

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2012年8月9日 (09.08.2012)



(10) 国际公布号
WO 2012/103832 A2

- (51) 国际专利分类号:
H04B 10/08 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/072712
- (22) 国际申请日: 2012年3月21日 (21.03.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): **周雷 (ZHOU, Lei)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **廖振兴 (LIAO, Zhenxing)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **王振平 (WANG, Zhenping)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **程宁 (CHENG, Ning)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: **北京三高永信知识产权代理有限公司 (BEIJING SAN GAO YONG XIN INTELLECTU-**

AL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市海淀区学院路蓟门里和景园 A-1-102, Beijing 100088 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 根据申请人的请求, 在条约第 21 条(2)(a)所规定的期限届满之前进行。

[见续页]

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING SIGNALS, OPTICAL RECEIVER AND OPTICAL NETWORK SYSTEM

(54) 发明名称: 信号处理方法、光接收机以及光网络系统

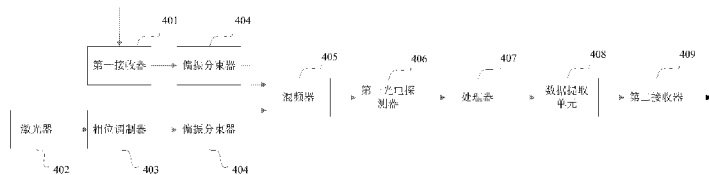


图4 / FIG. 4

- 401 First receiver
- 402 Laser
- 403 Phase modulator
- 404 Polarizing beam splitter
- 405 Mixer
- 406 First photodetector
- 407 Processor
- 408 Data extraction unit
- 409 Second receiver

(57) Abstract: Disclosed in the present invention are a method for processing signals, an optical receiver and an optical network system, which belong to the field of optical networks. The method includes: receiving a first optical signal from an optical network unit; generating a second optical signal and modulating the phase of the second optical signal; obtaining at least one electrical signal, after the first optical signal and the second optical signal pass a polarizing splitter, a frequency mixing processor and a photodetector respectively; outputting a third electrical signal after performing operation processing of the at least one electrical signal; according to the third electrical signal, restoring a data signal and transmitting the data signal. With the present invention, the second optical signal generated locally enables accurate coherent reception when an arbitrary frequency difference is present between the second optical signal and the first optical signal, thus greatly reducing the complexity of system set-up, and also reducing system upgrade costs and optical power loss.

[见续页]



WO 2012/103832 A2



-
- 不包括国际检索报告，在收到该报告后将重新公布(细则 48.2(g))。

(57) 摘要:

本发明公开了一种信号处理方法、光接收机和光网络系统，属于光网络领域。该方法包括：接收光网络单元发送的第一光信号；产生第二光信号，对该第二光信号进行相位调制；将该第一光信号与该第二光信号分别通过偏振分光、混频处理以及光电探测器后，获得至少一路电信号；将该至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；根据该第三电信号，恢复出数据信号并进行发送，本实施例可以使本地产生的第二光信号在与第一光信号存在任意频差的情况下，都可以正确的进行相干接收，大大降低了系统实现的复杂度，最大可能的降低了系统升级成本和光功率损耗。

说明书

信号处理方法、光接收机以及光网络系统

技术领域

5 本发明涉及光通信领域，特别涉及一种信号处理方法、光接收机以及光网络系统。

背景技术

无源光网络 (Passive Optical Network, PON) 在宽带接入领域逐渐成为主流技术，随着各种宽带业务如视频会议、3D 电视、移动回传、互动游戏的快速发展，对接入带宽的需求越来越高。面对未来的宽带演进，需要更大的带宽、长距离、大分支。典型的 PON 系统由多个终端 (Optical Network Unit, ONU) 通过光纤连接到光分离器 (Splitter)，经光分离器汇聚之后通过主干光纤连接到光线路终端 (Optical Line Terminate, OLT)。ONU 通过 TDMA (Time Division Multiple Access, 时分多址) 方式共享主干光纤。在网络升级过程中，ONU 应该尽可能的保持不动或者低成本的微小改动，保护既有投资；提高光分离器分支比，意味着更大的光功率损耗。提高功率预算，在保持 PON 无源特性的前提下，目前通行的方式包括：引入相干接收技术，通过引入一个功率较高的本振光，将信号光进行放大，同时光电接收机工作在散弹噪声主导状态，能够达到接收机的散弹噪声极限，大大提高灵敏度，相干检测技术适合任何波段，但是目前的相干接收技术需要对本振光和信号光的频差进行精确控制，导致接收机的实现过程复杂，成本昂贵，一旦接收机端的频差出现较大误差，会造成光功率产生较大的损耗。

发明内容

本发明实施例提供了一种信号处理方法、光接收机以及光网络系统，解决了现有接收机中的相干接收技术需要对本振光和信号光的频差进行精确控制而导致的实现过程复杂，成本高昂的问题。所述技术方案如下：

本发明实施例提供了一种信号处理方法，所述方法包括：

接收光网络单元发送的第一光信号；

产生第二光信号，对所述第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后半个周期的相位与所述第二光信号在前半个周期的相位相差 90 度，其中所述 1 个周期为传输所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；

将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光、混频处理以及光电探测器后，

获得至少一路电信号；

将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；

根据所述第三电信号，恢复出数据信号并进行发送。

5 本发明实施例提供了一种光接收机，所述光接收机包括：

第一接收器，用于接收光网路单元发送的第一光信号；

激光器，用于产生第二光信号，将所述第二光信号发送到相位调制器；

所述相位调制器，用于对所述第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后半个周期的相位与所述第二光信号在前半个周期的相位相差 90 度，其中所述 1 个周期为传输
10 所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；

所述偏振分束器，用于将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光后，将所述偏振分光后的光信号输入到混频器；

所述混频器，用于将所述偏振分光后的光信号进行混频处理；

15 第一光电探测器，用于检测到所述混频处理后的光信号后，经过光电转换，输出至少一路电信号；

处理器，用于将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；

数据提取单元，用于根据所述第三电信号，恢复出数据信号；

第二接收器，用于将所述恢复出的数据信号发送出去。

20 本发明实施例提供了一种光网络系统，所述光网络系统至少包括：局端设备和光网络单元，所述局端设备包括如上述任一项所述的光接收机。

本发明实施例提供的信号处理方法、光接收机以及光网络系统，通过接收光网路单元发送的第一光信号；产生第二光信号，对所述第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后半个周期的相位与所述第二光信号在前半个周期的相位相差 90 度，其中所述 1 个
25 周期为传输所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光、混频处理以及光电探测器后，获得至少一路电信号；将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；根据所述第三电信号，恢复出数据信号并进行发送。实施本实施例的方案，可以使本地产生的第二光信号在与第一光信号存在任意频差的情况下，都可以正确的进行相干接收，大大降低了系统实现的复杂度，最大可能的
30 降低了系统升级成本和光功率损耗。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

- 图 1 是本发明实施例提供的一种信号处理方法的流程图；
图 2 是本发明实施例提供的一种信号处理方法的流程图；
图 3 是本发明实施例提供的相位调制中每个周期时刻与相位旋转角度对应关系图；
图 4 是本发明实施例提供的一种光接收机的结构示意图；
10 图 5 是本发明实施例提供的一种光接收机的具体结构示意图；
图 6 是本发明实施例提供的的数据提取单元的结构示意图；
图 7 是本发明实施例提供的 TDMA PON 系统的结构示意图。

具体实施方式

- 15 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

图 1 是本发明实施例提供的一种信号处理方法的流程图。该实施例的执行主体为光接收机，参见图 1，该实施例具体包括：

- 101、接收光网络单元发送的第一光信号；
20 102、产生第二光信号，对所述第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后半个周期的相位与所述第二光信号在前半个周期的相位相差 90 度，其中所述 1 个周期为传输所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；
该第二光信号由光接收机中的本振激光器产生。
103、将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光、混频处理以及光电探测
25 器后，获得至少一路电信号；
104、将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；
通过步骤 102 的相位调制，使得在步骤 104 的运算处理中，可以将频差和相位差消除，使得该平方和信号不受第一光信号和第二光信号的频差和相位差的影响。
105、根据所述第三电信号，恢复出数据信号并进行发送。

- 30 本发明实施例提供的信号处理方法，可以使本地产生的第二光信号在与第一光信号存在任意频差的情况下，都可以正确的进行相干接收，大大降低了系统实现的复杂度，最大

可能的降低了系统升级成本和光功率损耗。

图 2 是本发明实施例提供的一种信号处理方法的流程图。该实施例的执行主体为光接收机，参加图 2，该实施例具体包括：

201、接收来自光网络单元的第一光信号 E_S ，该第一光信号 E_S 的一个周期为 T ；

5 其中，本实施例所述的周期是指比特周期，1 个比特周期是指传输第一光信号 E_S 中任意一个比特所需的时间。

其中，该光接收机可以位于局端设备，该局端设备具体可以为 OLT（Optical Line Terminal，光缆终端设备），该第一光信号为通过光分配网接收到的来自光网络单元的光信号。

10 202、产生第二光信号，对第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后半个周期（ $T/2$ ， T ）的相位与所述第二光信号在前半个周期（ 0 ， $T/2$ ）的相位相差 90 度，其中所述 1 个周期为传输所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；

其中，该产生的第二光信号与该接收到的第一光信号的振动方向相同；

15 对与第二光信号的相位调制，可以理解为，通过相位调制，使得第二光信号的相位在（ 0 ， $T/2$ ）内不变，在（ $T/2$ ， T ）内进行 90 度反转；

将接收第一光信号 E_S 的时刻视为 0 时刻，则对于第二光信号来说，第一光信号的比特周期的前半个周期为（ 0 ， $T/2$ ），第一光信号的比特周期的后半个周期为（ $T/2$ ， T ），在本实施例中，在（ 0 ， $T/2$ ）的时间内，不对第二光信号进行调制，输出同相量；在（ $T/2$ ， T ）时间内，将第二光信号的相位进行 90 度的反转，输出第二光信号的正交量。

20 优选地，该第二光信号可以由激光器产生，激光器具体可以为本振激光器。该相位调制可以通过相位调制器进行，该相位调制器周期性的产生正弦波和余弦波，在前半个周期产生正弦波对第二光信号进行调制，使得第二光信号的相位不变，在后半个周期产生余弦波，使得第二光信号的相位反转 90 度。相位调制中每个周期内时刻与反转相位对应关系可参见图 3，在第一光信号的每个比特周期中，视比特周期的起始时刻为 0，则在（ 0 ， $T/2$ ）
25 内对第二光信号的调制相位幅度为 0，而在（ $T/2$ ， T ）内对第二光信号的调制相位幅度为 $\pi/2$ 。

203、对该第一光信号 E_S 进行偏振分光处理，得到第三光信号 E_{S1} 和第四光信号 E_{S2} ，该第三光信号 E_{S1} 为该第一光信号 E_S 的垂直分量，该第四光信号 E_{S2} 为该第一光信号 E_S 的水平分量；

30 本领域技术人员可以获知，当对光信号进行偏振分光处理后，输出的两束光信号的偏振态互相垂直，且光功率相等。

204、将该第二光信号 E_{LO} 进行偏振分光处理，得到第五光信号 E_{LOI} 和第六光信号 E_{LOQ} ，该第五光信号 E_{LOI} 为该第二光信号 E_{LO} 的垂直分量，该第六光信号 E_{LOQ} 为该第二光信号 E_{LO} 的水平分量；

本领域技术人员可以获知，当对光信号进行偏振分光处理后，输出的两束光信号的偏振态互相垂直，且光功率相等。

在本实施例中，对第一光信号和第二光信号的偏振分光处理可以同步进行，也可以不同步进行，如果该偏振分光处理不同步进行，在后续步骤进行混频之前，需要对偏振分光处理后的输出进行时钟同步，该时钟同步可以通过时钟和数据恢复（Clock and Data Recovery, CDR）进行。

10 其中，步骤 203 和 204 中的分光处理可以通过偏振分束器（PBS, Polarization Beam Splitter）实现，当使用偏振分束器对光信号进行偏振分光处理后，输出的两束光信号的偏振态互相垂直，且光功率相等。偏振分束器的类型可以有多种，本发明实施例不做具体限定。

205、将该第三光信号 E_{SI} 与第五光信号 E_{LOI} 进行混频处理，并将混频处理后的光信号进行光电转换，得到第一电信号 $I_I(t) = R\sqrt{P_s P_{LO}} \cos\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{LO}(t)\}$ ；其中， R 为该光接收机的响应度， P_s 为该第一光信号的功率， P_{LO} 为该第二光信号的功率， w_{IF} 为第一光信号和第三光信号的频差， $\theta_{sig}(t) - \theta_{LO}(t)$ 为第一光信号和第三光信号的相位差， t 为时间；

在本实施例中，第五光信号和第三光信号分别为垂直分量，与第五光信号的偏振态相互平行的为第三光信号，因此在步骤 205 中，将第三光信号和第五光信号进行混频处理。

206、将该第四光信号 E_{SQ} 与第六光信号 E_{LOQ} 进行混频处理，并将混频处理后的光信号进行光电转换，得到第二电信号 $I_Q(t) = R\sqrt{P_s P_{LO}} \sin\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{LO}(t)\}$ ；

在本实施例中，第六光信号和第四光信号分别为水平分量，与第六光信号的偏振态相互平行的为第四光信号，因此在步骤 206 中，将第四光信号和第六光信号进行混频处理。

其中，步骤 205 和 206 中的耦合可以通过 2×2 混频器进行，混频器用于将两个光信号混合在一起，对于一个典型的 2×2 混频器来说，当 2×2 混频器的输入为 E_1 与 E_2 时，由公式

25
$$\begin{bmatrix} E_1' \\ E_2' \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\pi/2} \\ e^{j\pi/2} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 e^{j(\omega_1 t + \phi_1(t))} \\ E_2 e^{j(\omega_2 t + \phi_2(t))} \end{bmatrix},$$

可以得到输出：

$$E_1' = \frac{1}{\sqrt{2}} (E_1 e^{j(\omega_1 t + \phi_1(t))} + E_2 e^{j(\omega_2 t + \phi_2(t) + \pi/2)})$$

$$E_2' = \frac{1}{\sqrt{2}} (E_1 e^{j(\omega_1 t + \phi_1(t) + \pi/2)} + E_2 e^{j(\omega_2 t + \phi_2(t))})。$$

光电转换可以通过光电探测器进行，光电探测器用于将探测到的光信号转换为电信号输出，

其中， E_1' 、 E_2' 经过光电转换后，得到 I_1 、 I_2 ，如下式所示：

$$\begin{aligned} I_1 &= R|E_1'|^2 = \frac{1}{4}R(E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_1(t) - \varphi_2(t) - \frac{\pi}{2})) \\ &= \frac{1}{4}R(E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \sin((\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_1(t) - \varphi_2(t))) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= R|E_2'|^2 = \frac{1}{4}R(E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_1(t) - \varphi_2(t) + \frac{\pi}{2})) \\ &= \frac{1}{4}R(E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \sin((\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_1(t) - \varphi_2(t))) \end{aligned}$$

$$\text{最终， } I(t) = I_1 - I_2 = E_1E_2 \sin((\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_1(t) - \varphi_2(t))$$

在通常的相干接收机中，要得到步骤 205、206 中所示的光信号的 cos 和 sin 电流分量，需要使用 90 度光混频器，成本很高，而这里采用的 2×2 混频器成本非常低，同时减少了 2 个平衡接收机，进一步降低了系统复杂度，后续电域处理，也会占用更少的资源，满足接入网低成本的需求。

在本实施例中，对各路光信号的混频以及光电转换可以同步进行，也可以不同步进行，如果该分光处理不同步进行，在后续步骤进行平方和运算之前，需要根据时钟信号对第一电信号和第二电信号进行处理。

207、根据时钟信号对该第一电信号 $I_I(t) = R\sqrt{P_s P_{LO}} \cos\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{LO}(t)\}$ 进行半个周期的延时，并将延时后的第一电信号与第二电信号 $I_Q(t) = R\sqrt{P_s P_{LO}} \sin\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{LO}(t)\}$ 进行平方和运算，输出第三电信号 $I_I(t)^2 + I_Q(t)^2 = R^2 P_s(t) P_{LO}$ ；

需要说明的是，第一电信号在每个比特周期的前半周期的电信号为 $I_I(t) = R\sqrt{P_s P_{LO}} \cos\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{LO}(t)\}$ ，而第二电信号在每个比特周期的后半周期的电信号为 $I_Q(t) = R\sqrt{P_s P_{LO}} \sin\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{LO}(t)\}$ ，因此，在进行平方和运算之前，需要对第一电信号进行延时，使得延时后的第一电信号和第二电信号在进行平方和运算后，能够消除 $\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{LO}(t)\}$ ，也即是消除第一光信号和第二光信号的频率差的影响。

由步骤 207 可以看到，第一信号光和第二信号光的频差 w_{IF} 和相位差 $\theta_s(t) - \theta_{LO}(t)$ 都已经被消除，基带信号 $P_s(t)$ 已经被恢复出来。也就是说，经过这样的简单处理后，光接收机实现了与频差和相位差无关。

需要说明的是，一般情况下，接收到的第一光信号经过偏振分光处理可以获得两束偏振态正交的光信号，而在接收到的第一光信号只包含一种偏振态的情况下，经过偏振分光

处理后可能获得一束光信号，即第三光信号或第四光信号，则当仅输出第三光信号时，将第三光信号与第五光信号混频，当仅输出第四光信号时，将第四光信号与第六光信号混频，分别经过光电转换后，输出一路电信号，而在进行平方和运算时，将该电信号进行半个周期的延时，并将延时后的电信号与输出的电信号进行平方和运算，以获取第三电信号。其中，该混频并不影响各个光信号，而仅是将多条光信号混合为一条光信号进行传输。

208、根据所述输出第三电信号 $I_I(t)^2 + I_Q(t)^2 = R^2 P_S(t) P_{Lo}$ 获取所述第一光信号的基带信号 $P_S(t)$ ，对所述基带信号 $P_S(t)$ 进行数据恢复处理，恢复出数据信号并发送出去。

本领域技术人员可以获知，第一光信号经过数据与时钟恢复单元，触发门限值的提取和后续的过滤单元，完成电信号的采样、恢复，根据时钟信号恢复数据，完成整个相干接收过程。

该步骤 208 可通过软件算法、处理器 processor 或数字信号处理（Digital Signal Processing，简称 DSP）或硬件电路或任意组合实现，该硬件电路可以包括存储器、加法器和乘法器等。

另外，根据数据恢复过程中提取的数据还可以进一步评估计算比特周期，并根据估算出的比特周期对接收机的相位调制过程中的时钟进行调整。

本实施例提供的方法，可以使本地产生的第二光信号在与第一光信号存在任意频差的情况下，都可以正确的进行相干接收，大大降低了系统实现的复杂度，最大可能的降低了系统升级成本和光功率损耗。该方法适合各种 PON 场景，包括但不限于 TDMA-PON 突发、WDM 等相干接收，使得终端 ONU 无需精确控制，对局端本振激光器调节步长与精度要求大大降低，无需窄线宽，可以实现高接收灵敏度，提高功率预算。同时，解决了由于 ONU 波长不稳定，导致相干解调时中频漂移的问题，允许在任意频差范围内进行准确的基带信号恢复，

图 4 是本发明实施例提供的一种光接收机的结构示意图。该光接收机可以位于局端设备，该局端设备具体可以为 OLT，参见图 4，光接收机包括但不限于：第一接收器 401、激光器 402、相位调制器 403、两个偏振分束器 404、至少一个混频器 405、第一光电探测器 406、处理器 407、数据提取单元 408 和第二接收器 409，

第一接收器 401，用于接收光网路单元发送的第一光信号；

其中，该第一光信号为通过光分配网接收到的来自光网络单元的光信号。

激光器 402，用于产生第二光信号，将所述第二光信号发送到相位调制器 403；

其中，该产生的第二光信号与该接收到的第一光信号的振动方向相同；

所述相位调制器 403，用于对所述第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后

半个周期的相位与所述第二光信号在前半个周期的相位相差 90 度，其中所述 1 个周期为传输所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；

其中，该相位调制器周期性的产生正弦波和余弦波，在前半个周期产生正弦波对第二光信号进行调制，使得第二光信号的相位不变，在后半个周期产生余弦波，使得第二光信号
5 号的相位反转 90 度。相位调制中每个周期内时刻与反转相位对应关系可参见图 3，在第一光信号的每个比特周期中，视比特周期的起始时刻为 0，则在 $(0, T/2)$ 内对第二光信号的调制相位幅度为 0，而在 $(T/2, T)$ 内对第二光信号的调制相位幅度为 $\pi/2$ 。

所述偏振分束器 404，用于将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光后，将所述偏振分光后的光信号输入到混频器 405；

10 本领域技术人员可以获知，当对光信号进行偏振分光处理后，输出的两束光信号的偏振态互相垂直，且光功率相等。

优选地，所述偏振分束器 404，具体用于将所述第一光信号进行偏振分光处理后，输出第三光信号和/或第四光信号；将所述相位调制后的第二光信号进行偏振分光处理后，输出第五光信号和第六光信号，其中，所述第五光信号的偏振态与所述第六光信号的偏振态互
15 相垂直。

所述混频器 405，用于将所述偏振分光后的光信号进行混频处理；

优选地，所述混频器 405，具体用于将与所述第五光信号的偏振态相互平行的所述第三光信号或者所述第四光信号进行混频处理，和/或，将与所述第六光信号的偏振态相互平行的所述第四光信号或者第三光信号进行混频处理，输出混频处理后的光信号给光电探测器。

20 第一光电探测器 406，用于检测到所述混频处理后的光信号后，经过光电转换，输出至少一路电信号；

处理器 407，用于将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；

优选地，所述至少一路电信号包括第一电信号和第二电信号，所述处理器 407，具体用于对第一电信号进行半个周期的延时处理，并将延时后的第一电信号与所述第二电信号进
25 行平方和运算，输出第三电信号，其中所述第三电信号的幅值与所述第一光信号和所述第二光信号的频率差无关。

数据提取单元 408，用于根据所述第三电信号，恢复出数据信号；

第二接收器 409，用于将所述恢复出的数据信号发送出去。

优选地，参见图 6，所述数据提取单元 408 还包括：第二光电探测器 408a 以及数据和
30 时钟恢复单元 408b；

所述第二光电探测器 408a，用于检测到所述第三电信号后，输入到数据和时钟恢复单

元；

所述数据和时钟恢复单元 408b，用于根据所述第三电信号，获取所述第一光信号的基带信号，对所述基带信号进行数据恢复处理，恢复出数据信号并发送出去。

本领域技术人员可以获知，第一光信号经过第二光电探测器 408a、数据和时钟恢复单元 408b，完成电信号的采样、恢复，根据时钟信号恢复数据，完成整个相干接收过程。

图 4 所示的光接收机中仅包括一个混频器 405，在第一接收器 401 接收到的第一光信号只包含一种偏振态的情况下，经过偏振分束器 404 的偏振分光处理后可能输出一束光信号，即第三光信号或第四光信号，则当仅输出第三光信号时，混频器 405 将第三光信号与第五光信号混频，当仅输出第四光信号时，混频器 405 将第四光信号与第六光信号混频，分别经过第一光电探测器 406 进行光电转换后，输出一路电信号，而在处理器 407 进行平方和运算时，将该电信号进行半个周期的延时，并将延时后的电信号与输出的电信号进行平方和运算，以获取第三电信号。

图 5 为本发明实施例提供的一种光接收机的结构示意图。该光接收机中包含两个混频器 405a 和 405b，该混频器 405a 和 405b 与混频器 405 的具体功能相同，该两个混频器 405a 和 405b 分别用于对两个偏振分束器 404a 和 404b 所输出的光信号进行混频。需要说明的是，一般情况下，接收到的第一光信号经过偏振分束器可以输出两束偏振态正交的光信号，具体地，偏振分束器 404a 对该第一光信号 E_s 进行偏振分光处理，得到第三光信号 E_{sI} 和第四光信号 E_{sQ} ，该第三光信号 E_{sI} 为该第一光信号 E_s 的垂直分量，该第四光信号 E_{sQ} 为该第一光信号 E_s 的水平分量，将第三光信号 E_{sI} 输出给混频器 405a，第四光信号输出给混频器 405b；偏振分束器 404b 对该第二光信号 E_{Lo} 进行偏振分光处理，得到第五光信号 E_{LoI} 和第六光信号 E_{LoQ} ，该第五光信号 E_{LoI} 为该第二光信号 E_{Lo} 的垂直分量，该第六光信号 E_{LoQ} 为该第二光信号 E_{Lo} 的水平分量，将第五光信号 E_{LoI} 输出给混频器 405a，将第六光信号 E_{LoQ} 输出给混频器 405b；混频器 405a 对该第三光信号 E_{sI} 与第五光信号 E_{LoI} 进行混频处理，并将混频处理后的光信号进行光电转换，输出第一电信号 $I_1(t) = R\sqrt{P_s P_{Lo}} \cos\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{Lo}(t)\}$ ；其中， R 为该光接收机的响应度， P_s 为该第一光信号的功率， P_{Lo} 为该第二光信号的功率， w_{IF} 为第一光信号和第二光信号的频差， $\theta_{sig}(t) - \theta_{Lo}(t)$ 为第一光信号和第二光信号的相位差， t 为时间；混频器 405b 对该第四光信号 E_{sQ} 与第六光信号 E_{LoQ} 进行混频处理，并将混频处理后的光信号进行光电转换，输出第二电信号 $I_2(t) = R\sqrt{P_s P_{Lo}} \sin\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{Lo}(t)\}$ ；处理器 407 根据时钟信号对该第一电信号 $I_1(t) = R\sqrt{P_s P_{Lo}} \cos\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{Lo}(t)\}$ 进行半个周期的延时，并将延时后的第一电信号与第

二电信号 $I_Q(t) = R\sqrt{P_s P_{LO}} \sin\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{LO}(t)\}$ 进行平方和运算，输出第三电信号 $I_I(t)^2 + I_Q(t)^2 = R^2 P_s(t) P_{LO}$ 。在进行平方和运算之前，需要对第一电信号进行延时，使得延时后的第一电信号和第二电信号在进行平方和运算后，能够消除 $\{w_{IF}t + \theta_s(t) - \theta_{LO}(t)\}$ ，也即是消除第一光信号和第二光信号的频率差的影响。

5

一般情况下，接收到的第一光信号经过偏振分光处理可以获得两束偏振态正交的光信号，而其中，该混频并不影响各个光信号，而仅是将多条光信号混合为一条光信号进行传输。在通常的相干接收机中，要得到光信号的 cos 和 sin 电流分量，需要使用 90 度光混频器，成本很高，而这里采用的 2×2 混频器成本非常低，同时减少了 2 个平衡接收机，进一步降低了系统复杂度，后续电域处理，也会占用更少的资源，满足接入网低成本的需求。

10

本实施例提供的光接收机，可以使本地产生的第二光信号在与第一光信号存在任意频差的情况下，都可以正确的进行相干接收，大大降低了系统实现的复杂度，最大可能的降低了系统升级成本和光功率损耗，进一步地，无需使用 90 度光混频器，结构简单。

本实施例提供的光接收机适用于 TDMA PON 或 WDM PON 中，既可以位于局端设备 OLT 中，还可以位于光网络单元 ONU 中。在实际的系统中，可以避免在 ONU 和 OLT 侧采用成本很高的精度高窄线宽激光器，而采用通常的非制冷 DFB 激光器即可，这种激光器目前被广泛部署在 ONU 端。同时，还避免了本振光与信号光波长差的精确控制、反馈回路。

15

本实施例提供的光接收机适用于广泛部署的 TDMA PON 系统中，中间采用光分路器 (Splitter)，ONU 通过时分复用的方式与 OLT 进行通信。ONU 为非制冷 DFB 激光器，兼容现有的 ODN，部署成本很低，同时接收机灵敏度提高，适应长距离、高密度 PON 的发展需求。

20

本发明实施例还提供了一种光网络系统，如图 7 所示，所述光网络系统 700 至少包括：光线路终端 702 和光网络单元 708，当所述光网络系统为时分复用光网络 TDMA PON 系统，所述光线路终端 702 通过光分配网 706 与所述至少一个光网络单元 708 连接，其中，所述光线路终端 702 和/或光网络单元 708 包括光接收机 704，其中所述光接收机 704 的结构示意图可以为图 4 或者图 5 所示的任意一种光接收机；当所述光网络系统为波分复用光网络 WDM PON 系统，所述光线路终端通过波分复用器与光网络单元连接，其中，所述光线路终端和/或光网络单元包括光接收机，其中所述光接收机的结构示意图可以为图 4 或者图 5 所示的任意一种光接收机。

25

进一步地，该局端设备的光接收机接收光网络单元通过光分配网络发送的第一光信号，并在本地产生第二光信号，对所述第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后半

30

个周期的相位与所述第二光信号在前半个周期的相位相差 90 度，其中所述 1 个周期为传输所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光、混频处理以及光电探测器后，获得至少一路电信号；将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；根据所述第三电信号，恢复出数据信号并进行发送。

5 该光接收机在对信号进行处理的过程中依据图 2 所示的实施例的方法执行。

所述光接收机的结构具体包括：

第一接收器，用于接收光网路单元发送的第一光信号；

激光器，用于产生第二光信号，将所述第二光信号发送到相位调制器；

10 所述相位调制器，用于对所述第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后半个周期的相位与所述第二光信号在前半个周期的相位相差 90 度，其中所述 1 个周期为传输所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；

所述偏振分束器，用于将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光后，将所述偏振分光后的光信号输入到混频器；

所述混频器，用于将所述偏振分光后的光信号进行混频处理；

15 第一光电探测器，用于检测到所述混频处理后的光信号后，经过光电转换，输出至少一路电信号；

处理器，用于将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；

数据提取单元，用于根据所述第三电信号，恢复出数据信号；

第二接收器，用于将所述恢复出的数据信号发送出去。

20 进一步地，所述偏振分束器，具体用于将所述第一光信号进行偏振分光处理后，输出第三光信号和/或第四光信号；将所述相位调制后的第二光信号进行偏振分光处理后，输出第五光信号和第六光信号，其中，所述第五光信号的偏振态与所述第六光信号的偏振态互相垂直。

25 混频器，具体用于将与所述第五光信号的偏振态相互平行的所述第三光信号或者所述第四光信号进行混频处理，和/或，将与所述第六光信号的偏振态相互平行的所述第四光信号或者第三光信号进行混频处理，输出混频处理后的光信号给光电探测器。

30 所述至少一路电信号包括第一电信号和第二电信号，所述处理器，具体用于对第一电信号进行半个周期的延时处理，并将延时后的第一电信号与所述第二电信号进行平方和运算，输出第三电信号，其中所述第三电信号的幅值与所述第一光信号和所述第二光信号的频率差无关。

数据提取单元还包括：第二光电探测器以及数据和时钟恢复单元；

所述第二光电探测器，用于检测到所述第三电信号后，输入到数据和时钟恢复单元；

所述数据和时钟恢复单元，用于根据所述第三电信号，获取所述第一光信号的基带信号，对所述基带信号进行数据恢复处理，恢复出数据信号并发送出去。

5 本实施例提供的光接收机，可以使本地产生的第二光信号在与第一光信号存在任意频差的情况下，都可以正确的进行相干接收，大大降低了系统实现的复杂度，最大可能的降低了系统升级成本和光功率损耗，进一步地，无需使用 90 度光混频器，结构简单。

10 本实施例提供的光接收机适用于 TDMA PON 或 WDM PON 系统中，既可以位于局端设备 OLT 中，还可以位于光网络单元 ONU 中，在实际的系统中，可以避免在 ONU 和 OLT 侧采用成本很高的精度高窄线宽激光器，而采用通常的非制冷 DFB 激光器即可，这种激光器目前被广泛部署在 ONU 端。同时，还避免了本振光与信号光波长差的精确控制、反馈回路。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成，也可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。

15 以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种信号处理方法，其特征在于，所述方法包括：

接收光网络单元发送的第一光信号；

- 5 产生第二光信号，对所述第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后半个周期的相位与所述第二光信号在前半个周期的相位相差 90 度，其中所述 1 个周期为传输所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；

将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光、混频处理以及光电探测器后，获得至少一路电信号；

- 10 将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；
根据所述第三电信号，恢复出数据信号并进行发送。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光、混频以及光电转换后，获得至少一路电信号，具体包括：

- 15 将所述第一光信号进行偏振分光处理后，输出第三光信号和/或第四光信号；

将所述相位调制后的第二光信号进行偏振分光处理后，输出第五光信号和第六光信号，其中，所述第五光信号的偏振态与所述第六光信号的偏振态互相垂直；

- 20 将与所述第五光信号的偏振态相互平行的所述第三光信号或者所述第四光信号进行混频处理；和/或，将与所述第六光信号的偏振态相互平行的所述第四光信号或者第三光信号进行混频处理，以及光电转换后，输出一路或者两路电信号。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号，具体包括：

所述至少一路电信号包括第一电信号和第二电信号，

- 25 对第一电信号进行半个周期的延时处理，并将延时后的第一电信号与所述第二电信号进行平方和运算，输出第三电信号，其中所述第三电信号的幅值与所述第一光信号和所述第二光信号的频率差无关。

- 30 4、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第三电信号，恢复出数据信号并进行发送具体包括：

根据所述第三信号，获取所述第一光信号的基带信号；
对所述基带信号进行数据恢复处理，恢复出数据信号并发送出去。

5、一种光接收机，其特征在于，所述光接收机包括：

5 第一接收器，用于接收光网路单元发送的第一光信号；

激光器，用于产生第二光信号，将所述第二光信号发送到相位调制器；

所述相位调制器，用于对所述第二光信号进行相位调制，使得所述第二光信号在后半个周期的相位与所述第二光信号在前半个周期的相位相差 90 度，其中所述 1 个周期为传输所述第一光信号中的任意 1 个比特所需的时间；

10 所述偏振分束器，用于将所述第一光信号与所述第二光信号分别通过偏振分光后，将所述偏振分光后的光信号输入到混频器；

所述混频器，用于将所述偏振分光后的光信号进行混频处理；

第一光电探测器，用于检测到所述混频处理后的光信号后，经过光电转换，输出至少一路电信号；

15 处理器，用于将所述至少一路电信号经过运算处理，输出第三电信号；

数据提取单元，用于根据所述第三电信号，恢复出数据信号；

第二接收器，用于将所述恢复出的数据信号发送出去。

6、根据权利要求 5 所述的光接收机，其特征在于，所述偏振分束器，具体用于将所述第一光信号进行偏振分光处理后，输出第三光信号和/或第四光信号；将所述相位调制后的第二光信号进行偏振分光处理后，输出第五光信号和第六光信号，其中，所述第五光信号的偏振态与所述第六光信号的偏振态互相垂直。

7、根据权利要求 5 所述的光接收机，其特征在于，所述混频器，具体用于将与所述第五光信号的偏振态相互平行的所述第三光信号或者所述第四光信号进行混频处理，和/或，将与所述第六光信号的偏振态相互平行的所述第四光信号或者第三光信号进行混频处理，输出混频处理后的光信号给光电探测器。

8、根据权利要求 5 所述的光接收机，其特征在于，所述至少一路电信号包括第一电信号
30 和第二电信号，所述处理器，具体用于对第一电信号进行半个周期的延时处理，并将延时后

的第一电信号与所述第二电信号进行平方和运算，输出第三电信号，其中所述第三电信号的幅值与所述第一光信号和所述第二光信号的频率差无关。

5 9、根据权利要求 5 所述的光接收机，其特征在于，所述数据提取单元还包括：第二光电探测器以及数据和时钟恢复单元；

所述第二光电探测器，用于检测到所述第三电信号后，输入到数据和时钟恢复单元；

所述数据和时钟恢复单元，用于根据所述第三电信号，获取所述第一光信号的基带信号，对所述基带信号进行数据恢复处理，恢复出数据信号并发送出去。

10

10、一种光网络系统，所述光网络系统至少包括：局端设备和光网络单元，其特征在于，所述局端设备包括如权利要求 5 至 9 任一项所述的光接收机，和/或，所述光网络单元包括如权利要求 5 至 9 任一项所述的光接收机。

15

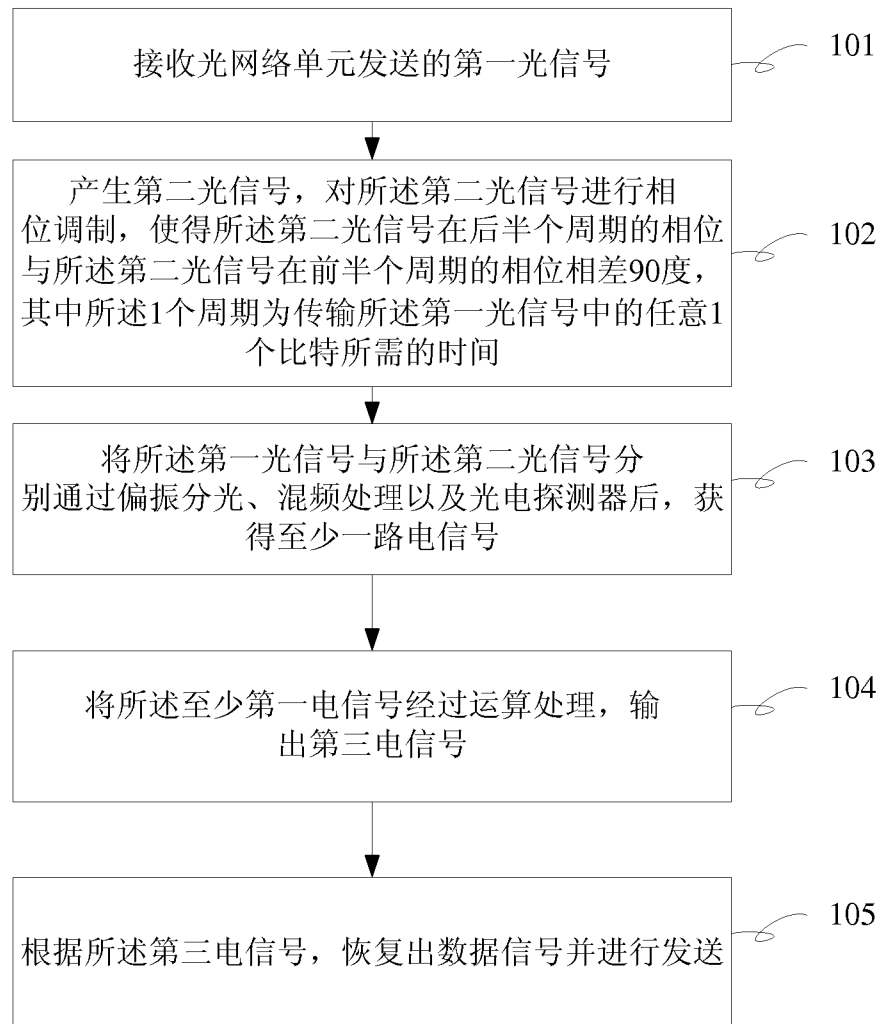


图 1

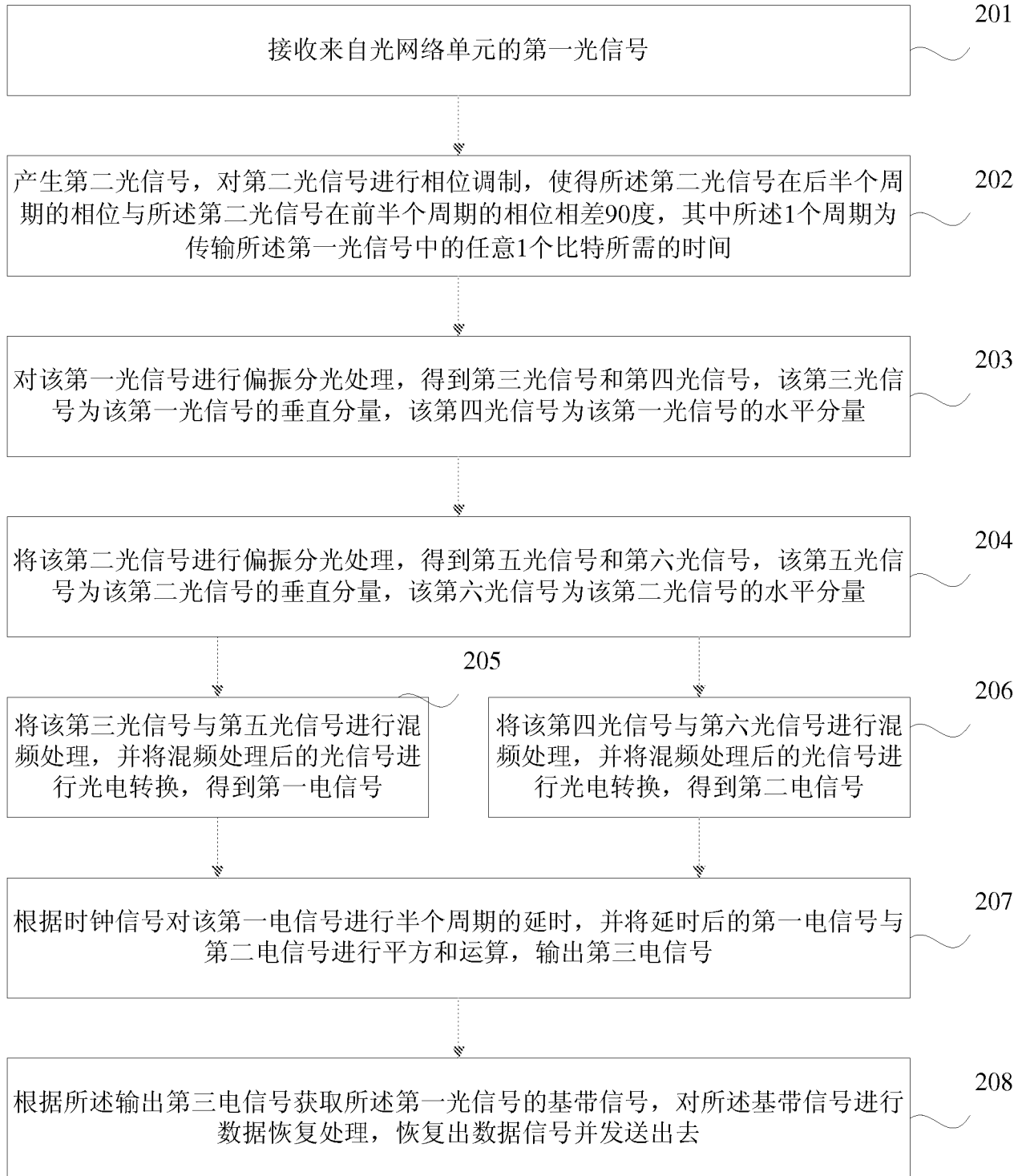


图 2

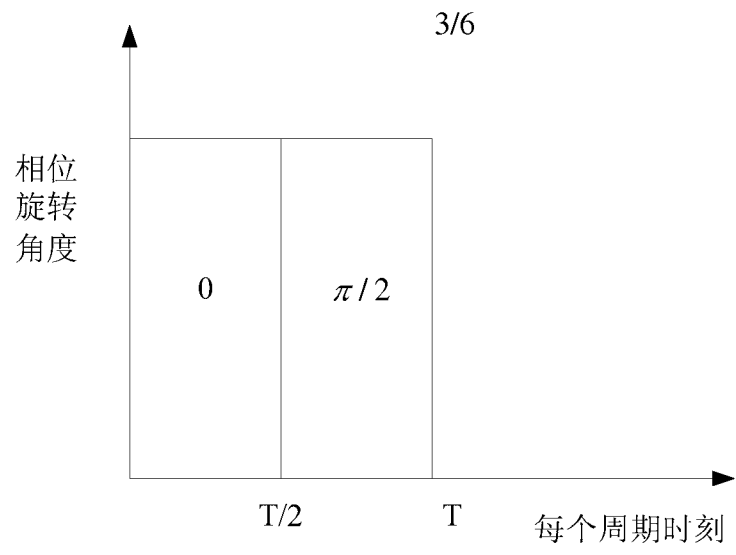


图 3

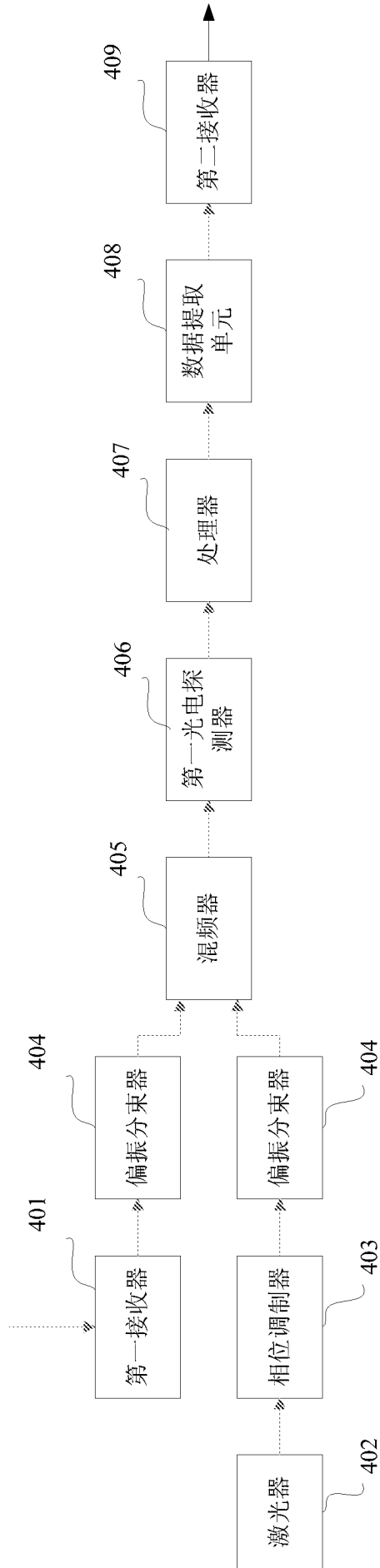


图 4

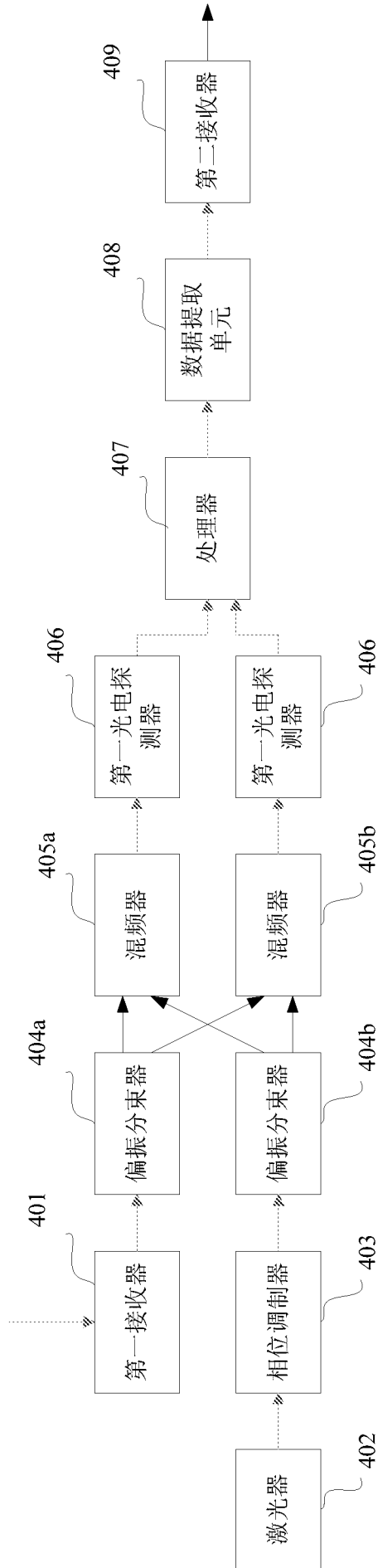


图 5

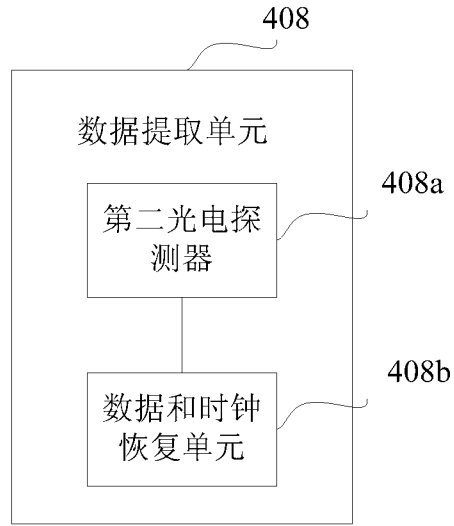


图 6

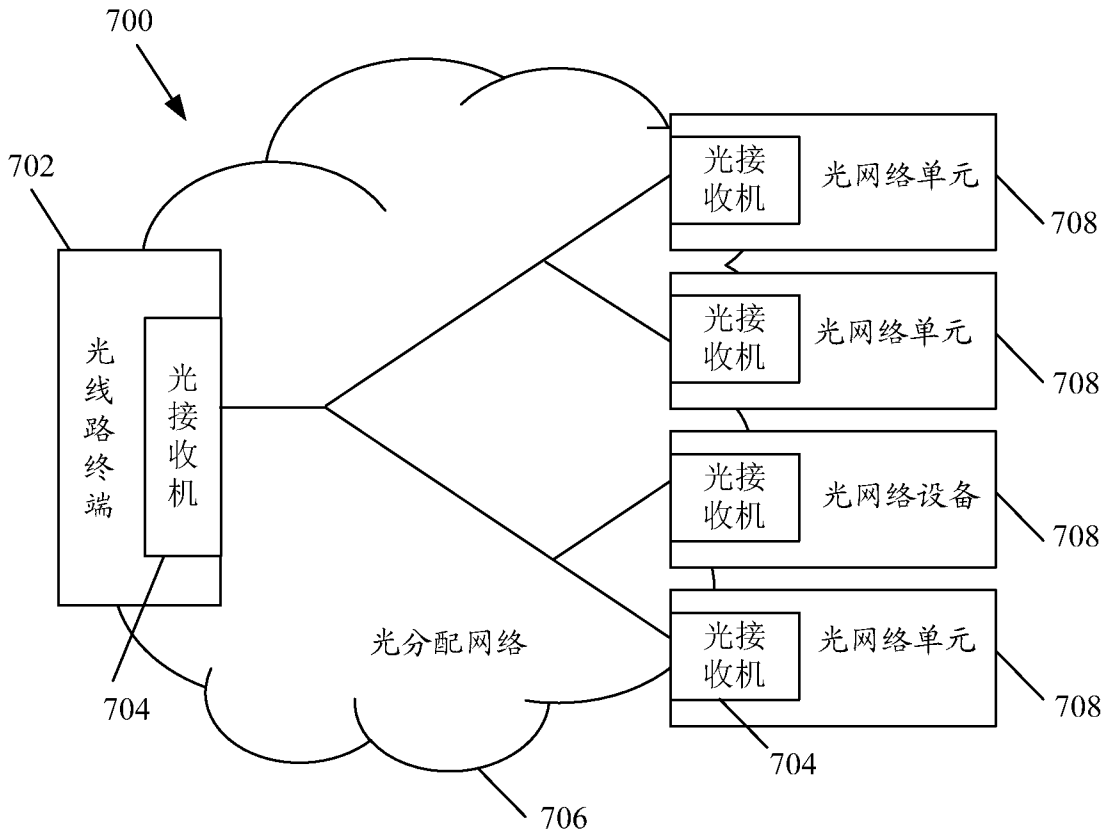


图 7