



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0919927-6 B1

(22) Data do Depósito: 14/10/2009

(45) Data de Concessão: 06/10/2020



* B R P I 0 9 1 9 9 2 7 B 1 *

(54) Título: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE SISTEMA DE CABO SUBMARINO

(51) Int.Cl.: H04B 10/079; G01M 11/00.

(52) CPC: H04B 10/079; G01M 11/3127.

(30) Prioridade Unionista: 21/10/2008 CN 200810224575.6.

(73) Titular(es): HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD..

(72) Inventor(es): LEI LIU; GUANGYONG ZHANG; ZHIYONG FENG.

(86) Pedido PCT: PCT CN2009074455 de 14/10/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/045853 de 29/04/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/04/2011

(57) Resumo: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE SISTEMA DE CABO SUBMARINO. Um método e um dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino no campo de comunicações são providos. O método inclui as etapas a seguir. Um sinal ótico emitido por uma fonte ótica para um enlace de transmissão de um sistema de cabo submarino é dividido em dois percursos de sinais óticos, em que um percurso de sinais óticos serve como uma luz coerente local, e o outro percurso de sinais óticos é transformado por um deslocamento de frequência de percurso múltiplo e serve como percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de diferentes frequências. Um resultado de monitoração é obtido pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente, em sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de frequências diferentes. O dispositivo inclui uma fonte ótica, um módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo e um módulo de coerência.

**MÉTODO E DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE SISTEMA DE CABO
SUBMARINO**

CAMPO DA TECNOLOGIA

A presente invenção se refere ao campo de comunicações e, mais particularmente, a um método e a um dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Com o rápido desenvolvimento de tecnologias de informação, a rede de cabos submarinos que cobre a maioria dos mares ao redor do mundo se tornou uma rede de comunicação importante que porta importantes serviços de comunicação internacional. De modo a se garantirem serviços de comunicação estáveis, faz grande sentido monitorar um sistema de cabo submarino. Devido às características únicas de um sistema de comunicação por cabo ótico submarino, um teste on-line, isto é, uma monitoração on-line direta sem a interrupção do serviço às vezes é necessária. Portanto, diferentes estruturas de laço são empregadas para a monitoração do sistema de cabo submarino, e laços de teste especiais são usados para a retroalimentação de sinais de monitoração.

Atualmente, o princípio de monitoração de um sistema de cabo submarino é principalmente conforme se segue. Pulsos óticos são emitidos em uma fibra ótica de entrada. Devido ao fato de os pulsos óticos serem dispersos por partículas de dispersão ou refletidos por superfícies fraturadas da fibra ótica devido à reflexão de Fresnel, a luz refletida de Fresnel e a luz retrodifundida de Rayleigh são enviadas para um receptor por um divisor de feixe de luz e, então, são transformadas em sinais elétricos e

exibidas em um osciloscópio em conjunto com o tempo mudando. Desta maneira, um resultado de monitoração é obtido.

Na técnica anterior, um Reflectômetro de Domínio de
5 Tempo Ótico de Detecção Coerente (COTDR) é usado para a monitoração de um sistema de cabo submarino com um formato de modulação de chaveamento com deslocamento de amplitude (ASK) ou chaveamento com deslocamento de frequência (FSK) e, então, uma recepção coerente é realizada. Para FSK, em
10 essência, um sinal de uma frequência serve como a luz de detecção e um sinal de uma outra frequência serve como uma luz de preenchimento. Ao se fazer uso da luz de preenchimento, o fenômeno de um amplificador de fibra ótica dopado com érbio (EDFA) é eliminado, e a performance do
15 COTDR é melhorada.

A FIG. 1 é um diagrama esquemático de um cenário de aplicação de um COTDR na técnica anterior. O COTDR usa a teoria de dispersão de Rayleigh para a monitoração de um sistema de cabo submarino. A dispersão de Rayleigh é um
20 tipo de dispersão randômica que ocorre quando um sinal ótico é transmitido ao longo de uma fibra ótica. O COTDR apenas monitora uma parte da luz dispersa de Rayleigh que entra por uma janela de recebimento de luz do COTDR. A localização de um ponto de falha é determinada de acordo
25 com a potência da parte da luz dispersa de Rayleigh. Por exemplo, se a potência cair abruptamente em um ponto no tempo na curva de um resultado de monitoração, será julgado que existe uma falha na parte do sistema de cabo submarino correspondente ao ponto no tempo, e a distância entre o
30 ponto de falha e um terminal em terra pode ser calculada de

acordo com o ponto no tempo, de modo que a localização do ponto de falha seja obtida. Um enlace especial precisa ser projetado para um canal de feedback de sinal e, desta forma, a luz refletida do canal de enlace ascendente e os
5 sinais de pulso ótico emitidos podem entrar no canal de enlace descendente através de uma janela de emissão de luz do COTDR e ser refletida de volta.

Em uma outra solução para a monitoração de um sistema de cabo submarino, uma detecção é realizada pela emissão de
10 luz de múltiplos comprimentos de onda para a obtenção de um resultado de monitoração. Na solução, um laser de refletor de Bragg distribuído (DBR) é usado para a modulação de frequências em sequência com luz de um comprimento de onda emitido de cada vez, e, então, a detecção é realizada.

15 Após a análise da técnica anterior descrita acima, os inventores encontraram o seguinte.

1) Em um sistema de cabo submarino, quando um COTDR é usado para a monitoração do sistema de cabo submarino, de modo a se obter um resultado de monitoração preciso, o
20 resultado de monitoração obtido a cada vez precisa ter a média calculada por muitas vezes, normalmente 2^{16} vezes ou mesmo 2^{24} vezes. Portanto, quando um comprimento de 5.000 km precisa ser monitorado, já que cada execução de monitoração leva pelo menos 0,05 s, o tempo total requerido
25 para a monitoração é de em torno de uma hora (2^{16} vezes) ou mais, e esse tempo de monitoração longo pode afetar grandemente a eficiência de monitoração. Falando geralmente, o tempo de monitoração é longo, e a performance de monitoração em tempo real é ruim.

30 2) Se um laser sintonizável único for aplicado para a

geração de luz serial de múltiplos comprimentos de onda para a realização de uma detecção, como a recepção coerente é baseada na frequência da luz de preenchimento, apenas após o pulso de detecção ser emitido e a frequência da luz de detecção mudar para a frequência da luz de preenchimento a forma de onda poderá ser detectada. Se mais comprimentos de onda forem adotados, as zonas cegas de monitoração serão maiores.

Devido ao fato de ser requerido que dados estejam alinhados e sejam acumulados em uma extremidade de receptor, uma grande quantidade de dados de amostragem torna o sistema complexo. Além disso, a acumulação e o armazenamento em buffer da grande quantidade de dados de amostragem precisam de espaço de dados considerável e tempo.

O ajuste de comprimento de onda do laser de DBR leva tempo, o que não é conveniente para a detecção.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De modo a melhorar a performance de um sistema de cabo submarino, as modalidades da presente invenção provêem um método e um dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino. As soluções técnicas são descritas a seguir.

Um método para a monitoração de um sistema de cabo submarino inclui as etapas a seguir:

divisão de um sinal ótico emitido por uma fonte ótica para um enlace de transmissão de um sistema de cabo submarino em dois percursos de sinais óticos, em que um percurso de sinais óticos serve como uma luz coerente local, e o outro percurso de sinais óticos é transformado

por um deslocamento de frequência de percurso múltiplo e serve como percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de diferentes frequências; e

obtenção de um resultado de monitoração pela
5 realização de uma detecção coerente, com a luz coerente, em sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de frequências diferentes.

O método também inclui: a emissão, pela fonte ótica, de luz de preenchimento, após a emissão do sinal ótico.

10 A obtenção do resultado de monitoração pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, nos sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de diferentes frequências inclui:

a modulação dos percursos múltiplos de sinais óticos
15 de detecção de diferentes frequências em percursos múltiplos de sinais de pulso; e

a obtenção de percursos múltiplos de sinais óticos pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, em cada um dos sinais óticos retornados dos
20 percursos múltiplos de sinais de pulso.

Após a obtenção dos percursos múltiplos de sinais óticos pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, em cada um dos sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais de pulso, o método ainda
25 inclui as etapas a seguir:

transformação dos percursos múltiplos de sinais óticos em percursos múltiplos de sinais elétricos; e

obtenção de percursos múltiplos de sinais elétricos de diferentes frequências pela filtração dos percursos
30 múltiplos de sinais elétricos obtidos pela realização da

transformação, e obtenção de um resultado de monitoração pelo processamento dos percursos múltiplos de sinais elétricos de frequências diferentes.

Um dispositivo para a monitoração de um sistema de
5 cabo submarino inclui uma fonte ótica, um módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo e um módulo de coerência.

A fonte ótica é configurada para a emissão de um sinal ótico e a divisão do sinal ótico em dois percursos de
10 sinais óticos, em que um percurso de sinal ótico serve como uma luz coerente local, e o outro percurso de sinais óticos serve como um sinal ótico de detecção.

O módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo é configurado para a transformação do sinal ótico
15 de detecção, emitido pela fonte ótica, em percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de frequências diferentes.

O módulo de coerência é configurado para receber sinais óticos retornados dos sinais óticos de detecção de
20 diferentes frequências, e realizar uma detecção coerente nos sinais óticos retornados com o sinal ótico coerente local.

A fonte ótica também é configurada para emitir luz de preenchimento após a emissão do sinal ótico.

25 O dispositivo também inclui um módulo de modulação de pulso.

O módulo de modulação de pulso é configurado para a modulação dos percursos múltiplos de sinais óticos de frequências diferentes obtidos pelo módulo de deslocamento
30 de frequência de percurso múltiplo em percursos múltiplos

de sinais de pulso.

Assim sendo, o módulo de coerência é configurado para realizar uma detecção coerente, com a luz coerente local, em cada um dos sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais óticos obtidos pelo módulo de modulação de pulso.

O dispositivo ainda inclui um módulo de transformação, um módulo de filtração de percurso múltiplo e um módulo de processamento.

10 O módulo de transformação é configurado para transformar percursos múltiplos de sinais óticos obtidos pelo módulo de coerente em percursos múltiplos de sinais elétricos.

15 O módulo de filtração de percurso múltiplo é configurado para a obtenção de percursos múltiplos de sinais elétricos de diferentes frequências pela filtração de percursos múltiplos de sinais elétricos obtidos pelo módulo de transformação.

20 O módulo de processamento é configurado para a obtenção de um resultado de monitoração pelo processamento de percursos múltiplos de sinais elétricos de diferentes frequências obtidos pelo módulo de filtração de percurso múltiplo.

25 As soluções técnicas providas nas modalidades da presente invenção têm os efeitos benéficos a seguir. Pelo envio de sinais de detecção em paralelo, o método e o dispositivo providos pela presente invenção melhoram a performance de monitoração, reduzem grandemente o tempo de detecção, eliminam zonas cegas de monitoração, resolvem o problema de alinhamento de dados de amostra, poupam espaço

30

de dados e tempo para a acumulação e o armazenamento em buffer de uma grande quantidade de dados, e diminuem as densidades espectrais de potência ótica e os efeitos não lineares dos sinais óticos de detecção.

5 BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A FIG. 1 é um diagrama esquemático de um cenário de aplicação de um COTDR na técnica anterior;

a FIG. 2 é um fluxograma de um método para a monitoração de um sistema de cabo submarino de acordo com a
10 Modalidade 1 da presente invenção;

a FIG. 3 é um diagrama esquemático de uma forma de onda de saída de acordo com a Modalidade 1 da presente invenção;

a FIG. 4 é um fluxograma de um método para a
15 monitoração de um sistema de cabo submarino de acordo com a Modalidade 2 da presente invenção;

a FIG. 5 é um diagrama esquemático da estrutura de um dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino de acordo com a Modalidade 3 da presente
20 invenção; e

a FIG. 6 é um diagrama esquemático da estrutura de um dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino de acordo com a Modalidade 4 da presente invenção.

25 DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES

Para se tornarem mais compreensíveis os objetivos, as soluções técnicas e as vantagens da presente invenção, as modalidades da presente invenção são descritas em detalhes com referência aos desenhos associados e às modalidades a
30 seguir.

Modalidade 1

Conforme mostrado na FIG. 2, uma modalidade da presente invenção provê um método para a monitoração de um sistema de cabo submarino. No método, a luz paralela de múltiplos comprimentos de onda é usada para a monitoração. Uma fonte ótica única é usada para servir como uma luz de detecção e uma luz coerente local. Os sinais óticos de diferentes frequências podem ser gerados a partir da luz de detecção e são emitidos em conjunto. Um resultado de monitoração é obtido pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, nos sinais óticos retornados dos sinais óticos de detecção de diferentes frequências. O método inclui as etapas a seguir

Etapa 101: dividir um sinal ótico emitido por uma fonte ótica para um enlace de transmissão em um sistema de cabo submarino em dois percursos de sinal ótico, em que um percurso de sinais óticos serve diretamente como uma luz coerente local, e o outro percurso de sinais óticos é transformado por um deslocamento de frequência de percurso múltiplo e serve como percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de frequências diferentes.

O deslocamento de frequência de percurso múltiplo pode ser realizado no sinal ótico pelo uso de um dispositivo de modulação acústico-ótico.

O sinal ótico é dividido em percursos múltiplos de sinais óticos de frequências diferentes que servem como sinais óticos de detecção, de modo que um sinal ótico de detecção contenha múltiplas componentes de frequência, o que pode efetivamente diminuir as densidades espectrais de potência ótica dos sinais óticos de detecção e efeitos não

lineares.

Etapa 102: obtenção de um resultado de monitoração pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, em sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais óticos de frequências diferentes.

Os sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais óticos de frequências diferentes incluem sinais óticos dispersos e sinais óticos refletidos. Um sinal ótico disperso é um sinal ótico randômico gerado e retornando quando um sinal ótico é transmitido ao longo do enlace de transmissão do sistema de cabo submarino. Um sinal ótico refletido é um sinal ótico retornado a partir de um ponto de falha no enlace de transmissão do sistema de cabo submarino.

Em uma curva do resultado de monitoração obtido, se não houver um ponto de interrupção ou um ponto abrupto, o sistema de cabo submarino funcionará apropriadamente; se houver qualquer ponto de interrupção ou um ponto abrupto, existirá uma falha no sistema de cabo submarino.

A fonte ótica também pode emitir luz de preenchimento após a emissão do sinal ótico. A dispersão de comprimento de onda da luz de preenchimento pode ser ignorada. Conforme mostrado na FIG. 3, a potência da luz de detecção pode ser maior do que a potência da luz de preenchimento, e, portanto, a faixa de monitoração é estendida.

Pelo envio da luz de preenchimento, o fenômeno de surto de um EDFA é eliminado. Portanto, a performance de um COTDR é melhorada. Além disso, o problema de instabilidade na operação do EDFA causado pelas mudanças abruptas das frequências dos sinais óticos de detecção é resolvido.

A solução técnica da presente invenção tem os efeitos benéficos a seguir. Pela emissão de luz de múltiplos comprimentos de onda para a detecção, as zonas cegas de monitoração são eliminadas, o problema de alinhamento de dados de amostra é evitado, o espaço de dados e o tempo para a acumulação e o armazenamento em buffer de uma grande quantidade de dados são poupados, e o tempo de monitoração é grandemente reduzido, sem comprometimento da performance de monitoração, por exemplo, o tempo de monitoração é reduzido quando a mesma distância é monitorada; ou uma performance de monitoração mais alta é obtida no mesmo tempo de monitoração, por exemplo, uma distância mais longa é monitorada no mesmo tempo de monitoração. Mais ainda, devido ao fato de a luz de detecção conter múltiplas componentes de frequência, as densidades espectrais de potência ótica desta parte e os efeitos não lineares são efetivamente diminuídos. Além disso, devido ao fato de a luz de preenchimento ser adicionada, o problema de instabilidade na operação do EDFA causado por mudanças abruptas da potência dos sinais óticos de detecção é resolvido.

Modalidade 2

Conforme mostrado na FIG. 4, uma modalidade da presente invenção provê um outro método para a monitoração de um sistema de cabo submarino. No método, luz paralela de múltiplos comprimentos de onda é usada para a monitoração. Uma fonte de sinal ótico é usada para servir como a luz de detecção e a luz coerente local. Os sinais óticos de diferentes frequências podem ser gerados a partir da luz de detecção e são emitidos em conjunto. Um resultado de

monitoração é obtido pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, nos sinais óticos retornados dos sinais óticos de detecção de diferentes frequências. O método inclui as etapas a seguir.

5 Etapa 201: divisão de um sinal ótico emitido por uma fonte ótica para um enlace de transmissão de um sistema de cabo submarino em dois percursos de sinais óticos, em que um percurso de sinais óticos serve diretamente como uma luz coerente local, e o outro percurso dos sinais óticos é
10 transformado por um deslocamento de frequência de percurso múltiplo e serve como percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de frequências diferentes.

 Etapa 202: modulação dos sinais óticos de detecção de frequências diferentes obtidos pelo deslocamento de
15 frequência de percurso múltiplo para percursos múltiplos de sinais de pulso e, então, a emissão dos sinais de pulso.

Os sinais óticos de detecção podem ser modulados pelo uso de um gerador de pulso.

 Etapa 203: obtenção de percursos múltiplos de sinais
20 óticos pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, em cada um dos sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais de pulso, e a transformação dos percursos múltiplos de sinais óticos em percursos múltiplos de sinais elétricos.

25 Os sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais de pulso ótico incluem sinais óticos dispersos e sinais óticos refletidos. Um sinal ótico disperso é um sinal ótico randômico gerado e retornando quando um sinal ótico é transmitido ao longo do enlace de transmissão do
30 sistema de cabo submarino. Um sinal ótico refletido é um

sinal ótico retornado a partir de um ponto de falha no enlace de transmissão do sistema de cabo submarino.

Os percursos múltiplos de sinais óticos após uma detecção coerente podem ser transformados nos percursos múltiplos de sinais elétricos pelo uso de um detector ótico-eletrônico.

Etapa 204: obtenção de percursos múltiplos de sinais elétricos de frequências diferentes pela filtração dos percursos múltiplos de sinais elétricos obtidos pela realização da transformação, e obtenção de um resultado de monitoração pelo processamento de percursos múltiplos de sinais elétricos de frequências diferentes.

Os percursos múltiplos de sinais elétricos obtidos pela realização da transformação também podem ser filtrados pelo uso de um filtro de percurso múltiplo. Dispositivos como um centro de filtro, por exemplo, filtros elétricos, podem ser usados no filtro de percurso múltiplo para a filtração de sinais de frequências diferentes.

O processamento dos percursos múltiplos de sinais elétricos de frequências diferentes é o mesmo que aquele na técnica anterior, e os detalhes não são descritos aqui novamente.

Em uma curva do resultado de monitoração obtido, se não houver nenhum ponto de interrupção ou ponto abrupto, o sistema de cabo submarino funcionará apropriadamente; se houver qualquer ponto de interrupção ou ponto abrupto, existirá uma falha no sistema de cabo submarino.

A fonte ótica também pode emitir luz de preenchimento após a emissão do sinal ótico. A dispersão de comprimento de onda da luz de preenchimento pode ser ignorada. Conforme

mostrado na FIG. 3 da Modalidade 1, a potência da luz de detecção pode ser maior do que a potência da luz de preenchimento e, portanto, a faixa de monitoração é estendida.

5 Pelo envio da luz de preenchimento, o fenômeno de surto de um EDFA é eliminado. Portanto, a performance de um COTDR é melhorada. Além disso, o problema de instabilidade na operação do EDFA causado pelas mudanças abruptas das frequências dos sinais óticos de detecção é resolvido.

10 A solução técnica da presente invenção tem os efeitos benéficos a seguir. Pela emissão de luz paralela de múltiplos comprimentos de onda para a detecção, as zonas cegas de monitoração são eliminadas, o problema de alinhamento de dados de amostra é evitado, o espaço de
15 dados e o tempo para a acumulação e o armazenamento em buffer de uma grande quantidade de dados são poupados, e o tempo de monitoração é grandemente reduzido, sem comprometimento da performance de monitoração, por exemplo, o tempo de monitoração é reduzido quando a mesma distância
20 é monitorada; ou uma performance de monitoração mais alta é obtida no mesmo tempo de monitoração, por exemplo, uma distância mais longa é monitorada no mesmo tempo de monitoração. Mais ainda, devido ao fato de a luz de detecção conter múltiplas componentes de frequência, as
25 densidades espectrais de potência ótica desta parte e os efeitos não lineares são efetivamente diminuídos. Além disso, devido ao fato de a luz de preenchimento ser adicionada, o problema de instabilidade na operação do EDFA causado por mudanças abruptas da potência da luz de
30 detecção é resolvido.

Modalidade 3

Conforme mostrado na FIG. 5, uma modalidade da presente invenção provê um dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino. O dispositivo inclui uma
5 fonte ótica 501, um módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo 502 e um módulo de coerência 503.

A fonte ótica 501 é configurada para emitir um sinal ótico, e dividir o sinal ótico emitido para um enlace de transmissão de um sistema de cabo submarino em dois
10 percursos de sinais óticos, em que um percurso dos sinais óticos serve como uma luz coerente local, e o outro percurso dos sinais óticos é transformado pelo módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo 502 e serve como sinais óticos de detecção.

O módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo 502 é configurado para dividir o sinal ótico emitido pela fonte ótica 501 em percursos múltiplos de
15 sinais óticos de frequências diferentes.

O deslocamento de frequência de percurso múltiplo pode
20 ser realizado no sinal ótico pelo uso de um dispositivo de modulação acústico-ótico.

O sinal ótico é dividido em percursos múltiplos de sinais óticos de frequências diferentes que servem como sinais óticos de detecção, de modo que um sinal ótico de
25 detecção contenha componentes de frequência múltipla, o que pode efetivamente diminuir as densidades espectrais de potência ótica desta parte e efeitos não lineares.

O módulo de coerência 503 é configurado para realizar uma detecção coerente nos sinais óticos retornados dos
30 sinais óticos de detecção passando através do módulo de

deslocamento de frequência de percurso múltiplo 502 com o sinal ótico coerente local emitido pela fonte ótica 501, e obter um resultado de monitoração.

Os sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de
5 sinais óticos de detecção de frequências diferentes incluem sinais óticos dispersos e sinais óticos refletidos. Um sinal ótico disperso é um sinal ótico randômico gerado e retornando quando um sinal ótico é transmitido ao longo do enlace de transmissão do sistema de cabo submarino. Um
10 sinal ótico refletido é um sinal ótico retornado a partir de um ponto de falha no enlace de transmissão do sistema de cabo submarino.

Em uma curva do resultado de monitoração obtido, se não houver um ponto de interrupção ou um ponto abrupto, o
15 sistema de cabo submarino funcionará apropriadamente; se houver qualquer ponto de interrupção ou um ponto abrupto, existirá uma falha no sistema de cabo submarino.

A fonte ótica 501 também pode emitir luz de preenchimento após a emissão do sinal ótico. A dispersão de
20 comprimento de onda da luz de preenchimento pode ser ignorada. Conforme mostrado na FIG. 3, a potência da luz de detecção pode ser maior do que a potência da luz de preenchimento, e, portanto, a faixa de monitoração é estendida.

25 Pelo envio da luz de preenchimento, o fenômeno de surto de um EDFA é eliminado. Portanto, a performance de um COTDR é melhorada. Além disso, o problema de instabilidade na operação do EDFA causado pelas mudanças abruptas das frequências dos sinais óticos de detecção é resolvido.

30 A solução técnica da presente invenção tem os efeitos

benéficos a seguir. Pela emissão de luz paralela de múltiplos comprimentos de onda para a detecção, as zonas cegas de monitoração são eliminadas, o problema de alinhamento de dados de amostra é evitado, o espaço de dados e o tempo para a acumulação e o armazenamento em buffer de uma grande quantidade de dados são poupados, e o tempo de monitoração é grandemente reduzido, sem comprometimento da performance de monitoração, por exemplo, o tempo de monitoração é reduzido quando a mesma distância é monitorada; ou uma performance de monitoração mais alta é obtida no mesmo tempo de monitoração, por exemplo, uma distância mais longa é monitorada no mesmo tempo de monitoração. Mais ainda, devido ao fato de a luz de detecção conter múltiplas componentes de frequência, as densidades espectrais de potência ótica desta parte e os efeitos não lineares são efetivamente diminuídos. Além disso, devido ao fato de a luz de preenchimento ser adicionada, o problema de instabilidade na operação do EDFA causado por mudanças abruptas da potência dos sinais óticos de detecção é resolvido.

Modalidade 4

Conforme mostrado na FIG. 6, uma modalidade da presente invenção provê um outro dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino. O dispositivo inclui uma fonte ótica 601, um módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo 602, um módulo de modulação de pulso 603, um módulo de coerência 604, um módulo de transformação 605, um módulo de filtração de percurso múltiplo 606, e um módulo de processamento 607.

A fonte ótica 601 é configurada para emitir um sinal

ótico, e dividir o sinal ótico emitido para um enlace de transmissão de um sistema de cabo submarino em dois percursos de sinais óticos, em que um percurso dos sinais óticos serve como uma luz coerente local, e o outro
5 percurso dos sinais óticos é transformado pelo módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo 602 e serve como sinais óticos de detecção. A fonte ótica 601 também é configurada para emitir luz de preenchimento após a emissão do sinal ótico. A dispersão de comprimento de onda da luz
10 de preenchimento pode ser ignorada. Conforme mostrado na FIG. 3, a potência da luz de detecção pode ser maior do que a potência da luz de preenchimento, e, portanto, a faixa de monitoração é estendida.

Pelo envio da luz de preenchimento, o fenômeno de
15 surto de um EDFA é eliminado. Portanto, a performance de um COTDR é melhorada. Além disso, o problema de instabilidade na operação do EDFA causado pelas mudanças abruptas das frequências dos sinais óticos de detecção é resolvido.

O módulo de deslocamento de frequência de percurso
20 múltiplo 602 é configurado para dividir o sinal ótico emitido pela fonte ótica 601 em percursos múltiplos de sinais óticos de frequências diferentes.

O deslocamento de frequência de percurso múltiplo pode ser realizado no sinal ótico pelo uso de um dispositivo de
25 modulação acústico-ótico.

O sinal ótico é dividido em percursos múltiplos de sinais óticos de frequências diferentes que servem como sinais óticos de detecção, de modo que um sinal ótico de detecção contenha componentes de frequência múltipla, o que
30 pode efetivamente diminuir as densidades espectrais de

potência ótica desta parte e efeitos não lineares.

O módulo de modulação de pulso 603 é configurado para modular os percursos múltiplos de sinais óticos de frequências diferentes obtidos pelo módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo 602 em percursos múltiplos de sinais de pulso.

Os sinais óticos de detecção podem ser modulados pelo uso de um gerador de pulso.

O módulo de coerência 604 é configurado para realizar uma detecção coerente, com a luz coerente local, em cada um dos sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de percursos múltiplos de sinais de pulso obtidos pelo módulo de modulação de pulso 603, e obter percursos múltiplos de sinais óticos.

Os sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais de pulso ótico incluem sinais óticos dispersos e sinais óticos refletidos. Um sinal ótico disperso é um sinal ótico randômico gerado e retornando quando um sinal ótico é transmitido ao longo do enlace de transmissão do sistema de cabo submarino. Um sinal ótico refletido é um sinal ótico retornado a partir de um ponto de falha no enlace de transmissão do sistema de cabo submarino.

Os percursos múltiplos de sinais óticos após uma detecção coerente podem ser transformados em percursos múltiplos de sinais elétricos pelo uso de um detector ótico-eletrônico.

O módulo de transformação 605 é configurado para transformar os percursos múltiplos de sinais óticos obtidos pelo módulo de coerência 604 em percursos múltiplos de sinais elétricos.

Os percursos múltiplos de sinais óticos após uma detecção coerente podem ser transformados em percursos múltiplos de sinais elétricos pelo uso de um detector ótico-eletrônico.

5 O módulo de filtração de percurso múltiplo 606 é configurado para a obtenção de percursos múltiplos de sinais elétricos de frequências diferentes pela filtração dos percursos múltiplos de sinais elétricos obtidos pelo módulo de transformação 605.

10 Os percursos múltiplos de sinais elétricos obtidos pela realização da transformação também podem ser filtrados pelo uso de um filtro de percurso múltiplo. Dispositivos com um centro de filtro, por exemplo, filtros elétricos, podem ser usados no filtro de percurso múltiplo para a
15 filtração de sinais de frequências diferentes.

O módulo de processamento 607 é configurado para a obtenção de um resultado de monitoração pelo processamento de percursos múltiplos de sinais elétricos de frequências diferentes obtidas pelo módulo de filtração de percurso
20 múltiplo 606.

O processamento dos percursos múltiplos de sinais elétricos de frequências diferentes é o mesmo que na técnica anterior, e os detalhes não são descritos aqui novamente.

25 O resultado de monitoração obtido é o resultado da monitoração de um sistema de cabo submarino. Em uma curva do resultado de monitoração obtido, se não houver um ponto de interrupção ou um ponto abrupto, o sistema de cabo submarino funcionará apropriadamente; se houver qualquer
30 ponto de interrupção ou um ponto abrupto, existirá uma

falha no sistema de cabo submarino.

A solução técnica da presente invenção tem os efeitos benéficos a seguir. Pela emissão de luz paralela de múltiplos comprimentos de onda para a detecção, as zonas cegas de monitoração são eliminadas, o problema de alinhamento de dados de amostra é evitado, o espaço de dados e o tempo para a acumulação e o armazenamento em buffer de uma grande quantidade de dados são poupados, e o tempo de monitoração é grandemente reduzido, sem comprometimento da performance de monitoração, por exemplo, o tempo de monitoração é reduzido quando a mesma distância é monitorada; ou uma performance de monitoração mais alta é obtida no mesmo tempo de monitoração, por exemplo, uma distância mais longa é monitorada no mesmo tempo de monitoração. Mais ainda, devido ao fato de a luz de detecção conter múltiplas componentes de frequência, as densidades espectrais de potência ótica desta parte e os efeitos não lineares são efetivamente diminuídos. Além disso, devido ao fato de a luz de preenchimento ser adicionada, o problema de instabilidade na operação do EDFA causado por mudanças abruptas da potência dos sinais óticos de detecção é resolvido.

As modalidades da presente invenção podem ser implementadas pelo uso de um software, e o programa de software correspondente pode ser armazenado em um meio de armazenamento que pode ser lido, tal como um disco rígido, um buffer ou um disco ótico de um computador.

As descrições acima são meramente modalidades de exemplo da presente invenção, mas não se pretende que limitem a presente invenção. Qualquer modificação,

substituição equivalente ou melhoramento feito, sem que se desvie do princípio da presente invenção, deve cair no escopo de proteção da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a monitoração de um sistema de cabo submarino, **caracterizado** por compreender:

a divisão de um sinal ótico emitido por uma fonte
5 ótica para um enlace de transmissão de um sistema de cabo submarino em dois percursos de sinais óticos, em que sinais óticos de um percurso servem como uma luz coerente local, e sinais óticos de outro percurso são transformados por um deslocamento de frequência de percurso múltiplo e servem
10 como luzes paralelas de percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de diferentes frequências(101); e

a obtenção de um resultado de monitoração pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, em sinais óticos retornados das luzes paralelas de
15 percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de frequências diferentes (102).

2. Método para a monitoração de um sistema de cabo submarino, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender ainda: a emissão, pela fonte ótica, de luz
20 de preenchimento, após a emissão do sinal ótico.

3. Método para a monitoração de um sistema de cabo submarino, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato da obtenção do resultado de monitoração pela realização de uma detecção coerente, com a
25 luz coerente local, nos sinais óticos retornados de luzes paralelas dos percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de diferentes frequências compreender:

a modulação de luzes paralelas dos percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de diferentes frequências em
30 percursos múltiplos de sinais de pulso; e

a obtenção de percursos múltiplos de sinais óticos pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, em cada um dos sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais de pulso.

5 4. Método para a monitoração de um sistema de cabo submarino, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de, após a obtenção dos percursos múltiplos de sinais óticos pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente local, em cada um dos sinais óticos
10 retornados dos percursos múltiplos de sinais de pulso, o método ainda compreender:

 a transformação dos percursos múltiplos de sinais óticos em percursos múltiplos de sinais elétricos; e

 a obtenção de percursos múltiplos de sinais elétricos
15 de diferentes frequências pela filtração dos percursos múltiplos de sinais elétricos obtidos pela realização da transformação, e obtenção de um resultado de monitoração pelo processamento dos percursos múltiplos de sinais elétricos de frequências diferentes.

20 5. Dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino, **caracterizado** por compreender:

 uma fonte ótica (501), configurada para a emissão de um sinal ótico e a divisão do sinal ótico em dois percursos de sinais óticos, em que sinais óticos de um percurso
25 servem como uma luz coerente local, e sinais óticos do outro percurso servem como um sinal ótico de detecção;

 um módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo (502), configurado para a transformação do sinal ótico de detecção, emitido pela fonte ótica em luzes
30 paralelas de percursos múltiplos de sinais óticos de

detecção de frequências diferentes; e

um módulo de coerência (503), configurado para receber sinais óticos retornados dos sinais óticos das luzes paralelas de percursos múltiplos de sinais óticos de
5 detecção de diferentes frequências, e realizar uma detecção coerente nos sinais óticos retornados com a luz coerente local.

6. Dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino, de acordo com a reivindicação 5,
10 **caracterizado** pelo fato da fonte ótica também ser configurada para emitir luz de preenchimento após a emissão do sinal ótico.

7. Dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino, de acordo com qualquer uma das
15 reivindicações 5 ou 6, **caracterizado** por compreender ainda:

um módulo de modulação de pulso, configurado para modular as luzes paralelas de percursos múltiplos de sinais óticos de frequências diferentes obtidos pelo módulo de deslocamento de frequência de percurso múltiplo em
20 percursos múltiplos de sinais de pulso, onde

assim sendo, o módulo de coerência é configurado para realizar uma detecção coerente, com a luz coerente local, em cada um dos sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais óticos obtidos pelo módulo de modulação
25 de pulso.

8. Dispositivo para a monitoração de um sistema de cabo submarino, de acordo com a reivindicação 7,
caracterizado por compreender ainda:

um módulo de transformação, configurado para
30 transformar percursos múltiplos de sinais óticos obtidos

pelo módulo de coerência em percursos múltiplos de sinais elétricos;

um módulo de filtração de percursos múltiplos configurado para a obtenção de percursos múltiplos de
5 sinais elétricos de diferentes frequências pela filtração dos percursos múltiplos de sinais elétricos obtidos pelo módulo de transformação; e

um módulo de processamento, configurado para a obtenção de um resultado de monitoração pelo processamento
10 de percursos múltiplos de sinais elétricos de diferentes frequências obtidos pelo módulo de filtração de percurso múltiplo.

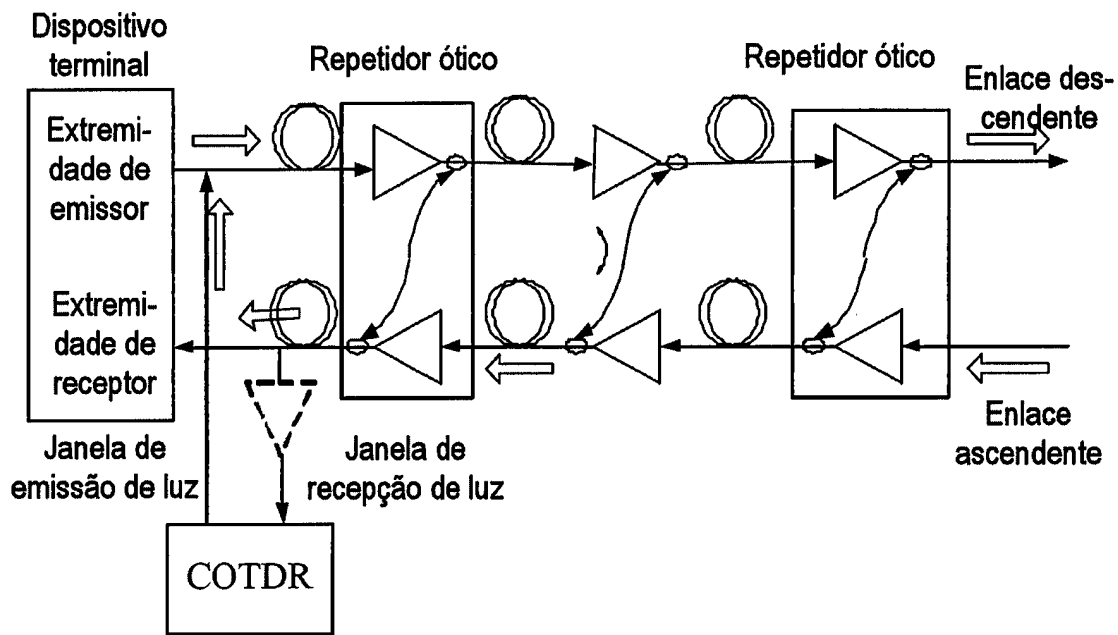


FIG. 1

Divisão de um sinal ótico emitido por uma fonte ótica para um enlace de transmissão de um sistema de cabo submarino em dois percursos de sinais óticos, em que um percurso de sinais óticos serve como uma luz coerente local, e o outro percurso de sinais óticos é transformado por um deslocamento de frequência de percurso múltiplo e serve como percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de diferentes frequências.

101

Obtenção de um resultado de monitoração pela realização de uma detecção coerente, com a luz coerente, em sinais óticos retornados dos percursos múltiplos de sinais óticos de detecção de frequências diferentes.

102

FIG. 2

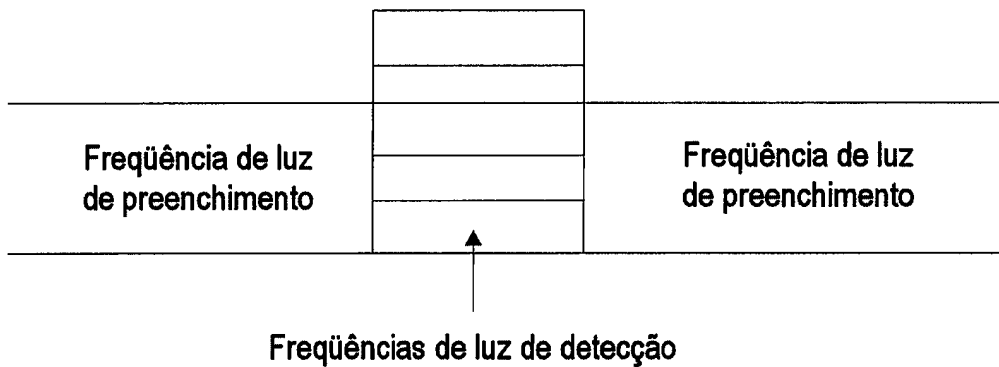


FIG. 3

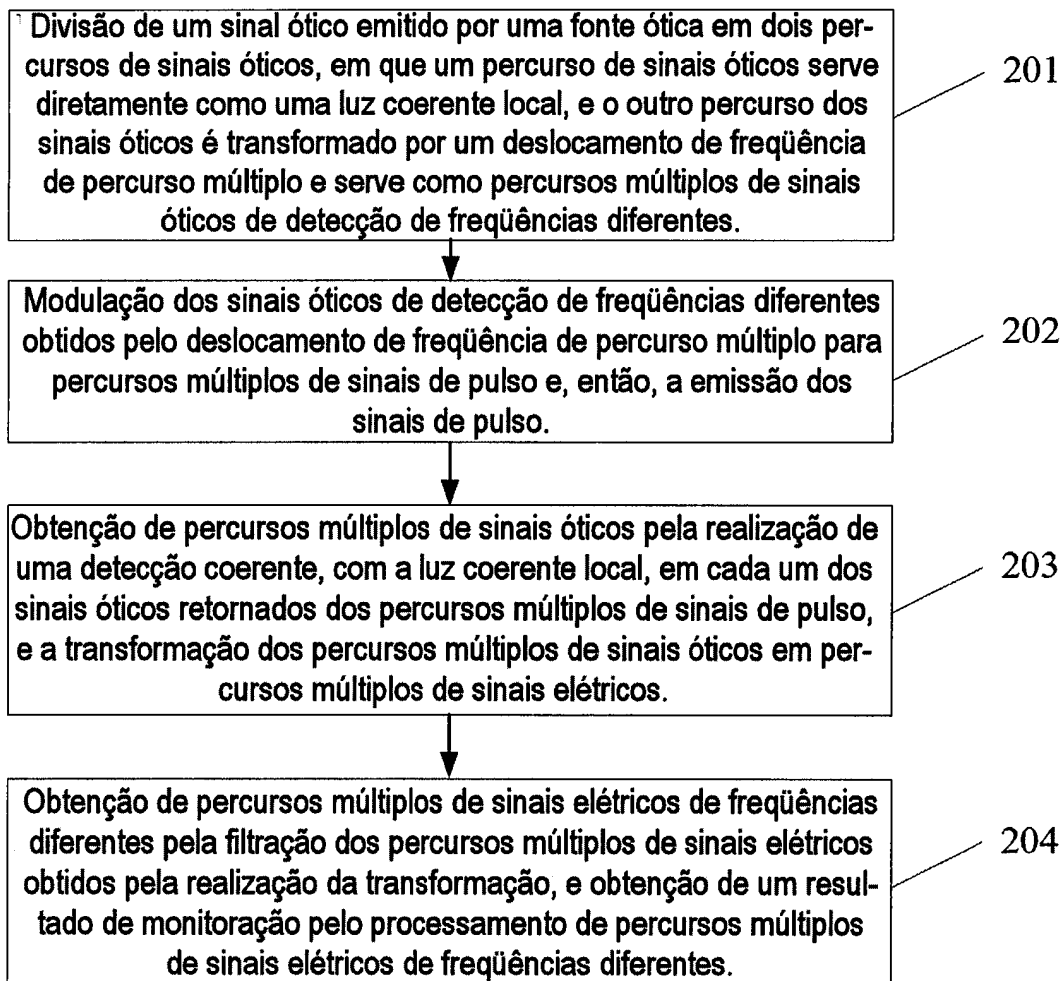


FIG. 4

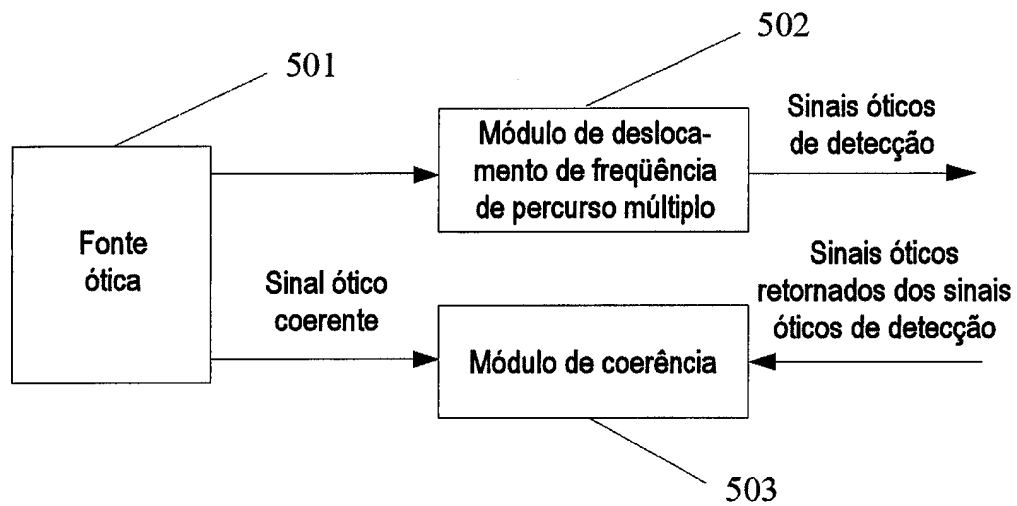


FIG. 5

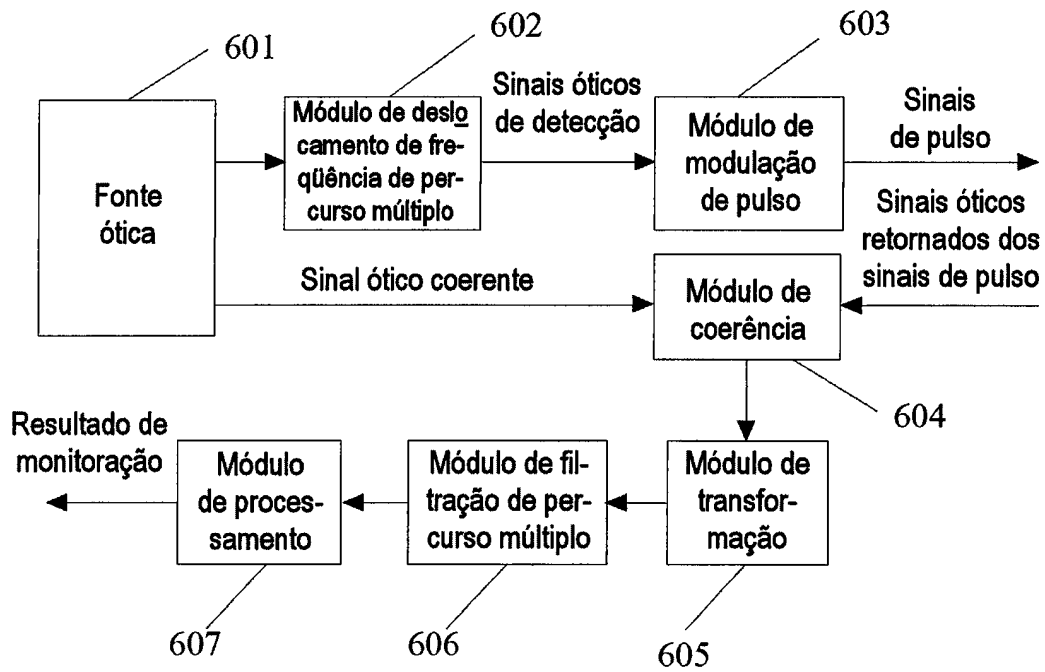


FIG. 6