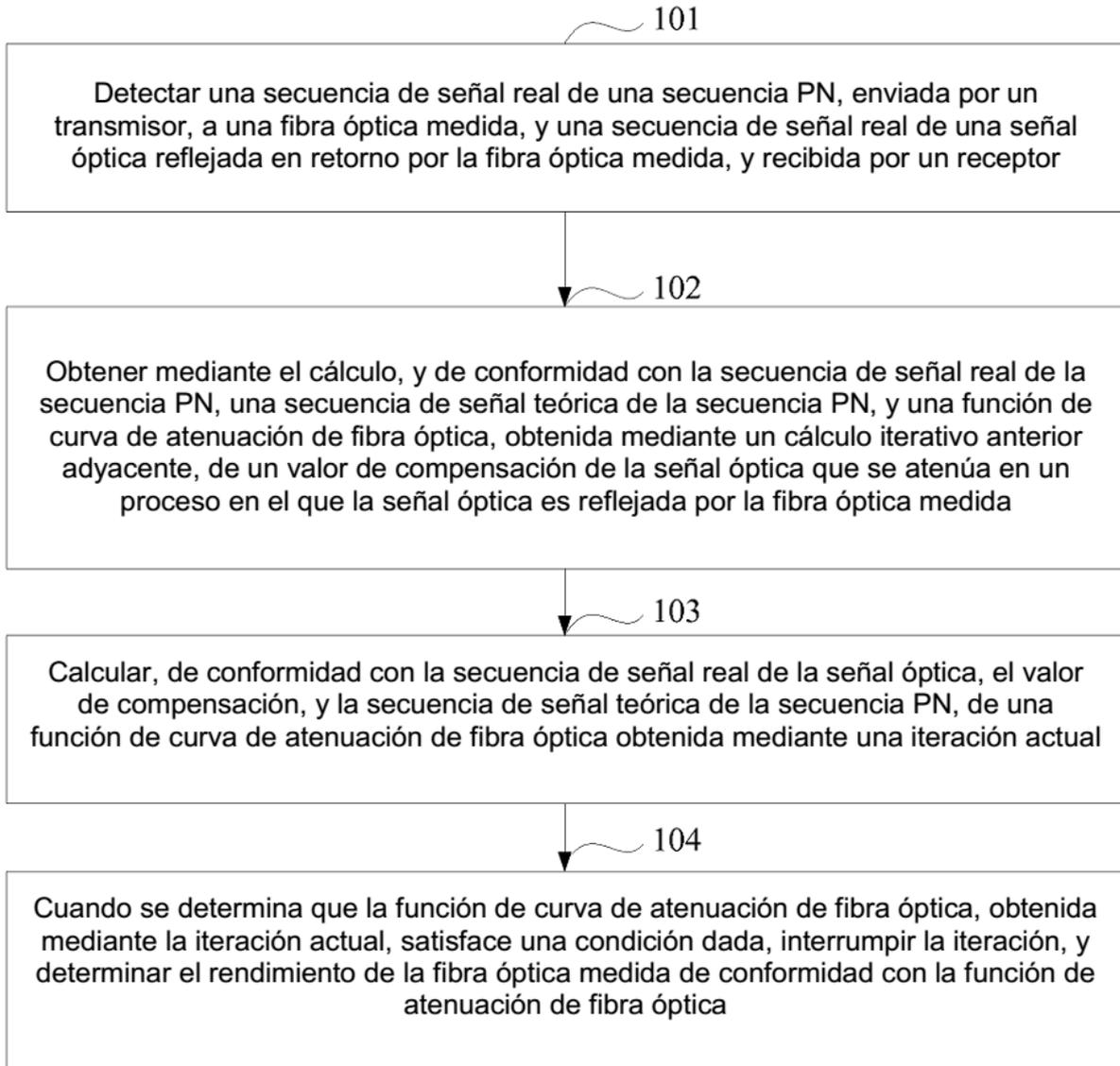


FIG. 1

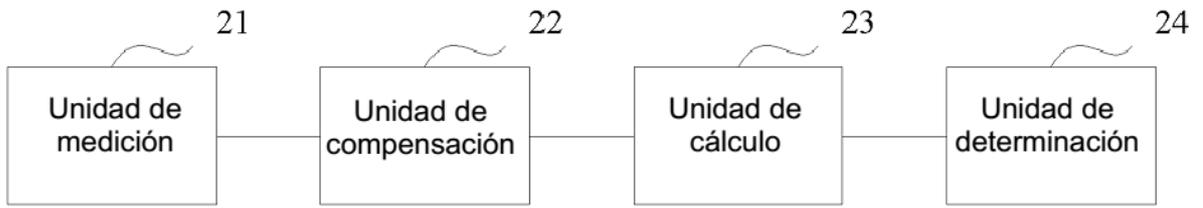


FIG. 2



FIG. 3

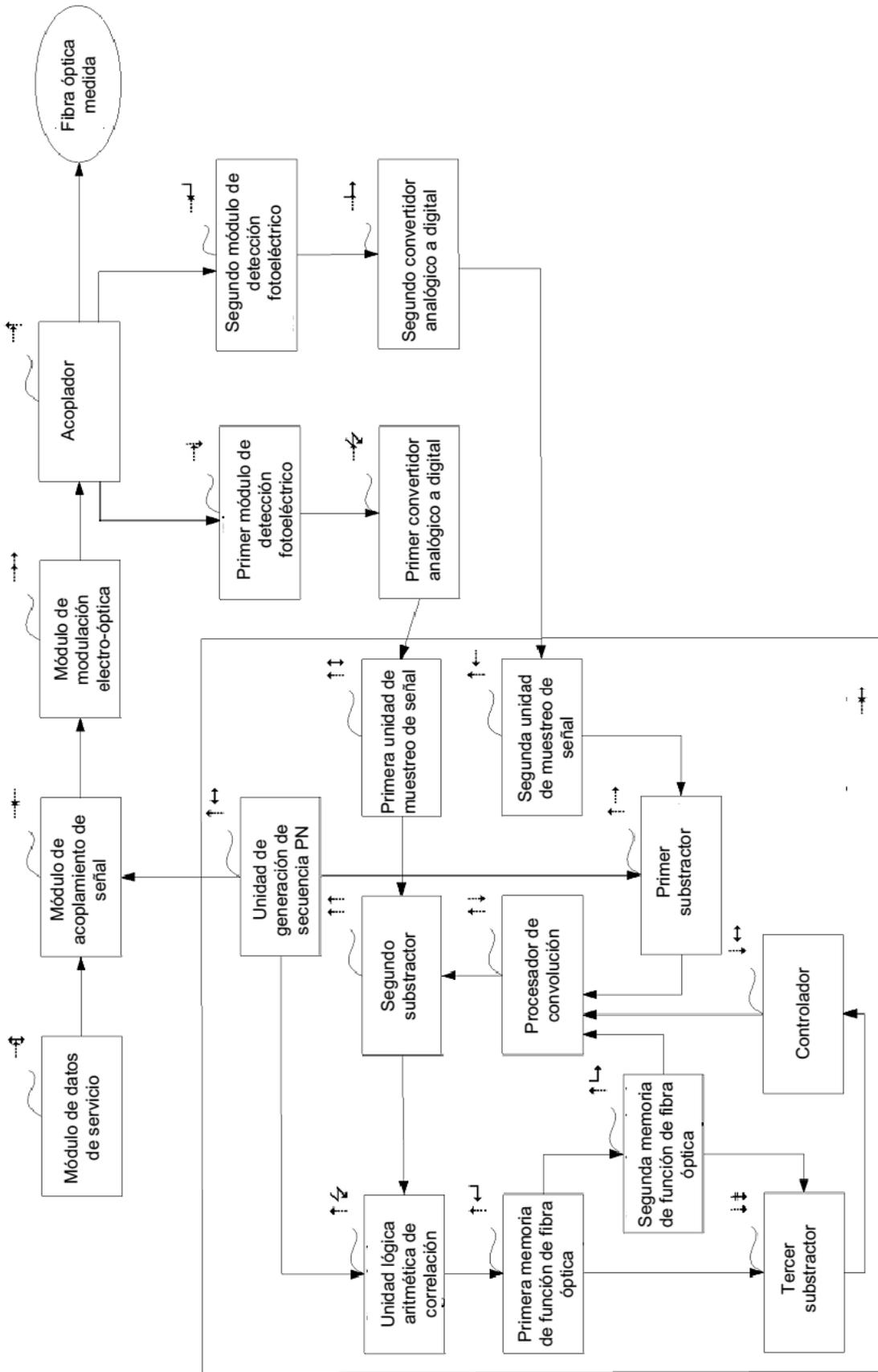


FIG. 4