



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103947136 B

(45)授权公告日 2017.06.23

(21)申请号 201280057410.9

(22)申请日 2012.11.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103947136 A

(43)申请公布日 2014.07.23

(30)优先权数据
13/303810 2011.11.23 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.05.22

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2012/064271 2012.11.09

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/078017 EN 2013.05.30

(73)专利权人 泰科电子海底通信有限责任公司
地址 美国新泽西州

(72)发明人 R.克拉姆 J.M.利斯
Y.萨尔特斯坎

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 谢攀 胡莉莉

(51)Int.Cl.
H04B 10/077(2006.01)

(56)对比文件
US 7426617 B2,2008.09.16,
US 6134032 A,2000.10.17,
CN 1668032 A,2005.09.14,
CN 102122989 A,2011.07.13,
CN 102100018 A,2011.06.15,
审查员 朱鹏飞

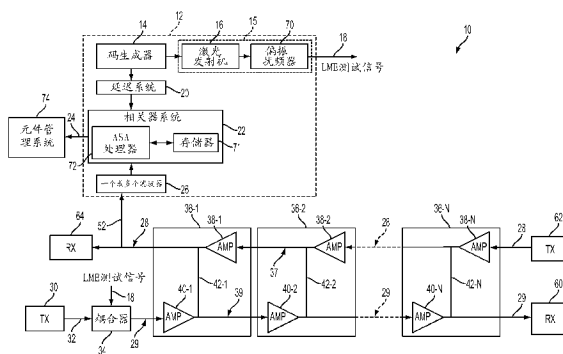
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

使用故障注入到线路监测系统基线中的系统和方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于建立新的线路监测系统(LMS)基线数据的方法(500)和关联的系统(12),与所述的新的线路监控系统(LMS)基线数据相比较,故障在对所述系统的改变之后在光通信系统(10)的线路监测系统(12)中被识别。新的LMS基线通过将先前的未修复的故障相关联的故障特征数据注入到LMS当前测量环路增益数据中来建立。



1. 一种在对系统的改变之后对光通信系统的线路监测系统(LMS)重定基线的方法,其中在对系统的改变之前,LMS被配置成使用先前LMS基线数据,所述先前LMS基线数据包括表示通过系统的多个环回路径中的每一个给予第一测试信号的增益的环路增益数据,所述环回路径中的每一个将用于承载第一方向上的信号的第一光纤路径和用于承载与第一方向相反的第二方向上的信号的第二光纤路径相耦合,并且其中在对系统的改变之前,先前LMS基线数据被用于识别在对系统的改变之前未被修复的先前未修复故障,所述方法包括:

获得表示在对系统的改变之后通过系统的多个环回路径中的每一个给予第二测试信号的增益的LMS当前测量环路增益数据;

至少部分地通过将表示与先前未修复故障相关联的故障特征的数据注入到所述LMS当前测量环路增益数据中来修改所述LMS当前测量环路增益数据;以及

存储所述修改的LMS当前测量环路增益数据作为新的LMS基线数据以便对所述系统重定基线;

其中表示所述故障特征的所述数据包括所述先前的LMS基线数据与先前的LMS当前测量环路增益数据之间的差。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述LMS当前测量环路增益数据包括差分环路增益数据,所述差分环路增益数据对于所述环回路径中的每一个包括,

通过所述环回路径中的所述每一个给予所述第二测试信号的环路增益,减去

通过在所述环回路径中的所述每一个之前的所述环回路径之一给予所述第二测试信号的先前的环回路径环路增益。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述修改包括将表示所述故障特征的所述数据规范化为所述LMS当前测量环路增益数据。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中注入表示所述故障特征的数据包括从所述LMS当前测量环路增益数据的至少一个增益值中减去。

5. 根据权利要求1所述的方法,所述方法进一步包括响应于将新的LMS基线数据与后续LMS当前测量环路增益数据相比较来识别光通信系统中的所述先前未修复故障。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述识别包括将所述新的LMS基线数据与所述后续LMS当前测量环路增益数据之间的差与关联于所述先前未修复故障的预定故障特征相比较。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述预定故障特征响应于在所述改变之前所获得的先前的LMS基线数据与在所述改变之前所获得的先前的LMS当前测量环路增益数据之间的差而被确定。

8. 一种监测包括多个环回路径的光通信系统的方法,所述多个环回路径将用于承载第一方向上的信号的第一光纤路径和用于承载与所述第一方向相反的第二方向上的信号的第二光纤路径相耦合,所述方法包括:

在第一光纤路径上发送第一测试信号;

从第二光纤路径接收来自所述环回路径中的每一个的关联的第一返回测试信号;

根据所述第一返回测试信号来计算表示通过环回路径中的每一个给予第一测试信号的增益的LMS基线环路增益数据;

在第一光纤路径上发送第二测试信号;

从第二光纤路径接收来自所述环回路径中的每一个的关联的第二返回测试信号；
根据所述第二返回测试信号来计算表示通过环回路径中的每一个给予第二测试信号的增益的LMS当前测量环路增益数据；

响应于所述LMS基线环路增益数据与所述LMS当前测量环路增益数据的比较来确定与所述光通信系统中的故障相对应的第一故障特征；

在对所述系统的改变之后在所述第一光纤路径上发送第三测试信号；

从第二光纤路径接收来自所述环回路径中的每一个的关联的第三返回测试信号；
根据所述第三返回测试信号来计算表示通过环回路径中的每一个给予第三测试信号的增益的第二LMS当前测量环路增益数据；

至少部分地通过将表示所述第一故障特征的数据注入到所述第二LMS当前测量环路增益数据中来修改所述第二LMS当前测量环路增益数据；以及

存储所述修改的第二LMS当前测量环路增益数据作为新的LMS基线环路增益数据以便对所述系统重定基线；

其中表示所述第一故障特征的所述数据包括所述LMS基线环路增益数据与LMS当前测量环路增益数据之间的差。

9. 根据权利要求8所述的方法，其中所述修改包括将表示所述故障特征的所述数据规范化为所述第二LMS当前测量环路增益数据。

10. 根据权利要求8所述的方法，其中所述修改包括从所述第二LMS当前测量环路增益数据中减去表示所述故障特征的所述数据。

使用故障注入到线路监测系统基线中的系统和方法

技术领域

[0001] 本申请涉及光通信系统,并且更具体地,涉及一种使用故障注入到线路监测系统基线中的系统和方法。

背景技术

[0002] 在长距离光通信系统中监测系统的健康状况可能是重要的。例如,监测能够被用来检测光传输电缆中的故障或中断、出故障的中继器或放大器或系统的其它问题。

[0003] 已知的监测技术包括在系统放大器/中继器和/或其它网络设备内包括环回路径(例如,高损耗环回(HLLB)路径)的网络的线路监测系统(line monitoring system,LMS)以及生成表示伪随机位序列的测试信号的线路监测设备(line monitoring equipment,LME)的使用。例如在波分复用系统中,LME可以随着信息信号发送测试信号。测试信号可以通过HLLB路径而被返回给LME。LME可以包括硬件和软件组件,所述硬件和软件组件使所返回的测试信号与数据信号分离,并且处理所返回的测试信号来获得表示在它从线路监测设备通过HLLB和任何中间光路和放大器并回到LME的传播中给予测试信号的HLLB环路增益的数据。HLLB环路增益中的显著偏差可以指示系统中的故障。

[0004] 被LMS用来确定例如在光纤、中继器、分路单元等中是否已发生系统故障的基本数据集是LMS基线。特别地,LMS基线是在系统开始运转之前或在系统中发生故障或降级之前所做出的来自每个环回路径的增益数据的控制测量,当前测量与所述控制测量相比较以确定是否在系统中已发生新的故障或降级。

[0005] 故障可以由LMS使用自动特征分析(automatic signature analysis,ASA)算法来检测。一般而言,ASA算法使用LMS基线的增益数据(例如差分增益数据)对与一组已存储的增益特征相比较的当前测量的增益数据来确定可能存在什么故障。包含ASA的系统的一个示例在共同拥有的美国专利No. 7,809,279中被描述,其教导从而通过引用合并于此。

[0006] 在特定条件下,诸如在系统修复之后或如果发生改变终端线路特性的系统升级,LMS基线应该被重置为新的LMS基线测量,即系统应该被“重定基线(re-baseline)”。将来的测量被与新的LMS基线相比较。遗憾的是,一旦新的LMS基线被建立,在与旧的LMS基线的比较中可能已被报告的任何故障或降级就将消失,因为它们与新的LMS基线相比将不是可见的。仅在新的LMS基线被设置之后发生的新的故障将被LMS的ASA算法所检测。

附图说明

[0007] 现将参考附图通过示例的方式来描述本发明,其中:

[0008] 图1是与本公开一致的系统的示例性实施例的简化框图;

[0009] 图2包括与本公开一致的示例性系统中与额外泵浦损耗(pump loss)相关联的差分环路增益(differential loop gain)的改变对环回路号数的曲线图;

[0010] 图3包括与本公开一致的环路增益对中继器环回号的曲线图,其与LMS当前测量和通过用与先前的故障相关联的故障特征来修改LMS当前测量所建立的新的LMS基线相关联;

[0011] 图4包括与本公开一致的使用新的LMS基线所计算的并且识别先前的额外泵浦损耗故障的差分环路增益中的改变对环回路径号的曲线图;以及

[0012] 图5是图示了与本公开一致的过程的一个示例的流程框图。

具体实施方式

[0013] 本发明涉及用于建立新的线路监测系统(LMS)基线数据的方法和关联的系统,与所述的新的线路监测系统(LMS)基线数据相比故障在对系统的改变之后在光通信系统的线路监测系统中被识别。通过将先前未修复的故障相关联的故障特征数据注入到LMS当前测量环路增益数据中来建立新的LMS基线。所述方法包括获得表示通过系统的多个环回路径中的每一个给予测试信号的增益的LMS当前测量环路增益数据的第一步骤,所述环回路径中的每一个将用于承载第一方向上的信号的第一光纤路径和用于承载与第一方向相反的第二方向上的信号的第二光纤路径相耦合。所述方法还包括用表示与在改变之前在所述系统中所识别的先前的故障相关联的故障特征的数据来修改LMS当前测量环路增益数据以建立新的LMS基线数据第二步骤。

[0014] 与本公开一致的系统和方法包括将相对于先前的LMS基线所识别的先前的故障注入到新的LMS基线中以便使得可以相对于新的LMS基线来识别先前的故障。在一个实施例中,最后一个已知的故障特征集的相反(inverse)可以被注入到当前基线中以便使得可以使用与先前的基线相关联的相同的故障特征集来完成具有新的基线的故障检测。在此类实施例中检测先前的故障和新的故障从而可以在没有对与先前的故障相关联的故障特征集的改变的情况下相对于新的基线来实现。

[0015] 图1是与本公开一致的包括线路监测系统的WDM传输系统10的一个示例性实施例的简化框图,其包括线路监测设备(LME)12和环回路径42-1、42-2...42-N。一般而言,系统10可以被配置成计算与每个中继器/环回路径相关联的环路增益值。环路增益中的变化可以被用来生成指示系统中的故障的系统警报。自动化特征分析(ASA)算法可以被应用于环路增益以识别故障的性质。

[0016] 如本文中所述的术语环路增益指的是沿着从LME通过关联的环回路径并回到LME的路径、或沿着此类路径的任何部分给予LME测试信号的增益。沿着相邻环回路径之间的路径部分的环路增益在本文中被称为差分环路增益。实施例将在本文中被描述为使用差分环路增益。一般而言,差分环路增益可以被计算为沿着从LME通过第一环回路径并回到LME的路径给予LME测试信号的增益减去沿着从LME通过紧接在第一环回路径之前的环回路径并回到LME的路径给予LME测试信号的增益。

[0017] 本领域的普通技术人员将认识到,为便于解释,系统10已被描绘为高度简化的点对点系统形式。应当理解的是,与本公开一致的系统和方法可以被合并到各式各样的网络组件和配置中。本文所图示的示例性实施例仅通过解释而非限制的方式来提供。

[0018] 在所图示的示例性实施例中,传输系统10包括激光发射机30和用于承载光信号的光纤对(包括光纤28和29)。光纤28和29可以是用于例如在水体中和/或跨水体部署的长距离光纤线路。布置在水体(例如海洋)中的系统部分可以在本文被称为“湿设备(wet plant)”。

[0019] 光纤28和29可以是单向光纤并且承载相反的方向上的信号。光纤28和29一起建立

双向路径以用于传输信号。虽然所图示的示例性监测系统可以被描述为监测包括两个单向光纤28和29的传输系统,但是与本公开一致的系統可以被用来监测采用单个双向光纤的传输系統。

[0020] 激光发射机30可以是被配置成通过光纤29将多个信道(或波长)上的光数据发送到WDM接收机60的波分复用(WDM)发射机。当然,为便于解释,发射机和接收机被以高度简化的形式示出。激光发射机30可以包括均使用不同的信道或波长来发送光数据信号的多个激光发射机,以及用于将数据信号组合成通过光纤29发送的聚合信号的复用器。接收机可以解复用并且检测所发送的数据信号。类似地,WDM数据信号可以通过光纤28被从发射机62发送到接收机64,即在与光纤29上的那些信号相反的方向上。可替换地,可以在光纤28和/或29上承载仅单个数据信道。

[0021] 线路监测设备(LME)12可以被配置用于监测系统10的健康状况,并且可以用各种配置来提供。在所图示的示例性实施例中,LME 12包括码生成器14、包括激光发射机16和偏振扰频器70的测试信号发射机15、延迟系统20、包括ASA处理器72和计算机可读存储器的相关器系统22以及滤波器26。LME 12可以被配置成当在系統10中检测到故障时将输出24(例如警报)提供给元件管理系统74。

[0022] 码生成器14可以被配置用于生成和输出测试码,诸如码的伪随机序列(PRS)。各种码生成器和码配置为本领域的普通技术人员所知。码生成器14的输出端可以被耦合到激光发射机16。如本文中所述的术语“耦合的”指的是任何连接、耦合、链路等,通过所述任何连接、耦合、链路等将一个系統元件所承载的信号给予经“耦合的”元件的。此类“耦合的”设备不一定被直接地连接到彼此并且可以被可操纵或者修改此类信号的中间组件或设备分离。

[0023] 激光发射机16可以采用已知配置,例如分布反馈激光器(DFB),并且可以被配置成在以载波波长 λ_0 产生光输出,所述载波波长 λ_0 可以不同于要被在传输系統上传输的所有数据信道的波长。载波波长 λ_0 例如可以在系統的光谱带宽的边缘处或者可以是在数据信道之间。在一个实施例中,激光发射机可以被配置成以多个不同的载波波长提供光输出。例如,激光发射机可以以在数据信号传输带的短波长端的短LME波长(即相邻的最短波长数据信道)和以在数据信号传输带的长波长端的长LME波长(即相邻的最长波长数据信道)提供输出。在一个实施例中,短LME波长可以是1537nm以及长LME波长可以是1563nm。激光输出的功率可以被设置低于通过光纤28和29所传送的数据信号的功率水平以最小化数据信号的损伤。

[0024] 激光发射机16可以例如在长和短LME波长两者上生成表示从码生成器14接收到的码的LME测试信号。LME测试信号可以被提供为测试信号发射机15的LME测试信号输出18。在一个实施例中,码生成器的输出可以直接地对激光输出的幅度进行调制。用于将码给予来自激光发射机的输出光的其它配置是已知的。例如,码可以通过耦合到激光发射机16的输出幅度或其它调制器而被给予。

[0025] 在所图示的示例性实施例中,可选的偏振扰频器70被耦合到激光发射机16以用于对LME测试信号的偏振进行加扰。偏振扰频器可以采用已知配置。在一个实施例中,偏振扰频器70可以以在偏振调制时段内偏振态的平均值从一减小的方式来变更LME测试信号的偏振态。因此,测试信号发射机15的LME测试信号输出18可以具有大体上等于零的偏振度并且可以被认为被偏振加扰。

[0026] 在所图示的示例性实施例中,耦合器34可以组合来自发射机30的WDM数据32和LME测试信号18并且输出该组合信号以供在光纤29上传输。多个光中继器36-1、36-2...36-N可以被耦合到光纤28和29。每个中继器都可以分别包括用于放大通过光纤29发送到接收机60的光信号的第一放大器40-1、40-2...40-N,并且分别包括用于放大通过光纤28发送到接收机64的光信号的第二放大器38-1、38-2...38-N。每个中继器都还可以包括关联的环回路径42-1、42-2...42-N(例如高损耗环回路径),其将在光纤29上发送的信号的一部分返回给光纤28以用于传输到LME 12。

[0027] 信号52可以被耦合到滤波器26,并且可以承载存在于光纤28上的所有信号,包括经组合的WDM数据32和由环回路径42-1、42-2...42-N通过光纤28所返回的LME测试信号18。滤波器26可以是波长选择性的,并且仅将所返回的LME测试信号18的波长传递到相关器22。

[0028] 由每个中继器经由光纤28返回给LME 12的LME测试信号与原始LME测试信号18延迟了与每个中继器的延迟路径的距离成比例的时间段。对于第一中继器36-1,例如,时间延迟 t_{s1} 与通过第一中继器36-1的延迟路径的距离成比例。通过第一中继器的距离 d_1 可以被计算为从码生成器14到发射机16、偏振扰频器70、到耦合器34、到第一中继器36-1、通过环回路径42-1、到光滤波器26以及到相关器22的距离。对于由第一中继器36-1所返回的LME测试信号的时间延迟 t_{s1} 因此可以被计算为 $t_{s1}=d_1/c$,其中 c 是光的速度。类似地,对于由第二中继器36-2所返回的LME测试信号的时间延迟 t_{s2} 能够基于第二中继器36-2的延迟路径的已知距离 d_2 来计算并且可以被计算为 $t_{s2}=d_2/c$ 。同样地,对于系统中附加的中继器的时间延迟还能够基于它们的延迟路径的已知距离来计算。

[0029] 为了促进通过相关器22进行的相关操作,延迟系统20可以从码生成器14接收所发送的码并且将多个关联的延迟码输出到相关器22。延迟系统20可以在与每个中继器相对应的时间延迟(即, t_{s1} (与对于第一中继器36的时间延迟相对应)、 t_{s2} (与对于第二中继器44的时间延迟相对应)等)之后输出每个码。换句话说,延迟系统20可以基于每个中继器的位置使码延迟。

[0030] 相关器22然后可以使已返回LME测试信号与来自延迟系统20的经延迟的码相关。相关器22可以使电信号或光信号相关。在相关器22使电信号相关的情况下,LME 12可以进一步包括连接在滤波器26与相关器22之间用于将由滤波器26所输出的光信号转换成电信号的光至电转换器。

[0031] 在相关操作中,相关器22可以被配置成计算与每个中继器36-1、36-2...36-N/环回路径42-1、42-2...42-N相关联的环路增益数据。为便于连同图1解释,在本文中可以参考与每个中继器相关联的环路增益。应当理解的是,可以在耦合到系统的任何组件中(例如,在中继器、分路单元等中)提供环回路径,并且可以相对于每个环回路径来计算环路增益而不考虑提供该环回路径的组件。

[0032] 对于每个中继器的环路增益数据可以通过将从中继器接收到的所返回的LME测试信号与关联的延迟测试码相比较来计算。在所图示的示例性实施例中,任何中继器36- i 的环路增益可以表示从码生成器14到发射机16、到偏振扰频器70、到耦合器34、到中继器36- i 、通过环回路径42- i 到光滤波器26以及到相关器22给予测试信号的增益和损耗。

[0033] 在一个实施例中,相关器22可以被配置成将与每个中继器相关联的环路增益数据转换为与每个中继器36-1、36-2...36-N相关联的差分环路增益数据。对于每个中继器36- i

的差分环路增益可以被计算为与中继器36-i相关联的环路增益减去与紧接在中继器36-i之前的中继器36-(i-1)相关联的环路增益。例如,与中继器36-2相关联的差分环路增益可以被计算为对于中继器36-2的环路增益减去对于中继器36-1的环路增益。在所图示的示例性实施例中,因为与相继的中继器的HLLB路径相关联的损耗基本上可以彼此抵消,所以与中继器36-2相关联的差分环路增益大体上可以表示通过放大器40-2和38-1给予测试信号的增益减去在路径39和37上给予测试信号的损耗。

[0034] 差分环路增益因此可以依赖于仅四个随机变量,即两个增益变量和两个损耗变量。因此,与简单的环路增益相比,差分环路增益可以表现出由于正常系统波动而导致的相对小的最大/最小偏差,并且可能不特别对距离敏感。这些因素可以允许设置可靠增益变化阈值,在所述可靠增益变化阈值处可以设置故障检测触发器。

[0035] 在所图示的示例性实施例中,相关器22包括ASA处理器72和计算机可读存储器71。ASA处理器72可以被配置成将一个或多个ASA算法应用于由相关器22所计算的差分环路增益数据以表征在传输系统10中发生的故障的类型。一般而言,ASA过程使用LMS基线数据与环路增益数据的当前测量的关系对照一组已存储(例如在存储器71中)的故障特征相比较来确定系统中可能存在什么故障。ASA过程可以由当中继器中的差分环路增益超过预定差分环路增益变化阈值时所生成的警报来触发。作为ASA过程的结果,相关器可以将输出24提供给元件管理系统74从而指示故障的类型。

[0036] ASA算法可以采用各种配置并且可以被实现为例如在诸如ASA处理器72之类的计算机系统上运行的一个或多个计算机程序或应用。计算机程序或应用(诸如ASA算法)可以被存储在存储器71或其它机器可读介质(例如,硬盘、CD Rom、系统存储器、光存储器等)上并且可以被处理器(诸如ASA处理器74)所运行以使处理器执行在本文中描述为被相关器22所执行的功能中的全部或部分。应该预期的是,此类计算机程序产品可以被分布为可拆卸非暂时性机器可读介质(例如磁盘、CD-ROM)、与系统一起预加载(例如,在系统ROM或固定盘上),或者通过网络(例如,因特网或万维网)从服务器或电子公告板分布。本领域的普通技术人员将认识到,相关器功能可以使用硬件、软件和/或固件的任何组合来实现以提供此类功能。

[0037] 在一个实施例中,ASA处理器72可以被配置成将当前差分环路增益数据与对应于由光通信系统中的故障而导致的差分环路增益的预定差分环路增益故障特征相比较。差分环路增益数据与预定差分环路增益故障特征的比较可以使用已知的信号处理技术(诸如匹配滤波器)来执行。可以针对诸如额外泵浦损耗和额外光纤损耗之类的系统故障来建立预定故障特征。额外泵浦损耗可以由在中继器内的放大器泵浦激光器的完全失效或部分失效来表征。额外光纤损耗可能发生并且可以由通过光纤路径(例如,在图1中的放大器40-1与40-2之间的路径中)的传输的附加损耗或完全损耗来表征。与额外泵浦损耗和额外光纤损耗相关联的特征的示例可以在通过引用合并在本文中的前述美国专利No. 7,809,279中找到。当然,可以检测并且检查其它故障。

[0038] 与本公开一致,系统10的相关器系统22可以被配置成在新的LMS基线被建立时(例如,在对系统的改变之后或应用户通过耦合到元件管理系统74的接口的请求)将相对于先前的LMS基线所识别的先前的故障注入到新的LMS基线中。图2-4和表1-2图示了系统10(例如相关器系统22)将先前的故障注入到新的LMS基线中的操作的一个实施例。图2-4中所阐

述的曲线和表1-2中所给出的值仅通过解释的方式来提供。对于任何给定系统的曲线和测量值将取决于系统配置。

[0039] 下面的表1图示了与操作于LMS基线(即在系统的后续重定基线之前)的系统中的一个或多个初始故障的检测相关联的示例性测量。表1包括与十二个不同的环回路径中的每一个相关联的LMS基线测量(A栏)和LMS当前测量(C栏),即每个测量都表示从LME(例如图1中的LMS 12)通过所指示的环回路径并回到LME的LME测试信号的增益。环回路径在表1-2中被连续地编号,即环回路径1是在传输方向上的第一环回路径,例如图1中的环回路径42-1,以及环回路径2是在传输方向上的下一个环回路径,例如图1中的环回路径42-2。LMS基线测量可以是系统的初始基线或系统的先前的重定基线,并且指示没有故障的系统的性能,或者在LMS基线为系统的先前的重定基线情况下指示具有先前注入的故障的系统的性能。表1中的LMS当前测量是在LMS基线测量被建立之后所做出的测量,并且指示在测试下的系统中的一个或多个故障。

[0040] 表1 - 初始故障特征检测

环回路径/索引	A LMS 基线 测量	B 差分基 线	C LMS 当前 测量	D 差分当前 测量	E 差分当前测量减去差分基线 差分增量数据
1	4.24		4.24		
2	5.31	1.07	5.34	1.10	0.03
3	12.23	6.92	12.27	6.93	0.01
4	13.11	0.88	13.19	0.92	0.04
5	11.07	-2.04	11.54	-1.65	0.39
6	10.45	-0.62	10.52	-1.02	-0.40
7	9.47	-0.98	9.12	-1.40	-0.42
8	9.82	0.35	9.87	0.75	0.40
9	9.09	-0.73	9.19	-0.68	0.05
10	9.29	0.2	9.4	0.21	0.01
11	10.47	1.18	10.58	1.18	0.00
12	12.62	2.15	12.78	2.20	0.05

[0042] 在表1中的B、D以及E栏中的值例如在图1的相关器系统22中是从A栏中的LMS基线测量和C栏中的LMS当前测量计算的。特别地,在所图示的实施例中,通过从第二数据项开始在每个数据项之前的数据项中减去该数据项而将A栏中的LMS基线数据转换成B栏中的差分基线数据集,即B栏[X] = A栏[X] - A栏[X-1],其中X是环回路径号。

[0043] 对C栏中的LMS当前测量执行相同的操作以创建D栏中的差分当前测量数据集,即D栏[X] = C栏[X] - C栏[X-1],其中X是环回路径号。然后从差分当前测量数据集中减去差分基线数据集以提供E栏中的差分增量数据集,即E栏[X] = D栏[X] - B栏[X],其中X是环回路径号。在ASA过程中,差分增量数据集与已存储的差分增量故障特征集相比较来识别系统中的故障。

[0044] 一般而言,在表1中所阐述的示例中A栏中的LMS基线数据集可以被表达为:

[0045] $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$, 其中n是环回路径号。 方程 1

[0046] 当与LMS基线相比较时包括一个或多个故障的C栏中的LMS当前测量数据集可以被表达为:

[0047] $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ 方程2

[0048] B栏中的差分基线数据集可以被表达为:

[0049] $D(B) = \{0, b_2-b_1, b_3-b_2, \dots, b_n-b_{n-1}\}$ 方程3

[0050] D栏中的差分当前测量数据集可以被表达为:

$$D(M) = \{0, m_2 - m_1, m_3 - m_2, \dots, m_n - m_{n-1}\} \quad \text{方程4}$$

[0052] E栏中的差分增量数据集可以被表达为:

$$\Delta(M) = D(M) - D(B) \quad \text{方程5.}$$

[0054] 图2包括表1的E栏中的差分增量数据集对环回路径号的曲线图200,其提供由E栏中的值所指示的故障特征的视觉指示。当如图2中所指示的那样一个或多个故障存在于系统中时,曲线图200显示已知且可预测的形状,其可以与用于确定故障的性质的ASA算法中已存储的故障特征相比较。图2中所图示的故障特征例如可以表示光放大器泵浦失效,例如额外泵浦损耗。相比之下,如果在没有故障存在于系统中的情况下进行LMS当前测量,则曲线图200在0 dB值附近将是相对直的线,因为LMS当前测量和LMS基线测量将很接近地彼此跟踪。与0dB值的偏差在这样的情况下可能是由于噪声和数据舍入而导致的。

[0055] 当对系统做出改变(诸如修复或升级)时,在此类改变之前使用的LMS基线在系统没有新的故障时可能不再表示系统的环路增益。为了考虑这样的改变,可以在做出改变之后建立对于系统的新的LMS基线,即系统可以被“重定基线”。建立新的LMS基线的一个已知方法是简单地将LMS增益数据的当前测量代替现有的LMS基线。如果系统(例如系统10)在执行LMS增益数据的当前测量之前不包括任何未修复的先前故障,则这种方法将建立考虑系统改变的新的可靠LMS基线。然而,当系统包括未修复的先前故障时,则未修复的先前故障将不会相对于通过简单地将LMS增益数据的当前测量代替现有的LMS基线所建立的新的LMS基线而被检测。

[0056] 在与本公开一致的系统和方法中,通过将未修复的先前故障相关联的并且相对于先前的LMS基线所检测到的故障特征数据集注入到LMS增益数据的当前测量中来为系统建立新的LMS基线。通过以任何确定的方式(例如,通过从LMS增益数据的当前测量中加上或者减去表示故障特征数据的值)而用故障特征数据来修改LMS增益数据的当前测量可以将故障特征数据注入到LMS增益数据的当前测量中。

[0057] 图3和表2图示了与本公开一致的一个实施例,其中表示相对于先前的LMS基线而检测到的故障特征数据集的相反的值被注入到LMS数据的当前测量中以建立新的LMS基线。采用这种方法,可以使用与先前的LMS基线相关联的相同的故障特征集来做出相对于新的LMS基线的故障检测。因而,在此类实施例中可以在没有对与先前的故障和先前的LMS基线相关联的故障特征集进行改变的情况下相对于新的LMS基线来实现未修复的先前故障和新的故障的检测。

[0058] 例如,如果上文参考表1所描述的系统将在对其的改变之后但在由其E栏中的差分增量数据所指示的(以及在图2中图形表示的)故障的修复之前被重定基线,则由E栏中的差分增量数据所指示的故障将是未修复的先前故障,所述未修复的先前故障在给系统重定基线时将被注入到新的LMS基线中。当然,如果由E栏中的差分增量数据所指示的故障在重定基线之前被修复,则将没有必要将此类故障注入到新的LMS基线中。

[0059] 与本公开的一个实施例一致,为了给系统重定基线LME可以采用与先前未修复的故障相关联的差分增量数据(例如在本示例中的表1的E栏中的数据),并且将它映射成相对于LMS当前测量的等效增益改变。系统然后将那些增益改变注入到LMS当前测量数据集中,以便使得后续差分增量计算提供在预期的LME测量对测量增益变化的界限内与未修复

的先前故障相关联的预期的故障特征。LME硬件测量增益在系统中改变。由LME所测量到的增益改变可以在本文中被称为“原始”增益改变。

[0060] 表2例如图示了与本公开一致的故障注入计算的一个示例：

[0061] 表2 - 故障注入计算表

[0062]

A	B	C	D	E	F
环回路径/索引	LMS当前测量	具有注入故障的新的LMS基线	差分增量	差分 Δ 故障模式	规范化故障数据集
1	4.24	4.24	0.00	0	0.00
2	5.31	5.31	0.03	0	0.00
3	12.24	12.23	0.01	0.01	0.01
4	13.11	13.06	0.04	0.04	0.05
5	11.09	10.65	0.39	0.39	0.44
6	10.45	10.41	-0.40	-0.40	0.04
7	9.5	9.88	-0.42	-0.42	-0.38
8	9.82	9.80	0.40	0.40	0.02
9	9.09	9.02	0.05	0.05	0.07
10	9.3	9.27	0.01	0	0.07
11	10.47	10.40	0.00	0	0.07
12	12.62	12.55	0.05	0	0.07

[0063] 表2的D栏在这个示例中是与未修复的先前故障相关联的差分增量数据集，即来自表1的E栏的差分增量数据集。对于每个未修复的先前故障，故障模式在用于注入到新的基线中的差分增量数据集中被识别。要注入到基线中的差分增量故障模式(表2的E栏)可以是例如在其之间差分增量数据超过零值某预定阈值量的差分增量数据中的位置。例如，要被注入到新的基线中的差分增量故障模式可以是表2的D栏中来自索引(环回路径)3-9的数据值。差分增量故障模式可以被选择成在其每侧上包括至少一个标称数据点，例如值 ≤ 0.1 dB。在E栏的所有其它索引处的数据值被设置为零(索引1、2、10、11以及12)。

[0064] LMS当前测量(表2的B栏)被建立，并且其中差分增量故障模式将被注入的LMS当前测量中的索引(环回路径)(索引3-9)被存储。对于要被注入的每个差分增量故障模式(E栏)，规范化故障数据集(表2的F栏)可以通过将差分增量故障模式数据规范化为LMS当前测量的“原始”增益值(例如在B栏中)来创建。将差分增量故障模式数据规范化为LMS当前测量的增益值可以通过各种方法来实现。

[0065] 在表2的示例中，规范化通过连续地对差分增量故障模式(E栏)求和并且将所累积的值中的每一个存储为规范化故障数据集(F栏)来执行。这创建特定规范化故障注入特征以供合并到LMS当前测量中。规范化故障数据集D(N)可以被表达为：

$$D(N)_i = \sum_{x=1}^i (\Delta(U_x)) \quad \text{方程6}$$

[0067] 其中i是数据索引/环回路径号，并且U是差分增量故障模式(E栏)。

[0068] 规范化故障数据可以被注入到LMS当前测量中来为系统建立新的LMS基线。将规范化故障数据集注入到LMS当前测量中可以通过以任何确定的方式用规范化故障数据集修改LMS当前测量来完成。在表2中所示出的示例中，从在对应索引处的LMS当前测量中减去与差分增量故障模式的每个索引(环回路径)(即表2中的索引1-12)相关联的规范化故障数据的值以建立如表2的C栏中所示出的具有注入故障的新的LMS基线数据集。这有效地创建了包

括差分增量故障模式的规范化镜像的新的LMS基线,其在被用来创建具有后续LMS测量的新的差分增量数据集时将有效地将故障注入到后续LMS测量中好像先前的基线正被与包含该故障的当前测量一起使用。将规范化故障模式(表2的F栏)D(N)注入到当前的LMS当前测量(表2的B栏)B(V)中以实现具有注入故障的新的LMS基线(表4的C栏)C(V)能够被表达为:

[0069] $C(V)_i = B(V)_i - D(N)_i$ 方程7

[0070] 其中*i*从1到规范化故障模式的结束索引的范围(例如,在表2中从1到12的索引)。

[0071] 图3包括表1的C栏中的LMS当前测量数据集的曲线300和表2的C栏中的具有注入故障的新的LMS基线的曲线302与环回路径号的关系。如图所示,LMS当前测量被规范化故障模式修改以将未修复的先前故障注入到LMS当前测量中并且为系统建立新的LMS基线。如关于表1所描述的那样,图4包括相对于新的LMS基线并且在系统中引入任何新的故障之前所计算的差分增量数据的曲线400。如图所示,根据新的LMS基线所计算的差分增量数据表现出大体上与在根据原始LMS基线所计算的原始差分增量数据中所表现出的故障模式(图2中所示)相同的故障模式。

[0072] 有利地,因此,与本公开一致的系统和方法涉及当在系统中的改变或修改之后给系统重定基线时将未修复的先前故障注入到新的LMS基线中。任何数目的未修复的先前故障可以被注入到新的LMS基线中,并且可以以允许使用与先前的系统配置和基线相关联的先前存储的ASA故障特征的方式来注入故障。与本公开一致的涉及采用故障注入重定基线的情况的一些非限制性和非排他性示例包括:

[0073] 1. 一种系统包括故障(泵浦失效、损耗等)并且单独的中断发生,或者可能中继器在故障被修复之前完全失效。可以修复中断或中继器从而引起线路特性中对应的改变。该系统可以用注入到新的基线中的故障来重定基线以便使得在中断或中继器失效之前存在的故障被保持处于它们正确的位置中,并且例如在它们最后已知的大小和形状下。

[0074] 2. 系统终端负载改变,例如用新的光学设备来升级系统,放大器功率已大大改变等。该系统可以被重定基线,其中先前存在的所有故障被注入到新的基线中。在这种情况下,来自在终端负载改变之前最后一次计算的整个差分增量数据集可以被注入到新的基线中。

[0075] 3. 系统终端功率改变了从而使端点产生故障特征。系统可以被重定基线,其中先前存在的所有故障被注入到新的基线中。

[0076] 4. 分路单元被添加或新的光纤对被熔接或者使其上线从而引起光纤对中(例如它们的长度中)的改变。系统可以被重定基线,其中先前存在的所有故障被注入到新的基线中。

[0077] 图5是与本公开一致的一个示例性过程500的流程框图。所图示的流程框图包括步骤的特定序列。然而,应了解的是,步骤的序列仅提供能够如何实现本文中所描述的一般功能的示例。另外,不必按照所呈现的次序执行步骤的每个序列,除另有指示之外。

[0078] 在图5中所图示的示例性实施例中,可以获得表示通过系统的多个环回路径中的每一个给予测试信号的增益的LMS当前测量环路增益数据(502)。每个环回路径将用于承载第一方向上的信号的第一光纤路径和用于承载与第一方向相反的第二方向上的信号的第二光纤路径相耦合。可以用表示与在改变之前在系统中所识别的先前的故障相关联的故障特征的数据来修改LMS当前测量环路增益数据以建立新的LMS基线数据504。

[0079] 因此提供了涉及当给系统重定基线时将先前的故障注入到新的LMS基线中的系统和方法。根据本公开的一个方面,提供了建立新的线路监测系统(LMS)基线数据的方法,对照所述新的线路监测系统(LMS)基线数据相比较,故障在对系统的改变之后在光通信系统的线路监测系统中被识别。所述方法包括:获得表示通过系统的多个环回路径中的每一个给予测试信号的增益的LMS当前测量环路增益数据,所述环回路径中的每一个将用于承载第一方向上的信号的第一光纤路径和用于承载与第一方向相反的第二方向上的信号的第二光纤路径相耦合;以及用表示与在改变之前在系统中所识别的先前的故障相关联的故障特征的数据来修改LMS当前测量环路增益数据以建立新的LMS基线数据。

[0080] 根据本公开的另一方面,提供了监测包括多个环回路径的光通信系统的方法,所述多个环回路径将用于承载第一方向上的信号的第一光纤路径和用于承载与第一方向相反的第二方向上的信号的第二光纤路径相耦合。所述方法包括:在第一光纤路径上发送第一测试信号;从第二光纤路径接收来自每个环回路径的关联的第一返回测试信号;根据已返回测试信号来计算与每个环回路径相关联的LMS基线环路增益数据;在第一光纤路径上发送第二测试信号;从第二光纤路径接收来自每个环回路径的关联的第二返回测试信号;根据第二返回测试信号来计算与每个环回路径相关联的LMS当前测量环路增益数据;响应于LMS基线环路增益数据与LMS当前测量环路增益数据的比较来识别与光通信系统中的故障相对应的故障特征;在对系统的改变之后在第一光纤路径上发送第三测试信号;从第二光纤路径接收来自每个环回路径的关联的第三返回测试信号;根据第三返回测试信号来计算与每个环回路径相关联的第二LMS当前测量环路增益数据;以及用表示故障特征的数据来修改第二LMS当前测量来为系统建立新的LMS基线环路增益数据。

[0081] 根据本公开的又一个方面,提供了用于包括测试信号发射机的光通信系统的线路监测系统,所述测试信号发射机被配置成提供测试信号以供在光通信系统上传输。所述光通信系统包括:第一光纤路径,其用于接收测试信号并且承载第一方向上的测试信号;第二光纤路径,其用于承载与第一方向相反的第二方向上的信号;以及多个环回路径,所述环回路径中的每一个都将来自系统的第一光纤路径的测试信号耦合到系统的第二光纤路径作为关联的返回测试信号。相关器被配置成用表示与在对系统的改变之前在系统中所识别的先前的故障相关联的故障特征的数据来修改表示通过多个环回路径中的每一个给予测试信号的增益的LMS当前测量环路增益数据来为系统建立新的LMS基线数据。

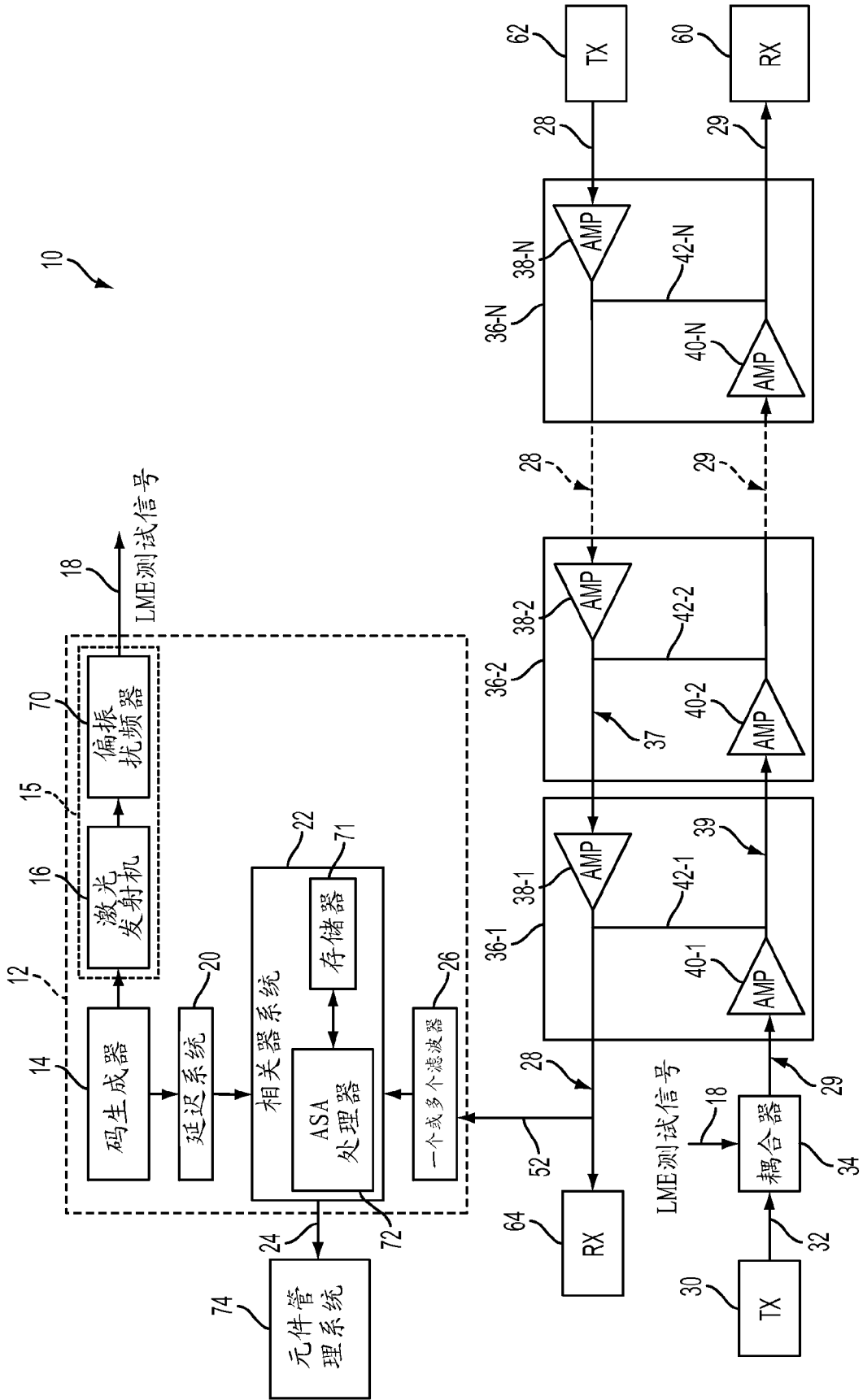


图 1

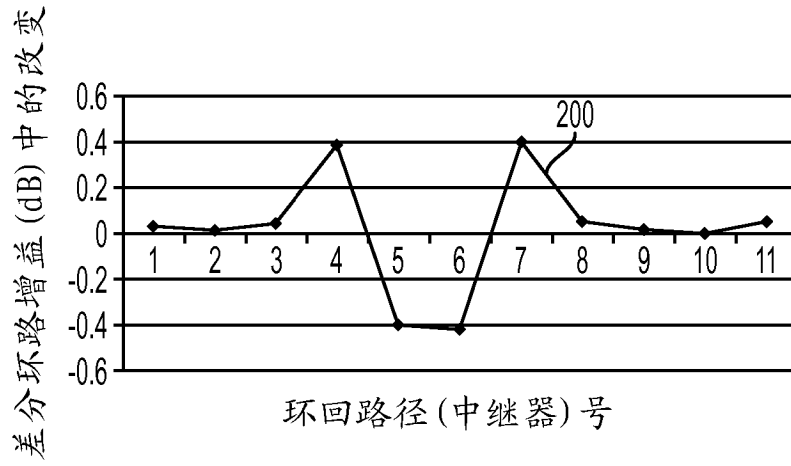


图 2

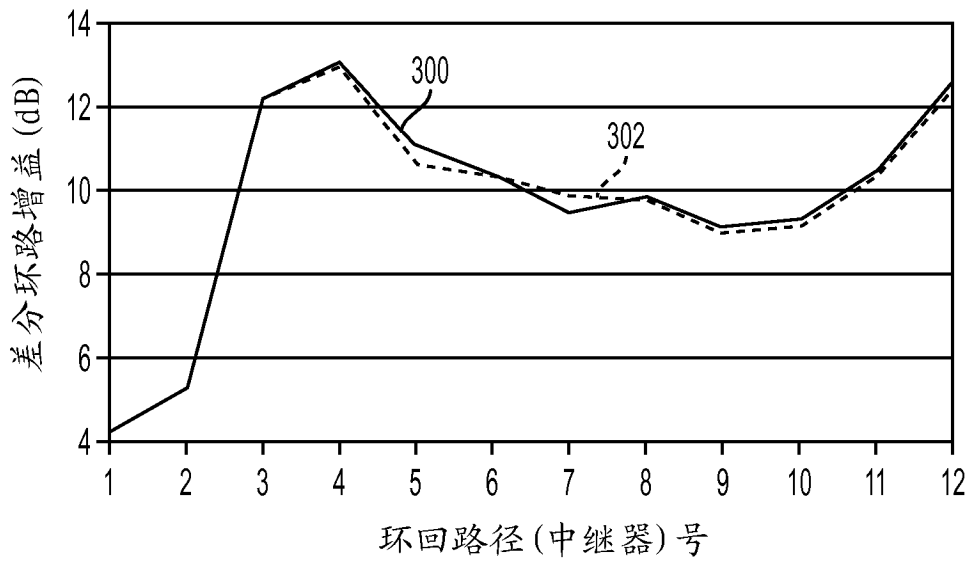


图 3

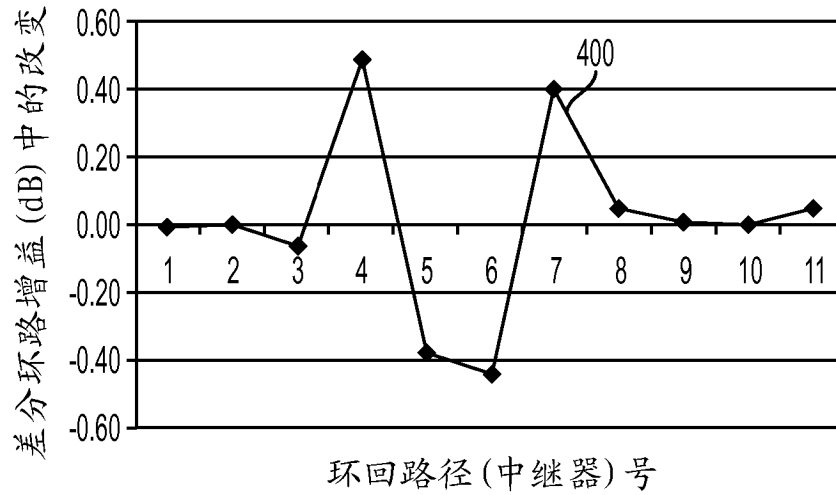


图 4

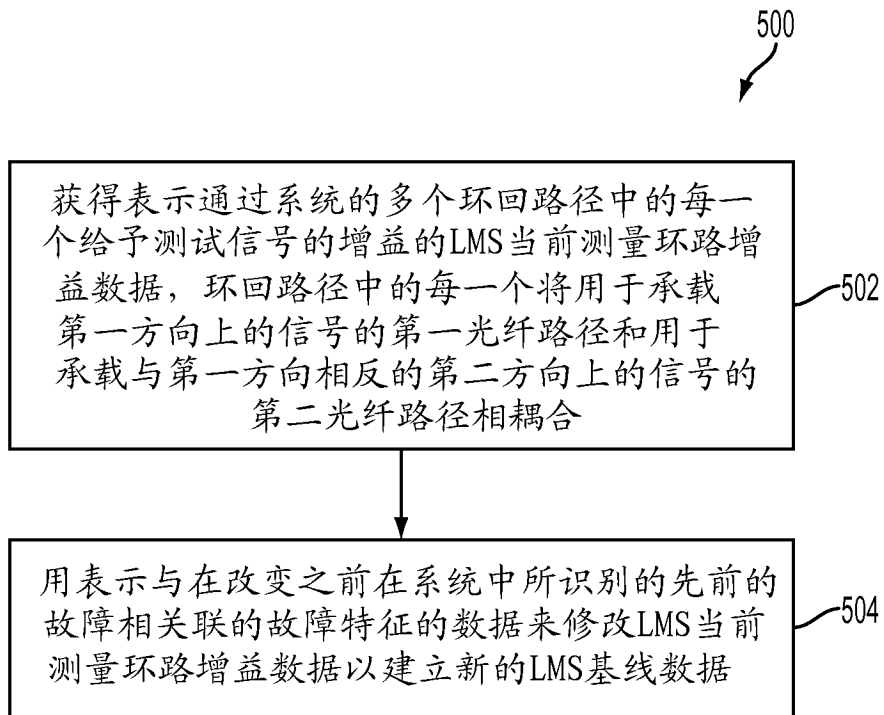


图 5