



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104350371 B

(45)授权公告日 2017.05.24

(21)申请号 201380027942.2

(22)申请日 2013.04.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104350371 A

(43)申请公布日 2015.02.11

(30)优先权数据

12305591.5 2012.05.29 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.11.27

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/058132 2013.04.19

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2013/178403 EN 2013.12.05

(73)专利权人 阿尔卡特朗讯

地址 法国布洛涅-比扬古

(72)发明人 M·施特劳布 J·黑曼

R·范基尔斯比尔克 S·米尔斯曼

Y·克莱鲍

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华 黄倩

(51)Int.Cl.

G01M 11/00(2006.01)

H04B 10/071(2006.01)

审查员 张辉

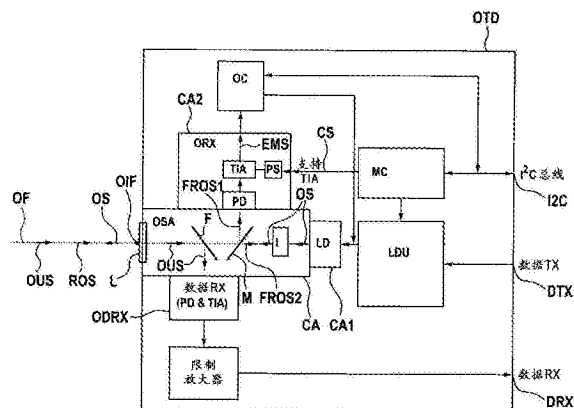
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

使用光时域反射计的光数据传输设备

(57)摘要

提出了用于光接入网络的光数据传输设备，该设备包括生成光传输信号的激光传输单元、以及控制激光传输单元以调制传输信号的驱动单元。该设备包括光接收单元，该光接收单元将接收到的光信号转换成电测量信号。为此，接收单元包含光电二极管和电放大器。光接收单元与激光传输单元分离。控制单元控制激光传输单元，使得根据测量信号来调制光传输信号。控制单元在测量间隔期间测量多个电测量信号，并且确定平均的已接收到电测量信号。此外，控制单元控制电放大器，使得电放大器在测量间隔之前的时间间隔期间被关闭。



1. 一种用于光接入网络的光数据传输设备 (OTD), 包括:
 - 激光传输单元 (LD), 可操作为生成光传输信号 (OS),
 - 至少一个驱动单元 (LDU), 其可操作为控制所述激光传输单元 (LD), 使得所述光传输信号 (OS) 根据数据信号而被调制,
 - 光接收单元 (ORX), 被适配为使用光电二极管 (PD) 和电放大器 (TIA) 来将已接收光信号 (ROS) 的至少一部分转换成电测量信号 (EMS), 其中在所述光接收单元 (ORX) 与所述激光传输单元 (LD) 分别具有彼此不直接连接的壳体的意义上, 所述光接收单元 (ORX) 与所述激光传输单元 (LD) 分离,
 - 至少一个控制单元 (MC, OC), 可操作为控制所述激光传输单元, 使得所述光传输信号 (OS) 根据测量信号而被调制,其中所述控制单元 (MC, OC) 进一步可操作为
 - 在测量间隔 (I1) 期间测量多个电测量信号, 并且基于测量的所述信号来确定平均的已接收电测量信号,
 - 以及控制所述电放大器 (TIA), 使得所述电放大器 (TIA) 在所述测量间隔 (I1) 之前的时间间隔 (I0) 的至少一部分期间被关闭, 并且使得所述电放大器 (TIA) 在测量间隔 (I1) 期间打开, 并且使得所述电放大器 (TIA) 所产生的热从所述光接收单元消散, 以引起所述激光传输单元 (LD) 处的温度改变和由所述激光传输单元 (LD) 所生成的所述光传输信号 (OS) 的中心波长的改变。
2. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD),
 - 其中所述控制单元 (MC, OC) 通过电连接来连接到所述电放大器 (TIA) 的电源,
 - 并且其中所述控制单元通过经由所述电连接关闭所述电放大器 (TIA) 的所述电源 (PS) 来关闭所述电放大器 (TIA)。
3. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD),
 - 其中所述控制单元 (MC, OC) 通过电连接来连接到所述电放大器 (TIA),
 - 并且其中所述控制单元经由所述电连接来关闭所述电放大器 (TIA)。
4. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD),
 - 其中所述激光传输单元 (LD) 和所述光接收单元 (ORX) 被光连接到光学子组件 (OSA), 所述光学子组件 (OSA) 可操作为
 - 向光接口提供所述光传输信号 (OS),
 - 以及从所述光接口接收所述已接收光信号 (ROS)。
5. 根据权利要求4所述的光数据传输设备 (OTD),
 - 其中所述激光传输单元 (LD) 和所述光接收单元 (ORX) 被机械地连接到所述光学子组件 (OSA)。
6. 根据权利要求5所述的光数据传输设备 (OTD),
 - 其中所述光学子组件 (OSA) 被封装在金属壳体中。
7. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD),
 - 其中所述控制单元 (MC, OC) 可操作为在非测量和测量的交替时间间隔期间控制所述电放大器 (TIA), 使得所述电放大器 (TIA) 在非测量的时间间隔 (I0、I2) 的至少相应部分期间被关闭。

8. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD) ,
其中所述测量信号表示具有预定义比特速率的比特序列。
9. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD) ,
其中所述驱动单元 (LDU) 可操作为控制所述激光传输单元 (LD) ,使得所述光信号 (OS)
根据所述数据信号使用开关键控而被调制。
10. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD) ,
其中所述控制单元 (MC,OC) 进一步可操作为向数据总线提供表示所述平均的已接收电
测量信号的测量数据信号。
11. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD) ,
其中所述控制单元 (MC,OC) 可操作为控制所述驱动单元 (LDU) 的工作点。
12. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD) ,
进一步包括光数据接收单元 (ODRX) ,
其中所述激光传输单元 (LD) 可操作为以第一波长传输所述光信号 (OS) ,
并且其中所述光数据接收单元 (ODRX) 可操作为以不同于所述第一波长的第二波长经
由所述已接收光信号来接收数据。
13. 根据权利要求1所述的光数据传输设备 (OTD) ,
其中所述控制单元 (MC,OC) 通过关闭所述电放大器 (TIA) 的电源 (PS) 来间接关闭所述
电放大器 (TIA) ,
或者其中所述控制单元 (MC,OC) 通过向所述电放大器 (TIA) 提供所述控制信号来直接
关闭所述电放大器 (TIA) 。
14. 一种光数据传输的方法,包括
 - 使用激光传输单元 (LD) 来生成光传输信号 (OS) ,
 - 使用至少一个驱动单元 (LDU) 来控制所述激光传输单元 (LD) ,使得所述光传输信号
(OS) 根据数据信号而被调制,
 - 使用包括光电二极管 (PD) 和电放大器 (TIA) 的光接收单元 (ORX) 来将已接收光信号
(ROS) 的至少一部分转换成电测量信号 (EMS) ,其中在所述光接收单元 (ORX) 与所述激光传
输单元 (LD) 分别具有彼此不直接连接的壳体的意义上,所述光接收单元 (ORX) 与所述激光
传输单元 (LD) 分离,
 - 使用至少一个控制单元 (MC,OC) 来控制所述激光传输单元,使得所述光传输信号 (OS)
根据测量信号而被调制,
 - 进一步包括,使用所述控制单元 (MC,OC)
 - 在测量间隔 (I1) 期间测量多个电测量信号,并且基于测量的所述信号来确定平均的
已接收电测量信号,
 - 并且控制所述电放大器 (TIA) ,使得所述电放大器 (TIA) 在所述测量间隔 (I1) 之前的
时间间隔 (I0) 的至少一部分期间被关闭,并且使得所述电放大器 (TIA) 在测量间隔 (I1) 期
间打开,并 且使得所述电放大器 (TIA) 所产生的热从所述光接收单元消散,以引起所述激
光传输单元 (LD) 处的温度改变和由所述激光传输单元 (LD) 所生成的所述光传输信号 (OS)
的中心波长的改变。

使用光时域反射计的光数据传输设备

技术领域

[0001] 本发明涉及电信领域,并且具体地涉及用于光接入网络中的光数据传输的设备和方法。

背景技术

[0002] 近日来,接入网络,也称为无源光网络(PON),被用来将多个客户连接到数据传输的核心网络。

[0003] 在这样的接入网中,在包含光线路终端(OLT)的所谓的中心局处给出在核心网络和接入网络之间的互连。

[0004] OLT经由至少一个光纤,优选地称为光学馈送光纤(optical feeder fiber),连接到所谓的远程节点。在该远程节点处,由OLT传送的光下行链路信号被分离到不同的光学分支上,一个或多个客户通过光网络单元(ONU)与该光学分支连接。

[0005] 客户经由光分支将光上行链路信号发送到远程节点,该远程节点将这些光上行链路信号组合成经组合的上行链路信号,并且经由光学馈送光纤将其传送到光线路终端。

[0006] 为了确定设备将光信号传送到其中的传输信道的传输属性,可以应用光时域反射计(OTDR)的测量技术。在这样的OTDR测量中,估计传输信道的反射简档。优选地,在OLT处执行OTDR的技术。

[0007] 出于OTDR的目的,光脉冲形式的测量信号可以被传送到光信道。然后,由光信道反射的接收到的响应信号可以在时域中跟踪,用于确定反射简档。

[0008] 在更高级的OTDR技术中,测量信号可以被生成为承载相关性序列的光信号。然后,接收到的响应信号被记录并且用于确定反射简档。反射简档可以通过使接收到的响应信号的采样版本与初始相关性序列本身相关来确定。在该情况下,相关性序列的自相关函数等于或由狄拉克德尔塔(dirac delta)函数来近似,相关的结果产生在时域中的光信道的冲激响应的估计,这是反射简档的近似。

[0009] 当使用传输设备来将承载传输数据的光传输信号传送到光信道中时,一种可能是通过使用独立的设备来执行OTDR的技术。在该情况下,传输设备和独立OTDR设备优选地经由光耦合器耦合到相同的光信道。光信道优选地是连接到设备的光纤。

[0010] 更高级的技术是嵌入式OTDR,其中传输设备本身包含用于生成光传输信号的硬件以及用于执行OTDR测量所需要的硬件。优选地,根据相关性序列来直接调制光传输信号,其中该直接调制的频率被选择为使得其不干扰在接收侧的数据接收。在将承载直接调制的测量信号的光传输信号传送到光信道中之后,可以通过从接收到的光信号中滤除以其调制光传输信号的频率来获得光信道的响应信号。

[0011] 然后,该接收到的响应信号可以用于经由信号相关的技术来确定反射简档,如前所述。

发明内容

[0012] 本发明的目的在于改善执行嵌入式OTDR测量的光数据传输设备。

[0013] 提出了用于光接入网络的光数据传输设备。该设备包括激光传输单元,其可操作为生成光传输信号。此外,该设备包括驱动单元,其可操作为控制激光传输单元,使得光传输信号根据数据信号——优选地根据电数据信号——而被调制。

[0014] 此外,该设备包括光接收单元,该光接收单元被适配为将接收到的光信号的至少一部分转换成电测量信号。对于该转换,光接收单元包含并且利用光电二极管和电放大器,此二者是光接收单元的组成部分。光接收单元还与激光传输单元分离。

[0015] 该设备还包括至少一个控制单元,其可操作为控制激光传输单元,使得光传输信号根据测量信号而被调制。

[0016] 控制单元还操作为在测量间隔期间测量多个电测量信号,并且基于测量的电信号来确定平均的已接收电测量信号。

[0017] 此外,控制单元可操作为控制电放大器,使得电放大器在测量间隔之前的时间间隔的至少一部分期间被关闭。

[0018] 为了掌握所提出设备的优点,必须考虑以下几个方面。

[0019] 当使用激光传输单元生成光传输信号时,该光信号可以具有包含窄线路宽度(优选地称为带宽)的固定波长。在针对激光传输单元的给定恒定温度、波长也是恒定的意义上,波长是固定的。

[0020] 当将具有窄线路和固定中心波长的光信号传送到光信道中时,这可能导致在接收到的响应信号内存在的相干罗利(Raleigh)噪声。然后,这样的相干罗利噪声将不可避免地使测量的准确度劣化。用于减小相干罗利噪声的一种可能性可以是使用具有较宽线路宽度的光传输信号,但是这进而由于光信道内存在的色散效应而产生对数据传输的限制。

[0021] 用于减少相干罗利噪声的另一相应手段是通过所提出的设备以下述方式实现的:

[0022] 通过在测量间隔之前的时间间隔期间关闭电放大器,并且然后在测量间隔的时间中打开电放大器,电放大器将在光接收单元内产生热能。然后,该热能可以从光接收单元消散到激光传输单元,其中这然后可以引起温度改变,并且因此还引起激光传输单元生成光传输信号的光中心波长的改变。用于数据传输以及OTDR测量的光信号的中心波长的改变进而将减少在测量间隔期间相干罗利噪声对测量的影响。

[0023] 所提出的设备具有下述优点,即没有额外的热电冷却器或热电加热器必须被预见在激光传输单元内或直接在激光传输单元处用于改变温度来改变所生成的光信号的中心波长。替代地,为此可以使用电放大器的热能。这允许在光传输设备内的高度集成。因为电放大器已经无论如何已经存在于光接收单元内以将接收到的光信号转换成电测量信号,所以没有额外的组件在光传输设备内被预见,以用于生成热能以便引起激光传输单元的温度改变来实现中心波长的改变。所有必须预见是,控制单元可操作为在测量间隔之前的时间间隔期间关闭放大器。因此,不需要额外的成本,不需要额外的电子板也不需要光学子模块尺寸增加。此外,不必预见对任何额外热电冷却器或加热器的任何额外的电力供应。这甚至允许嵌入式OTDR系统的更高集成,优选地集成到小因子可插拔光收发器模块。

附图说明

[0024] 图1示出了根据实施例的提出的光传输设备。

[0025] 图2示出了测量和非测量的交替时间间隔。

具体实施方式

[0026] 图1示出了优选地在光接入网络的光线路终端内使用的光传输设备OTD。

[0027] 设备OTD包含激光传输单元LD,其优选地是激光二极管。优选地,激光传输单元LD是半导体激光器,其在优选实施例中可以是分布式反馈(DFB)激光器。传输单元LD生成具有中心波长和线宽的光信号OS。光信号OS被传输到光学子组件OSA中。光信号OS通过光隔离器I以及光部分透射设备M和光滤波器F到光学接口OIF,透镜L优选地位于在该光学接口处。代替透镜L,如图1的优选实施例中所示,光学接口OIF可以包含用于连接光纤的插头或者替代地所谓光纤尾(fiber pigtail)。

[0028] 光隔离器I传送从传输单元LD向透镜L传播的光信号,同时抑制从透镜L到传输单元LD传播的光信号的传输。

[0029] 光部分透射设备M优选地是光部分反射镜,其允许信号OS的较大部分在从传输单元LD到透镜L的方向上传播,同时其反射在该方向上的信号OS传播的较小部分。此外,该镜允许光信号的较大部分从透镜L向传输单元LD传播,同时其反射在该方向上传播的这样的信号的较小部分。例如,光信号的90%的能量通过光部分反射镜透射,而光信号的10%的能量被光部分反射镜反射。

[0030] 部分光透射设备M替代地是光波分复用(WDM)抽头耦合器。这样的抽头耦合器针对第一预定义波长或波长范围来在光信号OS的方向上传送光信号,同时针对第二预定义波长或波长范围抑制在该方向上的传输光信号。优选地,第一预定义波长与光信号OS的波长一致。此外,抽头耦合器针对第二波长或波长范围在从透镜L向传输单元LD的方向上传送光信号,同时其针对第一预定义波长或波长范围,将来自透镜L的光信号指向接收单元ORX。

[0031] 光滤波器F允许光信号从传输单元LD传播到透镜L。滤波器F以下述方式对从透镜L向滤波器F传播的光信号进行滤波:具有传送的光信号OS的波长的光信号通过滤波器F朝向部分光透射设备M,同时由滤波器F向光数据接收单元ODRX反射不同波长的光信号。

[0032] 优选地,光传输信号OS是具有1490nm的波长的下行链路信号,而光上行链路信号OUS具有1310nm的波长,该光上行链路信号优选地是优选来自网络的其他单元的、在设备OTD处接收的、经组合的上行链路信号。

[0033] 光传输设备OTD可在透镜L处连接到光纤OF,设备OTD将传输信号OS传输到光纤中并且接收光上行链路信号OUS。透镜L可以被视作设备OTD的光学接口。

[0034] 激光传输单元LD由驱动单元LDU来控制,使得根据电数据信号来调制光传输信号OS。优选地在设备OTD处经由数据接口DTX来接收电数据信号。

[0035] 控制单元的OC控制激光传输单元LD,使得根据测量信号来调制光传输信号OS。测量信号优选地是表示相关性序列的数字电信号。

[0036] 激光驱动单元LDU向传输单元LD提供用于功率调整的电偏置信号以及用于根据在驱动单元LDU处接收到的数字信号来调制光信号OS的电调制信号。该数据优选地在设备OTD处经由数据接口DTX来接收。

[0037] 激光驱动器LDU本身由控制单元MC来控制,优选地是微控制器,其中单元MC控制驱动单元LDU的工作点。此外,单元MC控制驱动单元LDU,使得温度补偿被执行。

[0038] 根据测量信号的传输信号OS的调制优选地通过用作相关性序列的伪随机比特序列来执行。该比特序列有预定义的比特速率,这优选地是10MHz的比特速率。比特序列优选地具有 $2^{11}-1$ 的长度。

[0039] 设备OTD从透镜L处的光纤OF接收光信道的响应信号ROS。然后,该信号ROS通过光滤波器F。该信号ROS的一部分FROS1由部分光透射设备M向光接收单元ORX反射或抑制。信号ROS的剩余部分FROS2由部分光透射设备M向隔离器I传送,这抑制了该剩余部分FROS2,使得其无法到达激光单元LD。优选地,在部分光透射设备M是抽头耦合器的情况下,信号部分FROS1具有符合第一预定义波长或波长范围的波长,而信号部分FROS2具有符合第二预定义的波长或波长范围的波长。

[0040] 激光传输单元LD由控制单元OC控制,使得传输信号OS根据测量信号来进行调制。在光接收单元ORX内,接收到的光信号的一部分FROS1被转换成电测量信号EMS。为此,接收单元ORX包含将信号部分FROS1转换成电信号的光电二极管PD、以及放大器TIA,其放大用于获得电测量信号EMS的经转换的电信号。放大器TIA优选地是互阻抗放大器。放大器TIA优选地使用由电源PS提供的电能。

[0041] 根据测量信号的传输信号OS的调制优选地是幅度调制。此外,根据接收到的数据的光信号OS的调制还是使用开关键控以预定比特速率的幅度调制。该开关键控优选地以每秒2.5千兆比特速率来执行。

[0042] 如下幅度优选地在光信号的OS最大幅度的5%至10%的范围内,光信号OS根据测量信号而通过该幅度得以调制。

[0043] 在测量间隔内,测量信号被连续多次调制到光信号OS上。在该测量间隔内,光接收单元ORX从而通过将接收到的光信号FROS1的一部分转换成这些相应的电测量信号,来测量多个电测量信号。然后,将多个电测量信号提供给OTDR控制单元OC,OTDR控制单元OC存储这些多个电测量信号,并且基于测量的电信号来确定平均接收电测量信号。该平均可以是未加权的或加权平均的。通过这种包括多个接收的测量信号的平均的测量方式,与包括仅一个单个测量的测量方式相比,实现了提高的测量准确度。

[0044] 然后,经由数据总线I2C向设备提供控制单元OC内确定的平均接收电测量信号,图1中未示出。这样的设备可以使平均测量信号与相关性序列本身相关,以最终确定光信道的反射简档。替代地,该相关可以在控制单元OC内被直接执行。

[0045] 控制单元MC控制放大器TIA,使得该放大器TIA在测量间隔之前的至少一部分时间间隔期间被关闭。

[0046] 为此,控制单元MC经由电连接来连接到放大器TIA的电源PS。为了打开和关闭电源PS,控制单元MC向电源PS发送电控制信号CS,也称为“TIA启用”。通过打开和关闭放大器TIA的电源PS,也根据由控制单元MC发送的控制信号CS来打开和关闭放大器TIA。

[0047] 备选地,代替打开和关闭作为放大器TIA的独立单元的电源PS,控制单元MC与放大器TIA直接电连接,其中放大器TIA提供接口,优选地是图1中没有明确示出的PIN连接,在该接口处,其中电控制信号可以直接打开和关闭放大器TIA。

[0048] 如上所述,放大器TIA在其被打开时将生成热能。因此,通过在测量和非测量的不同间隔期间打开和关闭放大器TIA,接收单元ORX内存在的热能量可能发生变化。此外,接收单元ORX内存在的热能可以从接收单元ORX向单独的激光传输单元LD消散。因此,通过在不

同的间隔期间打开和关闭放大器TIA,由于热能消散而导致的传输单元LD内存在的热能的量可能发生变化。因此,可以实现由传输单元LD生成的光传输信号的中心波长的改变或变化。

[0049] 在接收单元ORX和激光传输单元的LD分别具有彼此不直接连接的壳体的意义上,接收单元ORX和激光传输单元的LD是分离的。这些壳体优选地可以经由光学子组件(OSA)的壳体来间接地彼此连接,这将在以下具体描述。

[0050] 图2示出了测量和非测量的不同时间间隔。

[0051] 由于该事实,当在网络内操作传输设备时,反射简档的测量不必总是被执行,接收单元内的用于测量电测量信号的放大器必须仅在这样的时间间隔期间被打开,在该时间间隔期间,应当执行反射简档的测量。

[0052] 在测量间隔I1内,执行测量,并且因此,该放大器被打开。在非测量的时间间隔I0期间,不执行OTDR测量,并且因此在该非测量的时间间隔期间关闭放大器。放大器在整个时间间隔I0期间不必被关闭,而是优选地可以仅在非测量的时间间隔I0的一部分期间被关闭。

[0053] 在OTDR测定的时间间隔I1期间,优选地传送 2^{18} 个相关性序列,使得平均电测量信号基于 2^{18} 个独立的电测量序列。

[0054] 优选地,测量的时间间隔I1之后是非测量的另一时间间隔I2,然后其跟随有测量的另一时间间隔I3。

[0055] 在非测量的时间间隔I2的至少一部分期间,控制单元控制放大器,使得其在时间间隔I2的至少一部分期间关闭。

[0056] 在测量I3的时间间隔期间,在控制单元的控制下打开放大器。

[0057] 返回图1,如上所述,在相应时间间隔期间的放大器TIA的打开和关闭可以由在控制单元MC上运行的软件任务来执行。

[0058] 尽管控制单元MC优选地是微控制器,但是控制单元OC优选地被实现为专用集成电路(ASIC)。

[0059] 控制单元MC和OC可以被提供为单独的控制单元或者备选地作为控制单元。控制单元的OC和MC可以根据硬件和/或软件的不同组合被实现为公共控制单元或单独的控制单元。

[0060] 光学子组件OSA光连接到激光传输单元LD和光接收单元ORX。因此,光学子组件OSA能够提供光传输信号给光学接口OIF,优选地由透镜L给出。

[0061] 此外,光学子组件OSA能够从光学接口OIF接收所接收到的光信号ROF。

[0062] 光学子组件OSA优选地是具有壳体CA的气密密封设备。传输单元LD和接收单元ORX机械地连接到该壳体。此外,光数据接收单元ODRX还机械地连接到子组件OSA。

[0063] 光学子组件可以具有由塑料制成的壳体CA。根据替代方案,子组件OSA的壳体CA是金属壳体,其提供如下优点,即允许从接收单元ORX向传输单元LD的更快热能消散。这在下述情况下特别有利:接收单元ORX和传输单元LD二者都被密封在相应的金属壳体CA1、CA2中,其被焊接到子组件OSA的壳体CA。

[0064] 传输单元OTD优选地包含光数据接收单元ODRX,其经由上行链路信号OUS接收数据。光数据接收单元ODRX还可以利用光电二极管以及放大器,以从光上行信号OUS得到接收

到的数据,该数据然后可以被提供给数据接口DRX。

[0065] 所提出的设备还公开了如独立权利要求中要求保护的光数据传输的方法,其包括对应于要求保护提出的设备的独立权利要求的不同步骤。

[0066] 在图1中所示的各种元件的功能,包括标记为“控制单元”的任何功能块,可以通过使用专用硬件以及能够关联于适当软件来执行软件的硬件来提供。当由处理器提供时,该功能可以通过单个专用处理器、由单个共享处理器或由多个独立处理器来提供,其中的一些可以被共享。此外,术语“控制单元”的明确使用不应当被解释为专指硬件能够执行软件的硬件,并且可以暗示地包括但不限于数字信号处理器 (DSP) 硬件、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA)、用于存储软件的只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM) 和非易失性存储。还可以包括常规和/或定制的其他硬件。

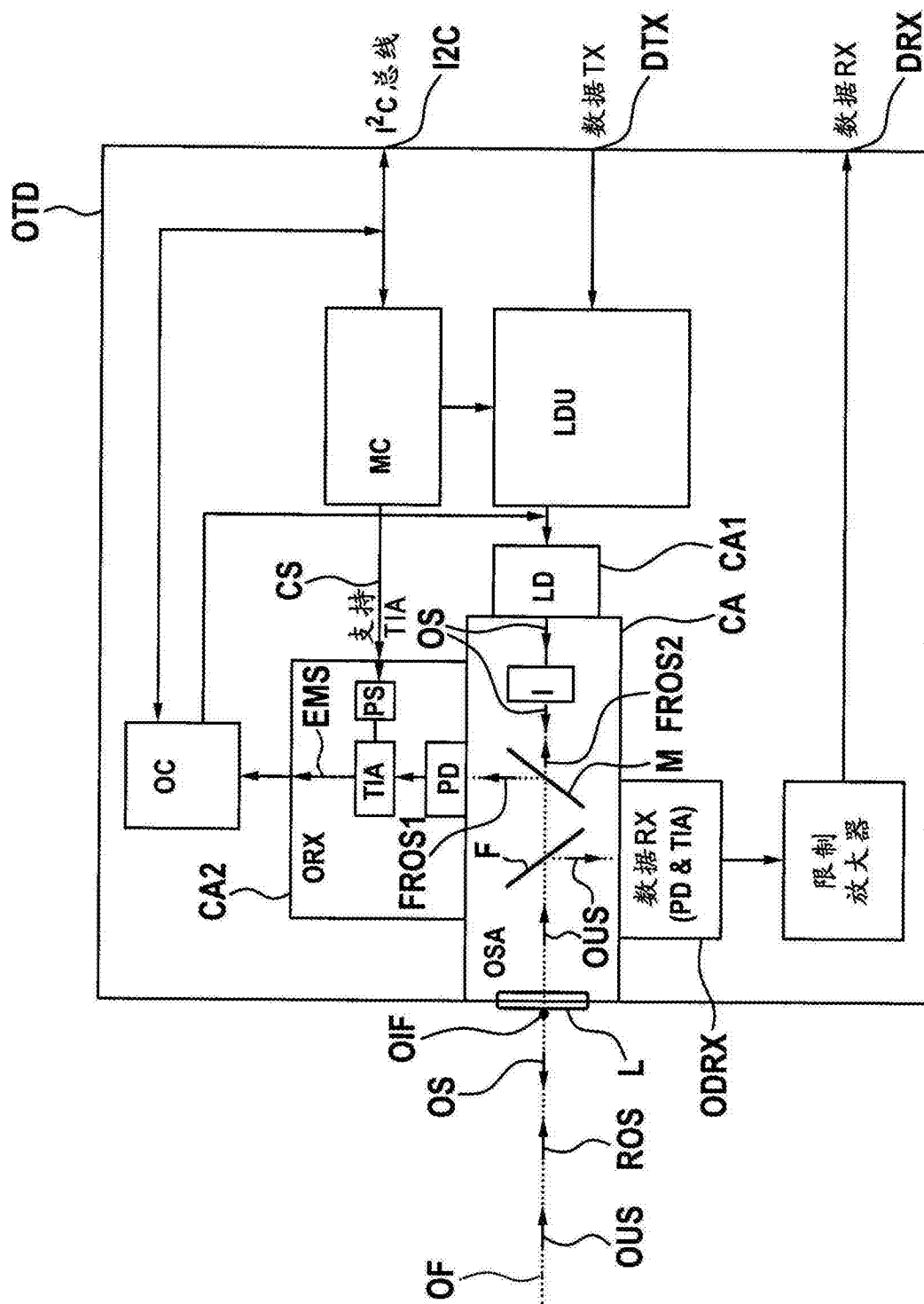


图1

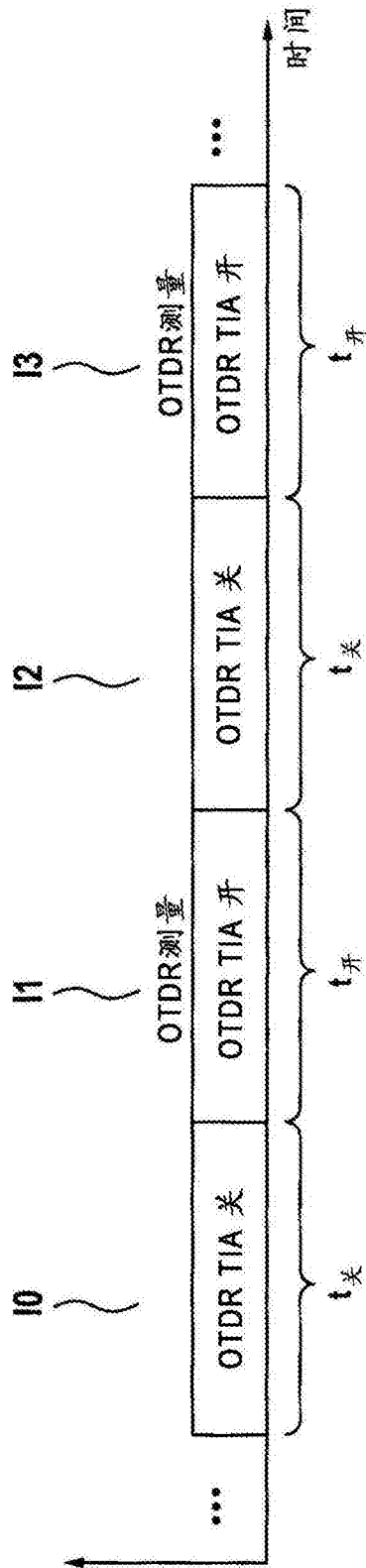


图2