



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101931471 B

(45) 授权公告日 2013.08.07

(21) 申请号 200910108289.8

(22) 申请日 2009.06.23

(73) 专利权人 华为海洋网络有限公司

地址 300475 天津市天津经济技术开发区第  
三大街金融街 W3C 栋 5-6 层

(72) 发明人 王国忠 苏丹 黎斌 周国耀

(51) Int. Cl.

H04B 10/291 (2013.01)

(56) 对比文件

CN 201025711 Y, 2008.02.20,

GB 2294374 A, 1996.04.24,

US 6301404 B1, 2001.10.09,

审查员 薛玮

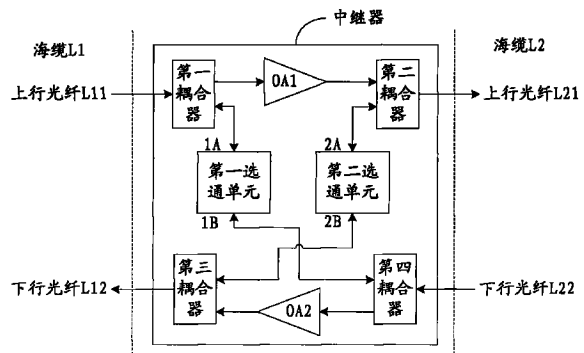
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种监控光纤线路状态的方法、中继器和海缆系统

(57) 摘要

本发明实施例涉及通信领域,特别公开了一种监控光纤线路状态的方法、中继器和海缆系统。所述中继器包括:第一光放大器、第二光放大器、第一选通单元、第二选通单元、第一耦合器、第二耦合器、第三耦合器、第四耦合器;通过第一耦合器、第四耦合器以及第一选通单元,在第一光放大器的输入端和第二光放大器的输入端之间构建一条 In-to-In 环回路径;通过第二耦合器、第三耦合器以及第二选通单元,在第一光放大器的输出端和第二光放大器的输出端之间构建一条 Out-to-Out 环回路径。采用了上述结构的中继器后,就可以实现在海缆系统的单端对海缆中上行光纤的状态和下行光纤的状态都进行监控。



1. 一种中继器,其特征在于,包括:第一光放大器、第二光放大器、第一选通单元、第二选通单元、第一耦合器、第二耦合器、第三耦合器、第四耦合器;

第一光放大器用于放大上行光纤传输的光信号;第二光放大器用于放大下行光纤传输的光信号;

第一选通单元,用于选通第一探测光;所述第一选通单元的一端和所述第一光放大器的输入端,均与所述第一耦合器相连,所述第一耦合器的另一端与上一跨段的上行光纤相连,所述第一选通单元的另一端和所述第二光放大器的输入端,均与所述第四耦合器相连,所述第四耦合器的另一端与下一跨段的下行光纤相连;

第二选通单元,用于选通第二探测光;所述第二选通单元的一端和所述第一光放大器的输出端,均与所述第二耦合器相连,所述第二耦合器的另一端与下一跨段的上行光纤相连,所述第二选通单元的另一端和所述第二光放大器的输出端,均与所述第三耦合器相连,所述第三耦合器的另一端与上一跨段的下行光纤相连。

2. 如权利要求1所述的中继器,其特征在于,所述第一选通单元为带阻滤波器,所述第二选通单元为带通滤波器;或者,

所述第一选通单元为带通滤波器,所述第二选通单元为带阻滤波器。

3. 如权利要求1所述的中继器,其特征在于,所述第一选通单元为带通滤波器,所述第二选通单元为带通滤波器;或者,

所述第一选通单元为带阻滤波器,所述第二选通单元为带阻滤波器。

4. 一种监控光纤线路状态的方法,其特征在于,包括:

将上一跨段的上行光纤传输的第一探测光选通并耦合到下一跨段的下行光纤;将下一跨段的所述下行光纤中散射和/或反射回来的第一探测光放大后耦合到上一跨段的下行光纤,以便监控设备根据沿下行光纤返回的所述散射和/或反射回来的第一探测光,监控所述下一跨段的所述下行光纤的状态;

将上一跨段的上行光纤传输的第二探测光放大后耦合到下一跨段的上行光纤;将下一跨段的所述上行光纤中散射和/或反射回来的所述第二探测光选通并耦合到上一跨段的下行光纤,以便监控设备根据沿下行光纤返回的所述散射和/或反射回来的第二探测光,监控所述下一跨段的所述上行光纤的状态。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,所述第一探测光的波长和所述第二探测光的波长不同。

6. 一种海缆系统,其特征在于,包括监控设备和至少一个如权利要求1至3任一项所述的中继器;

所述中继器用于将上一跨段海缆中上行光纤传输的所述监控设备发送的第一探测光选通并耦合到下一跨段海缆的下行光纤;还用于将所述下一跨段海缆中的下行光纤中散射和/或反射回来的第一探测光放大后耦合到所述上一跨段海缆的下行光纤;所述监控设备,用于根据下行光纤返回的第一探测光监控下行光纤的状态;

所述中继器还用于将所述上一跨段海缆中上行光纤传输的所述监控设备发送的第二探测光放大后耦合到所述下一跨段海缆的上行光纤;还用于将所述下一跨段海缆的所述上行光纤中散射和/或反射回来的第二探测光选通后并耦合到所述上一跨段海缆的下行光纤;所述监控设备,还用于根据下行光纤返回的第二探测光监控上行光纤的状态。

7. 如权利要求 6 所述的系统,其特征在于,所述监控设备具体为光时域反射仪。

## 一种监控光纤线路状态的方法、中继器和海缆系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及通信领域,尤其涉及一种光纤线路状态的监控方法、中继器和海缆系统。

### 背景技术

[0002] 近些年,海缆业务增长迅速,海缆由于位置特殊,很难直接维护和管理,但由于其在传输网络中地位的重要性,要求设备商提供一个相应的水下设备监控产品。监控设备必须在不影响海缆光纤业务的同时,对整个海缆系统进行监控覆盖,为维护人员提供相应的信息、进行故障定位和监控管理工作,便于维护。

[0003] 目前的海缆系统都是以光纤对的形式进行铺设的。为了在海缆发生故障时定位事件的位置,光纤对之间采用耦合方式连接。探测光在光纤中发生瑞利散射和 / 或菲涅耳反射,有部分散射光和 / 或反射光通过环回路径返回探测设备,通过对散射光和 / 或反射光的分析,实现对海缆线路状态进行监控的目的。

[0004] 海缆系统的简易框图如图 1 所示,位于海缆系统两端(A 端、B 端)中的海缆线路终端设备 A 和海缆线路终端 B 是用以传输海缆业务的终端设备,A 端和 B 端通过海缆(如:L1、L2、L3 等)相连,中继器用于对海缆中光纤传输的光信号进行放大。光纤 L11 和光纤 L12 是海缆 L1 中的光纤对,以 A 端为参考,从 A 端发送给 B 端的信号称为上行信号,从 A 端接收 B 高发送的信号称为下行信号,承载上行信号的光纤称为上行光纤如图 1 中 L11、L21 等,承载下行信号的光纤称为下行光纤如图 1 中的 L12、L22 等。图 1 只是给出了海缆系统的形象描述,在实际的海缆系统中,由于 A 端和 B 端之间有几百公里甚至几千公里的距离,故 A 端和 B 端之间的中继器的数目远远多于两个。监控单元 A 和监控设备 B 用以对海缆中的光纤线路进行监控,监控单元 A 发送的探测光与海缆线路终端 A 发送的业务光进行合路后经过海底光缆和海底中继器 Repeater 后传输到对端。在 Repeater 的内部对海缆光纤对进行了环回耦合,可以使监控单元 A 产生的探测光通过 Repeater 内部的环回路径返回监控单元 A,从而对探测信号进行接收和分析,以实现海缆系统的监控。

[0005] 现有技术采用如图 2 所示的 Out-to-Out 环回方式实现海缆线路状态的监控。该 Out-to-Out 环回方式是指在中继器中,放大器 OA1 的输出端和耦合器 1 相连,放大器 OA2 的输出端和耦合器 2 相连,耦合器 1 和耦合器 2 通过光纤相连,该光纤与耦合器 1 和耦合器 2 构成的路径称之为 Out-to-Out 环回路径。在该环回方式下进行海缆线路监控的方法描述如下:监控设备 A 发出探测光 1,探测光 1 在上行光纤中经过 OA1 和耦合器 1 后,继续在中继器 1 和中继器 2 之间的海缆的上行光纤中传输,在该段上行光纤中传输时探测光 1 会发生瑞利散射和 / 或菲涅耳反射,则有部分探测光 1 在上行光纤中沿相反的方向传输,经过耦合器 1 后,沿 Out-to-Out 环回路径耦合到下行光纤的 OA2 的输出端,最后沿着下行光纤返回监控设备 A。监控设备 A 通过检测散射和 / 或反射回来的探测光来分析和监控上行光纤的状态,定位上行光纤的故障位置,而在定位下行光纤的故障位置时,采用的方法和定位上行光纤的故障位置时的方法相同,只不过是通过对端的监控设备 B 发出探测光 2,最后接收并

检测经上行光纤传输回监控设备 B 的所述散射和 / 或反射回来的探测光。

[0006] 发明人在研究过程中,发现现有技术中采用的 Out-to-Out 环回方式实现海缆线路监控的方案,至少存在如下问题:海缆系统的单端的监控设备,都只能监控一条光纤(上行光纤或下行光纤)的状态,无法利用单端的监控设备对上行光纤和下行光纤的状态都进行监控。

### 发明内容

[0007] 本发明实施例提供了监控光纤线路状态的方法,所述方法包括:

[0008] 将上一跨段的上行光纤传输的第一探测光选通并耦合到下一跨段的下行光纤;将下一跨段的所述下行光纤中散射和 / 或反射回来的第一探测光放大后耦合到上一跨段的下行光纤,以便监控设备根据沿下行光纤返回的所述散射和 / 或反射回来的第一探测光,监控所述下一跨段的所述下行光纤的状态;

[0009] 将上一跨段的上行光纤传输的第二探测光放大后耦合到下一跨段的上行光纤;将下一跨段的所述上行光纤中散射和 / 或反射回来的所述第二探测光选通并耦合到上一跨段的下行光纤,以便监控设备根据沿下行光纤返回的所述散射和 / 或反射回来的第二探测光,监控所述下一跨段的所述上行光纤的状态。

[0010] 本发明实施例还提供了一种中继器,包括:第一光放大器、第二光放大器、第一选通单元、第二选通单元、第一耦合器、第二耦合器、第三耦合器、第四耦合器;

[0011] 第一光放大器用于放大上行光纤传输的光信号;第二光放大器用于放大下行光纤传输的光信号;

[0012] 第一选通单元,用于选通第一探测光;所述第一选通单元的一端和所述第一光放大器的输入端,均与所述第一耦合器相连,所述第一耦合器的另一端与上一跨段的上行光纤相连,所述第一选通单元的另一端和所述第二光放大器的输入端,均与所述第四耦合器相连,所述第四耦合器的另一端与下一跨段的下行光纤相连;

[0013] 第二选通单元,用于选通第二探测光;所述第二选通单元的一端和所述第一光放大器的输出端,均与所述第二耦合器相连,所述第二耦合器的另一端与下一跨段的上行光纤相连,所述第二选通单元的另一端和所述第二光放大器的输出端,与所述第三耦合器相连,所述第三耦合器的另一端与上一跨段的下行光纤相连。

[0014] 本发明实施例还提供了一种海缆系统,包含多个上述的中继器,所述中继器之间通过海缆连接;

[0015] 所述中继器用于将上一跨段海缆中上行光纤传输的第一探测光选通并耦合到下一跨段海缆的下行光纤;还用于将所述下一跨段海缆中的下行光纤中散射和 / 或反射回来的第一探测光放大后耦合到所述上一跨段海缆的下行光纤;

[0016] 所述中继器还用于将所述上一跨段海缆中上行光纤传输的第二探测光放大后耦合到所述下一跨段海缆的上行光纤中,还用于将所述下一跨段海缆的所述上行光纤中散射和 / 或反射回来的第二探测光选通后并耦合到所述上一跨段海缆的下行光纤。

[0017] 由于本发明在中继器处,将上一跨段的上行光纤传输的第一探测光选通耦合到下一跨段的下行光纤,以及将从下一跨段的上行光纤中散射和 / 或反射回来的第二探测光选通并耦合到上一跨段的下行光纤中,故监控设备只要接收到第一探测光,就能确定该第一

探测光是在下行光纤中散射和 / 或反射的第一探测光, 而监控设备只要接收到第二探测光, 就能确定该第二探测光是上行光纤中散射和 / 或反射的第二探测光, 上述监控设备也就可以根据接收到的第一探测光监控海缆的下行光纤的状态, 根据接收到的第二探测光监控设备监控上行光纤的状态, 从而能在海缆系统的单端利用监控设备对海缆的上行光纤和下行光纤的状态都进行监控。

#### 附图说明

[0018] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解, 构成本申请的一部分, 并不构成对本发明的限定。

[0019] 图 1 示出了现有技术中海缆系统的结构示意图;

[0020] 图 2 示出了现有技术中一种中继器的结构示意图;

[0021] 图 3 示出了本发明实施例中监控海缆线路状态的方法的流程示意图;

[0022] 图 4 示出了本发明实施例中一种中继器的结构示意图;

[0023] 图 5 示出了本发明实施例中一种海缆系统的结构示意图;

[0024] 图 6 示出了本发明中散射和 / 或反射回来的光信号的功率随距离的变化曲线。

#### 具体实施方式

[0025] 为了便于本领域一般技术人员理解和实现本发明, 现结合附图描绘本发明的实施例。在此, 本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明, 但并不作为对本发明的限定。

[0026] 下面结合附图和实施例, 对本发明的技术方案进行描述。

[0027] 图 1 所示的海缆系统中, 海缆和中继器 Repeater 埋在海底, 对海缆中光纤线路状态的监控就显得尤其重要, 本发明实施例提供一种监控海缆线路状态的方法, 使得海缆系统中的任意一端的监控设备既可以监控海缆中上行光纤线路的状态, 还可以监控海缆中下行光纤线路的状态, 该方法的流程示意图如图 3 所示。

[0028] 步骤 S1: 将上一跨段的上行光纤传输的第一探测光选通并耦合到下一跨段的下行光纤线路, 并将下一跨段的所述下行光纤中散射和 / 或反射回来的所述第一探测光耦合到上一跨段的下行光纤, 以便监控设备根据沿下行光纤返回的所述散射和 / 或反射回来的第一探测光, 监控所述下一跨段的所述下行光纤的状态。

[0029] 在本步骤中, 第一探测光是由海缆系统中的某一端的监控设备发送。例如, 在图 1 所示的海缆系统中, A 端中的监控设备 A 发送第一探测光, 该第一探测光通过耦合器 A 耦合到 L1 跨段海缆的上行光纤 L11 中。上述第一探测光经过上行光纤 L11 传输后达到中继器 1, 被中继器 1 选通并耦合到 L2 跨段海缆的下行光纤 L22 后向中继器 2 方向传播, 该第一探测光在下行光纤 L22 中向中继器 2 方向传播的过程中, 会发生瑞利散射和 / 或菲涅耳反射, 则有一部分第一探测光返回到中继器 1, 中继器 1 将返回的这部分第一探测光放大后耦合到 L1 跨段海缆中下行光纤 L12, 耦合器 A 从下行光纤 L12 中的光信号中分离出第一探测光, 并将其送给监控设备 A, 监控设备 A 根据该第一探测光分析和监控 L2 跨段海缆中下行光纤线路 L22 的状态, 具体是通过检测散射和 / 或反射回来的第一探测光的光功率, 来监控下行光纤 L22 的状态 (如下行光纤线路 L22 是否发生断纤)。

[0030] 其中, 瑞利散射是由于光纤本身的缺陷和掺杂组分的非均匀性等因素造成的, 在

光纤线路上各点都会发生。菲涅耳反射是发生在折射率不同的两个传输介质的边界处,如连接器,机械接续、断纤或者光纤终结处。

[0031] 步骤 S2:将所述上一跨段的上行光纤传输的第二探测光耦合到下一跨段的上行光纤;将所述下一跨段的所述上行光纤中散射和/或反射回来的所述第二探测光选通,并耦合到所述上一跨段的下行光纤,以便监控设备根据沿下行光纤返回的所述散射和/或反射回来的第二探测光,监控所述下一跨段的所述上行光纤线路的状态。

[0032] 还是以图 1 所示的海缆系统为例,对本步骤进行详细描述。A 端的监控设备 A 发送第二探测光,耦合器 A 将其耦合到 L1 跨段海缆的上行光纤 L11,第二探测光经过传输到达中继器 1。中继器 1 将该第二探测光放大后耦合到 L2 跨段海缆的上行光纤线路 L21 中,上述第二探测光在上行光纤线路 L21 中向中继器 2 传播的过程中,会发生瑞利散射和/或菲涅耳反射,则有一部分第二探测光返回到中继器 1 中,中继器 1 将散射和/或反射回来的第二探测光耦合到 L1 跨段海缆中下行光纤 L12,该散射和/或反射回来的第二探测光沿着下行光纤 L12 传输回海缆系统的 A 端。A 端中的耦合器从 L1 跨段的下行光纤传输的光信号中分离出上述散射和/或反射回来的第二探测光,并将其传送给监控设备 A,监控设备 A 根据该第二探测光分析和监控 L2 跨段海缆中的上行光纤 L21 的状态。

[0033] 上述用于监控 L2 跨段的上行光纤和下行光纤状态的方法,同样可以用于监控其它跨段的上行光纤和下行光纤的状态。

[0034] 其中,上述第一探测光和第二探测光的波长是不同的。需要说明的是图 1 所示出的是现有技术中的海缆系统,其中的中继器是现有技术中的中继器(图 2 所示的中继器),其并不能完成上述处理,在本实施例中引用图 1 所示海缆系统中的中继器仅仅是为了阐明本发明的监控海缆线路状态的方法。

[0035] 上述步骤之间没有明确的先后顺序,并且步骤 S1 和步骤 S2 还可以是同时进行的,只要海缆系统中的任意一端(如 A 端)的监控设备同时发送第一探测光和第二探测光即可。

[0036] 在本实施例中,由于在中继器处只将上一跨段的上行光纤传输的第一探测光选通耦合到下一跨段的下行光纤,只将从下一跨段的上行光纤中散射和/或反射回来的第二探测光选通并耦合到上一跨段的下行光纤中,故监控设备 A 只要接收到的探测光是第一探测光,就能确定接收到的探测光是在下行光纤中散射和/或反射的,而监控设备 A 只要接收到的探测光是第二探测光,就能确定接收到的探测光是上行光纤中散射和/或反射的,上述监控设备 A 也就可以根据接收到的第一探测光监控海缆的下行光纤的状态,根据接收到的第二探测光监控设备监控上行光纤的状态,即实现了在海缆系统中的单端利用监控设备对海缆的上行光纤和下行光纤的状态都进行监控的目的。

[0037] 本发明实施例提供一种中继器,其结构如图 4 所示,包括:第一光放大器 OA1、第二光放大器 OA2、第一选通单元、第二选通单元、第一耦合器、第二耦合器、第三耦合器和第四耦合器;第一选通单元,用于选通第一探测光,第二选通单元用于选通第二探测光,第一光放大器用于放大上行光纤中传输的光信号,第二光放大器用于放大下行光纤中传输的光信号。

[0038] 其中,第一选通单元的一端(1A)和第一光放大器的输入端,均与第一耦合器的一端相连,第一耦合器的另一端与上一跨段的上行光纤(如 L11)相连,第一选通单元的另一

端 (1B) 和第二光放大器的输入端, 均与第四耦合器相连, 第四耦合器的另一端与下一跨段的下行光纤 (如 L22) 相连。第一耦合器 - 第一选通单元 - 第三耦合器所组成的路径称之为 In-to-In 环回路径。

[0039] 第二选通单元的一端 (2A) 和第一光放大器 OA1 的输出端, 均与第二耦合器的一端相连, 第二耦合器的另一端与下一跨段的上行光纤 (如 L21) 相连, 第二选通单元的另一端 (2B) 和第二光放大器 OA2 的输出端, 均与第三耦合器相连, 第三耦合器的另一端与上一跨段的下行光纤 (如 L12) 相连。第二耦合器 - 第二选通单元 - 第三耦合器所组成的路径称之为 Out-to-Out 环回路径。

[0040] 在采用了图 4 所示中继器的海缆系统中, 就可以在海缆系统的单端中利用监控设备对海缆的上行光纤的状态和下行光纤的状态都进行监控。下面阐述在监控上行光纤状态和下行光纤状态时, 中继器的工作过程。

[0041] 海缆系统中某一端的监控设备 (如图 1 所示的 A 端中的监控设备 A) 发送第一探测光, 以实现对接海缆中的下行光纤的状态进行监控。第一探测光和海缆线路终端 A 发射的业务光经过耦合器 A 耦合到上行光纤中传输。需要说明的是, 也可以通过合波 / 分波器实现将第一探测光和业务光耦合到上行光纤中。其中, 业务光是承载了业务的光信号, 业务光的波长和第一探测光的波长是不同。业务光和第一探测光经过上行光纤 (如上行光纤 L11) 的传输, 到达图 4 所示的中继器。业务光和第一探测光在中继器中的处理类似, 故具体阐述第一探测光在中继器中的处理。

[0042] 第一耦合器将上行光纤 L11 传输的第一探测光分成两部分; 一部分经 OA1 放大后被第二耦合器耦合到下一跨段海缆 L2 中的上行光纤 L21 中; 另一部分通过包含有第一选通单元的 In-to-In 环回路径耦合到下一跨段海缆 L2 中的下行光纤 L22 中, 其中, 这部分第一探测光在下行光纤 L22 的传输方向与下行光纤 L22 中业务光的传输方向相反。

[0043] 在下行光纤 L22 中传输的第一探测光, 会在下行光纤 L22 中发生瑞利散射和 / 或菲涅耳散射, 则有一部分第一探测光返回到图 4 所示的中继器, 中继器中的第四耦合器将散射和 / 或反射回来的这部分第一探测光分成两部分: 一部分经 OA2 放大后被第三耦合器耦合到上一跨段海缆 L1 的下行光纤 L12 中, 最终返回到 A 端的所述监控设备 A; 另一部分通过 In-to-In 环回路径耦合到上一跨段海缆 L1 的上行光纤 L11 中, 沿着与上行光纤 L11 中业务光相反的传输方向传输到上一个中继器, 在上一个中继器中这部分反向传输的散射和 / 或反射回来的第一探测光被阻断。

[0044] 在上行光纤 L21 中传输的第一探测光也会发生瑞利散射和 / 或菲涅耳反射, 并有一部分第一探测光返回到图 4 所示中继器, 第二耦合器将上行光纤中散射和 / 或反射回来的第一探测光分成两部分: 一部分在经过 Out-to-Out 环回路径时, 被该 Out-to-Out 环回路径中的第二选通单元所阻断, 因为第二选通单元只能选能第二探测光; 另一部分被 OA1 所阻断, 因为光放大器都集成有光隔离器, 隔离反向光的传输。因此, 在上行光纤 L21 中散射和 / 或反射回来的第一探测光是无法返回 A 端的监控设备 A。

[0045] 只有在下行光纤 L22 中散射和或反射回来的第一探测光才能返回 A 端的监控设备 A, A 端的监控设备 A 只要接收到沿下行光纤传输回来的第一探测光, 就可以确定该第一探测光是下行光纤中散射和 / 或反射回来的第一探测光, 并对该第一探测光进行分析就可以得知下行光纤的状态。



[0046] 在对海缆中的上行光纤的状态进行监控时，A 端的监控设备 A 发送的是第二探测光。上述第二探测光经过上行光纤 L11 的传输，到达图 4 所示的中继器。中继器中的第一耦合器将第二探测光分成两部分：一部分经 OA1 放大后被第二耦合器耦合到下一跨段海缆 L2 的上行光纤 L21 中；另一部分在经过 In-to-In 环回路径时，被第一选通单元所阻断，因为第一选通单元只能选通第一探测光，而无法选通第二探测光。

[0047] 在上行光纤 L21 中传输的第二探测光，会在上行光纤中发生瑞利散射和 / 或菲涅耳反射，则有一部分第二探测光返回到图 4 所示的中继器，第二耦合器将散射和 / 或反射回来的第二探测光分成两部分：一部分，通过 Out-to-Out 环回路径耦合到上一跨段海缆 L1 的下行光纤中，最终返回 A 端的监控设备 A；另一部分，被 OA1 所阻断。因此，最终沿下行光纤传输回 A 端的第二探测光是在上行光纤 L21 中散射和 / 或反射回来的第二探测光，只要监控设备 A 接收到下行光纤传输回的第二探测光，就可以确定该第二探测光是上行光纤中散射和 / 或反射的第二探测光，并对该第二探测光进行分析就可以得知上行光纤的状态。

[0048] 需要说明的是，本实施例中的第一探测光和第二探测光的波长是不同的，并且，第一探测光、第二探测光与业务光的波长也不同。

[0049] 本实施例中的第一选通单元和第二选通单元可以通过滤波器来实现。例如：第一选通单元为带通滤波器，而第二选通单元为带阻滤波器。在设计带通滤波器和带阻滤波器时，使得带通滤波器的通带范围和带阻滤波器的阻带范围刚好重合，并且使得第一探测光的频率位于带通滤波器的通带范围，而第二探测光的频率位于带阻滤波器的阻带范围之外，如：第一探测光的频率为 193.435THz，第二探测光的频率为 193.485THz，可以设计带阻滤波器的阻带范围为 193.425THz ~ 193.475THz，带通滤波器的通带范围为 193.425THz ~ 193.475THz。当然，在设计带通滤波器和带阻滤波器时，也不用将带通滤波器的通带范围和带阻滤波器的阻带范围设计得完全重合，甚至可以设计得完全不重合，如：带通滤波器的通带范围为 193.430THz ~ 193.480THz，带阻滤波器的阻带范围为 193.415THz ~ 193.465THz。

[0050] 对以何种滤波器作为第一选通单元和第二选通单元，在本实施例中不进行限制，只要设计出的作为第一选通单元的滤波器滤通第一探测光而阻断第二探测光，作为第二选通单元的滤波器滤通第二探测光而阻断第一探测光，就满足要求。故也可以有以下几种组合：1、第一选单元为带阻滤波器、第二选通单元为带通滤波器；2、第一选通单元为带通滤波器、第二选通单元为带通滤波器；3、第一选通单元为带阻滤波器，第二选通单元为带阻滤波器。

[0051] 采用此种结构的放大器后，就可以使得海缆系统的任意一端的监控设备既可以监控海缆中上行光纤的状态，还可以监控海缆中下行光纤的状态。假如图 1 所示的海缆系统的中继器采用了本实施例所描述的结构，则 A 端中的监控设备 A 就可以通过发送第一探测光，然后根据接收到的从下行光纤传输回来的第一探测光，分析和监控海缆中下行光纤的状态；监控设备 A 还可以通过发送第二探测光，然后根据接收到的从下行光纤传输回来的第二探测光，分析和监控海缆中上行光纤的状态，故可以实现在海缆系统的单端利用监控设备监控海缆的上行光纤和下性光纤的状态的目的。

[0052] 本发明实施例还提供了一种海缆系统，其结构如图 5 所示，包括至少一个图 4 所示结构的中继器（如中继器 1）。该海缆系统还包括处于 A 端的海缆线路终端 A、监控设备 A、

耦合器 A, 和处于 B 端的海缆线路终端 B、监控设备 B、耦合器 B。本实施例的海缆系统中的耦合器 A 和耦合器 B 均可以替换为合波 / 分波器。

[0053] 下面阐述在图 5 所示的海缆系统中如何在单端实现对海缆中上行光纤和下行光纤状态进行监控, 还是以在 A 端进行监控为例, 可以理解的是, 在 B 端中进行的处理和 A 端中的处理是类似的。

[0054] A 端中的监控设备 A 发送第一探测光, 并根据接收到的从下行光纤传输回的第一探测光来监控下行光纤的状态。监控设备 A 还发送第二探测光, 并根据接收到的从下行光纤传输回的第二探测光来监控海缆中上行光纤的状态。第一探测光或第二探测光在中继器处的处理具体见前一实施例的描述, 不再赘述。

[0055] 下面给出一种示例, 阐述如何根据接收到的从下行光纤传输回的第一探测光来监控下行光纤的状态。

[0056] 监控设备 A 将接收第一探测光和发送第一探测光的时间差信息  $t$  转化为距离信息, 其转化的公式为:  $z = \frac{ct}{2n}$ , 其中,  $n$  为光纤的折射率,  $c$  为光在真空中的速度, 取值为  $3 \times 10^8 \text{m/s}$ ,  $z$  为距离, 表示的是第一探测光在距 A 端的  $z$  处发生的散射和 / 或反射。监控设备 A 还会对下行光纤返回的第一探测光进行采样, 获得其功率信息。最终根据距离信息  $z$  和从下行光纤返回的第一探测光的功率信息, 得到下行光纤返回监控设备 A 的第一探测光的功率随光纤距离变化的曲线, 如图 6 所示。

[0057] 一段几十公里的光纤一般是通过连接器、熔接、机械连接等方式将多段较短长度的光纤拼接而成, 将连接器处、熔接处、机械连接处称之为不连续点。在图 6 所示的曲线中看出, 从这些不连续点处返回的第一探测光的功率相对于从其前后的光纤中返回的第一探测光的功率有跳变, 这是因为第一探测光在不连续点之间的光纤中主要发生瑞利散射, 而在这些不连续点处还发生了菲涅耳反射。发生瑞利散射时, 散射的强度很小, 只有非常小的一部分第一探测光被散射回到 A 端中的监控设备 A, 而发生菲涅耳反射时, 反射的强度也很小, 但是菲涅耳反射的强度还是远远大于瑞利散射的强度, 故在不连续点出返回的第一探测光的功率有跳变。通过检测这些功率的跳变点, 也就可以准确确定每一跨段光纤中不连续点的位置, 尤其是如果某跨段光纤发生了断纤 (断纤是图 6 中所示的终结的一种情况), 则可以通过上述方法准确地定位到断纤的位置, 也就达到了对光纤的状态进行监控的目的。

[0058] 根据接收到的从下行光纤传输回的第二探测光监控上行光纤的状态的方法, 如同根据接收到的从下行光纤传输回的第一探测光来监控下行光纤的状态的方法, 这里不再赘述。

[0059] 这里描述的根据下行光纤传输回的第一探测光或第二探测光监控下行光纤或上行光纤的状态的方法适用于本申请的其它实施例。

[0060] 在本实施例中, A 端的监控设备 A 和 B 端的监控设备 B 可以是光时域反射仪 OTDR。

[0061] 在本实施例中, 由于只有中继器 1 采用了图 4 所示的中继器, 故可以在海缆系统的 A 端对 L1 跨段的上行光纤和下行光纤都进行监控, 可以在海缆系统的 B 端对 A 端和中继器 1 之间的海缆的上行光纤和下行光纤的状态都进行监控。在另外的实施例中, 海缆系统中的多个中继器或者全部中继器都采用图 4 所示结构的中继器, 就可以在海缆系统的任意一

端对多个跨段的海缆或者全部跨段的海缆的上行光纤和下行光纤都进行监控。而且,本实施例的海缆系统,也降低了对监控设备的动态范围(动态范围决定了探测设备探测单跨光纤的最大长度)的要求。例如,图5所示的L1跨段海缆有120公里,海缆中光纤的损耗为0.2dB/km,也就意味着如果采用图2中所示的中继器,登陆站中的监控设备至少需要24dB的动态范围,在图5所示的海缆系统中,监控设备A和监控设备B的动态范围分别只需要12dB,然后监控设备A监控L1跨段海缆中左侧60公里的光纤的状态,而监控设备B监控L1跨段海缆中右侧60公里的光纤的状态,然后各自将监控的结果上报给网管系统,网管系统将监控设备A和监控设备B的监控设备的监控结果进行综合就可以得到L1跨段海缆中光纤全部长度的状态,而现有技术中是无法做到在降低监控设备的动态范围的前提下监控L1跨段海缆中光纤全部长度的状态。由于降低了对监控设备的动态范围的要求,降低了系统的成本。

[0062] 需要说明的是,在本申请中,为了表述的一致,在定义上行光纤和下行光纤时都是以海缆系统的A端为参考的。可以理解的是,也可以以海缆系统的B端为参考,原先定义的上行光纤就是下行光纤,原先定义的下行光纤也就是上行光纤。

[0063] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求书的保护范围为准。

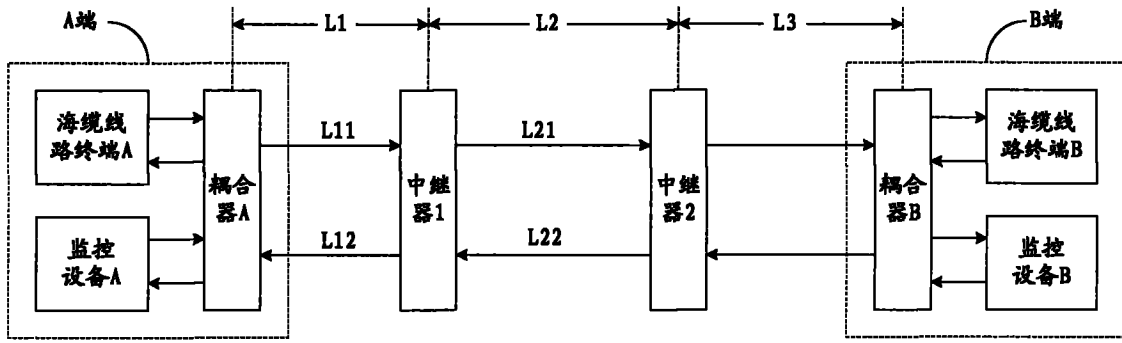


图 1

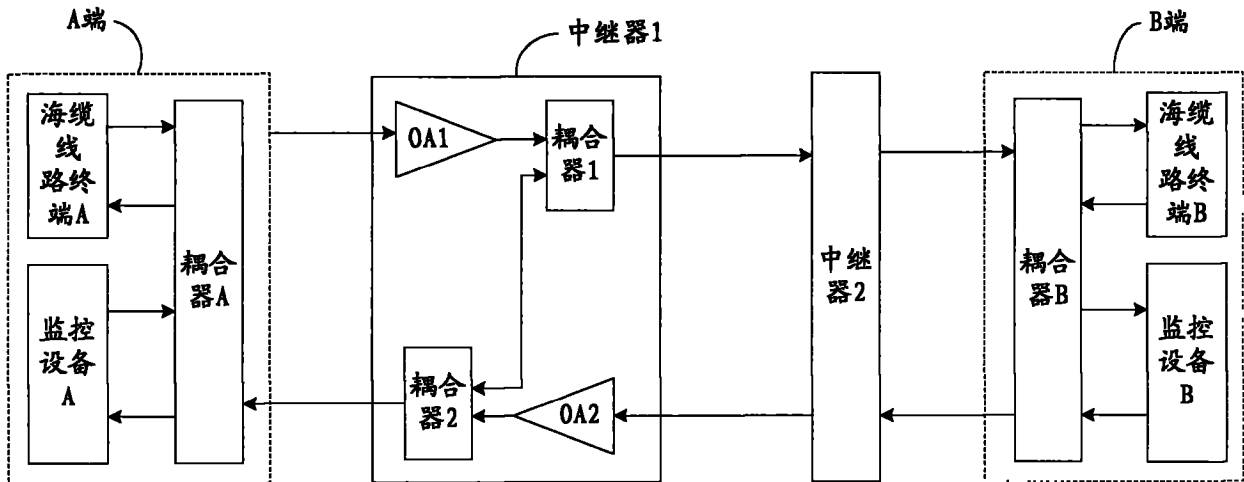


图 2

将上一跨段的上行光纤线路传输的第一探测光选通并耦合到下一跨段的下行光纤线路，并将下一跨段的所述下行光纤中散射和/或反射回来的所述第一探测光耦合到上一跨段的下行光纤，以便监控设备根据下行光纤返回的所述散射和/或反射回来的第一探测光，  
 监控所述下一跨段的所述下行光纤的状态。 S1

将所述上一跨段的上行光纤传输的第二探测光耦合到一下跨段的上行光纤；将所述下一跨段的所述上行光纤线路中散射和/或反射回来的所述第二探测光选通并耦合到所述上一跨段的下行光纤，以便监控设备根据下行光纤返回的所述散射和/或反射回来的第二探测光，  
 监控所述下一跨段的所述上行光纤的状态。 S2

图 3

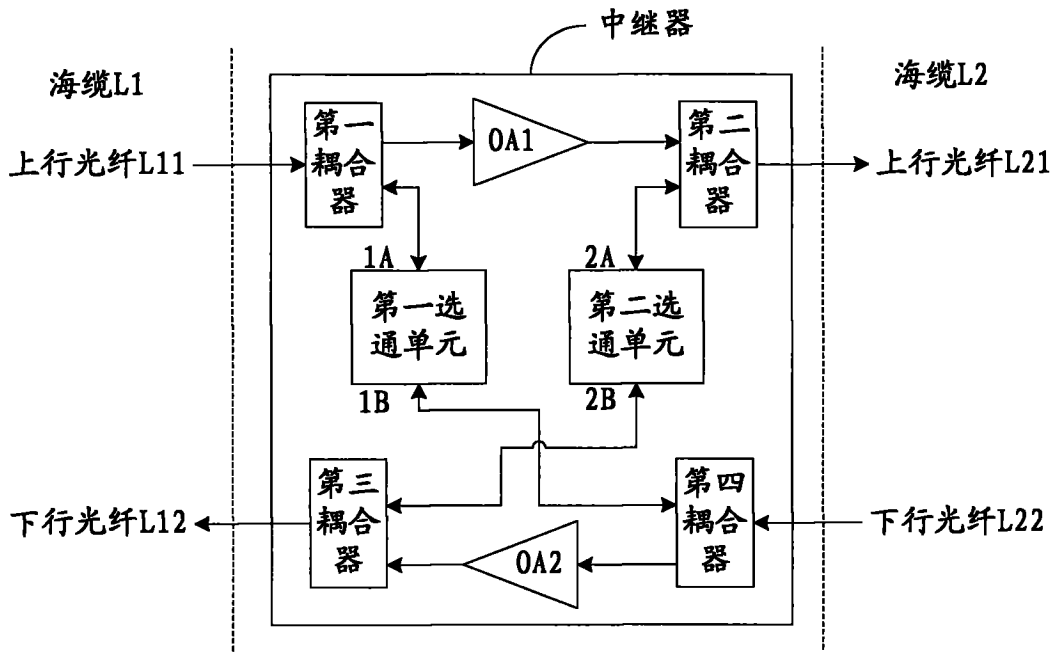


图 4

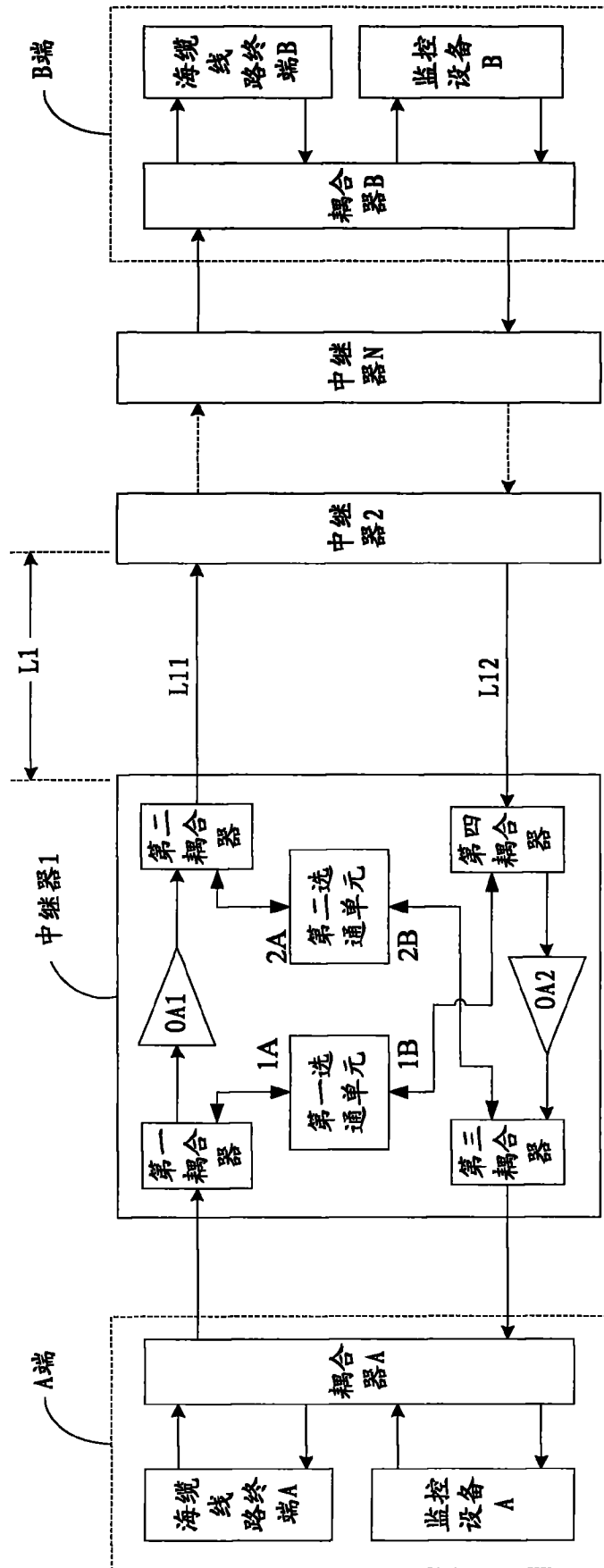


图 5

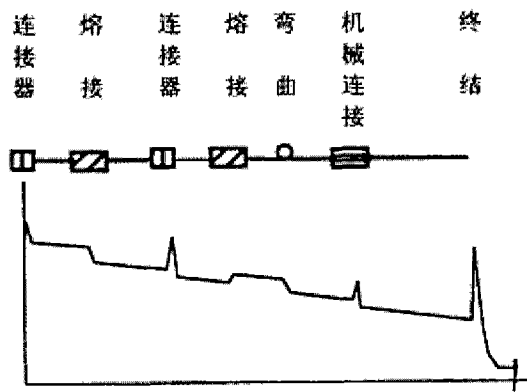


图 6