



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106331908 B

(45)授权公告日 2019.12.31

(21)申请号 201510380970.3

(22)申请日 2015.06.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106331908 A

(43)申请公布日 2017.01.11

(73)专利权人 上海诺基亚贝尔股份有限公司

地址 201206 上海市浦东新区金桥出口加工区宁桥路388号

(72)发明人 叶晨晖 张凯宾

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华

(51)Int.Cl.

H04L 27/26(2006.01)

H04Q 11/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2009097852 A1,2009.04.16,全文.

WO 2008112685 A1,2008.09.18,全文.

审查员 张倩

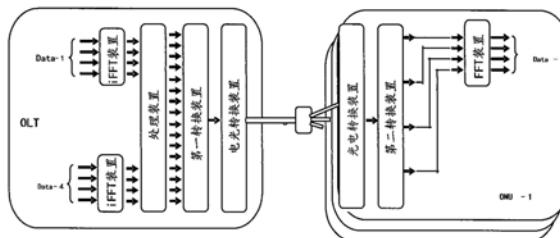
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种无源光网络系统及其装置

(57)摘要

本发明提供了一种无源光网络系统,OLT中对分别发送给若干光网络单元的数据进行反向傅里叶变换形成对应的若干路正交频分复用数据子帧,再对所述若干路正交频分复用数据子帧进行符号交织处理,形成新的正交频分复用数据帧;之后对所述新的正交频分复用数据帧进行并串行数据装换、以及数字模拟转换形成无源光网络下行模拟电信号;最后进行光调制生成无源光网络下行光信号,而ONU对无源光网络下行电信号中的正交频分复用数据帧进行去符号交织处理,选择接收本光网络单元的正交频分复用数据子帧并进行傅里叶变换计算,恢复下行无源光网络数据中对应光网络单元的下行数据。如此,降低了ONU端DSP计算量和硬件器件的要求。



1. 一种无源光网络系统中的光纤线路终端,其特征在于,包括:

若干反向傅里叶变换装置,对分别发送给若干光网络单元的数据进行反向傅里叶变换,形成对应的若干路正交频分复用数据子帧,其中所述若干路正交频分复用数据子帧中的每个正交频分复用数据子帧包括用于无源光网络整体数据的控制信令,并且其中所述若干反向傅里叶变换装置的数量与所述若干光网络单元的数量相等;

处理装置,对所述若干路正交频分复用数据子帧进行符号交织处理,形成新的正交频分复用数据帧;

第一转换装置,对所述新的正交频分复用数据帧进行并串行数据装换、以及数字模拟转换形成无源光网络下行模拟电信号;以及

光电转换装置,对所述无源光网络下行模拟电信号进行光调制生成无源光网络下行光信号,并通过光分配网络发送给光网络单元。

2. 如权利要求1所述的光纤线路终端,其特征在于,所述反向傅里叶变换装置中,每路正交频分复用数据子帧的反向傅里叶变换尺寸可由软件定义的。

3. 如权利要求1所述的光纤线路终端,其特征在于,所述符号交织装置对所述正交频分复用数据子帧先进行缓存,再按照一定的比例进行符号交织。

4. 如权利要求1所述的光纤线路终端,其特征在于,所述第一转换装置以对应于一个基准采样率的N倍速率对所述新的正交频分复用数据帧进行数字模拟转换。

5. 如权利要求1所述的光纤线路终端,其特征在于,所述若干路正交频分复用数据子帧中的每个正交频分复用数据子帧进一步包括用于所述正交频分复用数据子帧的数据的同步、控制信令。

6. 如权利要求1所述的光纤线路终端,其特征在于,所述用于无源光网络整体数据的控制信令包括动态带宽分配、公共运维管理信令。

7. 一种无源光网络系统中的光网络单元,其特征在于,包括:

光电转换装置,接收来自光分配网络的无源光网络下行光信号,转换为无源光网络下行电信号;

第二转换装置,对所述无源光网络下行电信号中的正交频分复用数据帧进行去符号交织处理,选择接收本光网络单元的正交频分复用数据子帧,其中所述第二转换装置根据所恢复的下行数据中的控制信令对下行电信号中的正交频分复用数据帧进行去符号交织处理,其中控制信令包括用于无源光网络整体数据的控制信令;以及

傅里叶变换装置,对发送给本光网络单元的正交频分复用数据子帧进行傅里叶变换计算,恢复下行无源光网络数据中对应该光网络单元的下行数据;

其中所述无源光网络系统包括光纤线路终端以及若干所述光网络单元,所述光纤线路终端包括若干反向傅里叶变换装置,所述若干反向傅里叶变换装置的数量与所述若干光网络单元的数量相等。

8. 如权利要求7所述的网络单元,其特征在于,所述第二转换装置以一个基准采样率对无源光网络下行电信号进行数字模拟转换。

9. 如权利要求7所述的网络单元,其特征在于,所述第二转换装置包括:

本地时钟装置,产生特定时钟频率的时钟信号;

模数转换装置,以所述时钟信号对无源光网络下行电信号中的本光网络单元对应的正

交频分复用数据子帧进行模拟数字转换；

去交织处理装置,对模数转换装置输出的数据进行去交织处理,获得本地网络单元对应的正交频分复用数据子载波,并输出给所述傅里叶变换装置；

运维管理控制装置,根据恢复的下行数据中的控制信令控制同步控制装置以及去交织处理装置；

同步控制装置,控制并校准所述本地时钟信号的时钟频率和触发延时。

## 一种无源光网络系统及其装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域的,尤其涉及一种接入网络系统中的无源光网络及其装置。

### 背景技术

[0002] 目前接入网主要以树形结构的PON(无源光网络)技术为主,随着用户对高清IPTV、视频监控等高带宽业务需求的不断增长,运营商对PON系统在带宽需求、业务支撑能力、接入节点设备和配套设备性能等方面,都提出了更高的期望。基于TDM-PON(时分复用的无源光网络)应用较广泛,10G之后的下一代PON技术的演进方向,也成为ITU-T(国际电信联盟远程通信标准化组织)和FSAN(全业务接入网论坛)等国际标准组织的讨论热点。

[0003] 随着PON技术的演进:从GPON/EPON到XGPON/10GEPON直至40G-TWDM-PON,带宽不再是限制用户体验的唯一的瓶颈。运营商和设备商的兴趣都在逐渐的投向OFDM-PON(基于正交频分复用方式无源光网络)。OFDM-PON在2012年时依然是NG-PON2的备选方案之一,但由于NG-PON2标准预计敲定时间的限制,随着由其血缘关系最近的TWDM-PON(基于时分和波分复用方式无源光网络)入选标准而落选NG-PON2标准之外。

[0004] OFDM(正交频分复用)是一种多载波传输技术,将高速串行的比特信息动态分配到各个频谱相互重叠的子载波上,有效提升系统的频谱效率。子载波可采用PSK(相移键控调制)、QAM(正交振幅调制)等高阶调制提高系统容量。由于OFDM符号的长度增加,加上循环前缀技术的使用,有力地克服了传输链路中由于多径和色散带来的码间干扰(ISI)。同时,OFDM调制融合了软件无线电的思想,主要功能依靠DSP(数字信号处理)芯片实现IDFT(离散傅里叶逆变换)和DFT(离散傅里叶变换)等数字信号处理,再通过数/模以及模/数转换实现数字域和模拟域之间的转换,将通信系统除了射频前端和天线等的大部分功能利用软件来实现,极大地发挥了软件的灵活简便、准确计算、可重配置以及高效的信号数字处理算法的优势。DSP使能的OFDM-PON作为未来的光接入技术一直保持了高速的发展态势,是未来诸多光接入方案中具有“通用接入”能力、可软件定义化、具备可重构性的有效方案。同时,在数据中心和无线前端回传中的“并行应用”也是推进OFDM-PON技术演进和开发的重要力量。

[0005] 考虑到OFDM-PON本身所具备的抗色散能力和频谱有效性的顾身优势,以及在光接入网络中可以实现灵活的载波资源调度,本应在光接入中获得极高的认可和发展。但是,相对传统的低成本光接入网,OFDM-PON在复杂度和成本方面的劣势是其主要的受限原因。

[0006] 纵使有诸多的技术优势,OFDM-PON的一个局限就是DSP开销较大,计算复杂度较高,因而导致耗能较高。结合图1、2所示意,它提供的是点对点和对多点的OFDM传输比较。从图1中可见,OFDM传输在发射端Tx和接收端Rx具有对称性结构。该传输方式应用在图2点对多点的结构中,每一个ONU也需要工作和在发射端OLT一样的时钟频率下,而理论上而言,我们希望ONU能工作在尽量低耗能和低计算复杂度的状况下。同时,该OFDM-PON架构下,由于数据和资源具有非常低的调度精细度,每一个ONU(光网络单元)需工作和OLT(光纤线路终端)一致全速率状态,以抓取下行PON信号中的全部链路信息,完成全频段的FFT(傅里

叶变换)之后识别和抽取该ONU所对应的数据块,丢弃非相关数据,如此一来,ONU侧全带宽的A/D模数转换、S/P串并行转换、和FFT傅里叶变换计算所带来的开销已经产生。

[0007] 鉴于此,在PON的网络结构中,ONU的复杂度和有效性都是需要被重新优化,有必要针对在OFDM-PON中ONU必须运行在和OLT一致的时钟频率并必须全频段进行数据采集和傅里叶变换计算这一问题,提出解决计算复杂度高和有效性低的问题。目前有不少方案采用了OFDM-FDMA-PON的方案。在这些方案中,每一个用户的数据以OFDM格式承载在某一个中频载波上,在OLT端形成多个频域上并行的OFDM的中频复用的形式。这样的方案可以很好的解决前述的问题,每个用户可以只要通过解复用的方式获取目标中频,而后用较小的带宽和较低的数据获取OFDM数据,不会造成计算复杂度的浪费不必要的开销。

[0008] 然而,基于OFDM-FDMA-PON方案带来了一个隐含的问题是过高的信号峰均比(PAPR)。因为频域上的复用,对应时域上的信号叠加,故而PAPR会随着OLT端需要复用进来的用户数的增加而不断增加,导致传输系统的线性度的丧失。而随着非线性效应的引入,OFDM信号的质量会受到严重的交调并出现传输差错,因而这样的方案只能较好的适合轻用户的场景(例如小于16个用户)。

## 发明内容

[0009] 针对OFDM-PON中ONU的有效性缺陷,本发明旨在提供一种降低用户侧ONU的ADC的采样量化的速率,减少傅里叶变换计算的尺寸和DSP计算量,以减少功耗,最终提升OFDM-PON技术的可实用性的技术解决方案。

[0010] 根据本发明的一个方面,这里提供一种无源光网络系统中的光纤线路终端,其包括:若干反向傅里叶变换装置,对分别发送给若干光网络单元的数据进行反向傅里叶变换,形成对应的若干路正交频分复用数据子帧;处理装置,对所述若干路正交频分复用数据子帧进行符号交织处理,形成新的正交频分复用数据帧;第一转换装置,对所述新的正交频分复用数据帧进行并串行数据装换、以及数字模拟转换形成无源光网络下行模拟电信号;电光转换装置,对所述无源光网络下行模拟电信号进行光调制生成无源光网络下行光信号,并通过光分配网络发送给光网络单元。

[0011] 优选地,前述反向傅里叶变换装置中每路正交频分复用数据子帧的反向傅里叶变换尺寸可由软件定义的。

[0012] 优选地,前述符号交织装置对所述正交频分复用数据子帧先进行缓存,再按照一定的比例进行符号交织。

[0013] 优选地,前述第一转换装置以对应于一个基准采样率的N倍速率对所述新的正交频分复用数据帧进行数字模拟转换。

[0014] 优选地,前述反向傅里叶变换装置包含正交频分复用数据子帧数据的同步、控制信令,进一步包含无源光网络的控制信令,所述无源光网络的控制信令包括动态带宽分配、公共运维管理信令

[0015] 根据本发明的另外一个方面,这里提供一种无源光网络系统中的光网络单元,其包括:光电转换装置,接收来自光分配网络的无源光网络下行光信号,转换为无源光网络下行电信号;第二转换装置,对所述无源光网络下行电信号中的正交频分复用数据帧进行去符号交织处理,选择接收本光网络单元的正交频分复用数据子帧;傅里叶变换装置,对发送

给本光网络单元的正交频分复用数据子帧进行傅里叶变换计算,恢复下行无源光网络数据中对应该光网络单元的下行数据。

[0016] 优选地,前述第二转换装置以一个基准采样率对无源光网络下行电信号进行数字模拟转换。

[0017] 优选地,前述第二转换装置根据所恢复的下行数据中的控制信令对下行电信号中的正交频分复用数据帧进行去符号交织处理。

[0018] 优选地,前述第二转换装置包括:本地时钟装置,产生特定时钟频率的时钟信号;模数转换装置,以所述时钟信号对无源光网络下行电信号中的本光网络单元对应的正交频分复用数据子帧进行模拟数字转换;去交织处理装置,对模数转换装置输出的数据进行去交织处理,获得本地网络单元对应的正交频分复用数据子载波,并输出给所述傅里叶变换装置;运维管理控制装置,根据恢复的下行数据中的控制信令控制同步控制装置以及去交织处理装置;同步控制装置,控制并校准所述本地时钟信号的时钟频率和触发延时

[0019] 根据本发明实施例所提供的方法及其装置,很大程度上降低了ONU端DSP计算量和硬件器件的要求,相较于传统OFDM-PON技术而言,本发明中ONU可以以较低的ADC采样率、FFT计算量来恢复数据。依赖本发明中所述技术,可以很大程度上降低OFDM-PON的建设和运维成本,是未来全接入PON网络的一项有力技术。

## 附图说明

[0020] 通过下面提出的结合附图的详细描述,本发明的特征、性质和优点将变得更加明显,附图中相同的元件具有相同的标识,其中:

[0021] 图1是点对点OFDM传输结构示意图例;

[0022] 图2是点对多点OFDM传输结构示意图例;

[0023] 图3是本发明所提供的一种PON网络系统中OFDM传输结构示意图;

[0024] 图4是本发明所提供的OLT中符号交织处理示意图;

[0025] 图5是本发明所提供的ONU中去符号交织处理结构示意图;

[0026] 图6是本发明所提供的在符号交织处理前后的OFDM数据帧示意图;

[0027] 图7是本发明所提供的另外一种PON网络系统中OFDM传输结构示意图。

## 具体实施方式

[0028] 在以下优选的实施例的具体描述中,将参考构成本发明一部分的所附的附图。所附的附图通过示例的方式示出了能够实现本发明的特定的实施例。示例的 实施例并不旨在穷尽根据本发明的所有实施例。需要说明的是,尽管本文中以特定顺序描述了本发明中有关方法的步骤,但是这并非要求或者暗示必须按照该特定顺序来执行这些操作,或是必须执行全部所示的操作才能实现期望的结果,相反,本文中所描述的步骤可以改变执行顺序。附加地或备选地,可以省略某些步骤,将多个步骤合并为一个步骤执行,和/或将一个步骤分解为多个步骤执行。

[0029] 图3是本发明所提供的一种PON网络系统中OFDM传输结构示意图,它包括为于局端的OLT和位于用户侧的ONU,其主要在OLT和ONU两个方面的设计来降低OFDM-PON的系统复杂度。

[0030] 图例中局端的OLT提供了四路ONU数据的处理,它包括:4个iFFT(反向傅里叶变换)装置,处理装置,第一转换装置,电光转换装置,其中:

[0031] 4个iFFT装置对分别发送给光网络单元ONU1.....ONU4的数据Data-1.....Data-4进行反向傅里叶变换,反向傅里叶变换可把一串数据信号切成n份分别对应到n个正交的不同信道,最后形成对应的若干路OFDM数据子帧;这里,每一个OFDM子帧的iFFT尺寸是由软件定义的,例如64点或其他。

[0032] 根据本发明所提供的优选实施例,每个Data-1.....Data-4数据流不仅要包含本帧数据的时钟同步、控制信令,还要包含整体数据的控制信令,整体数据的控制信令包括DBA动态带宽分配、公共运维管理信令。如此,可以保证每个ONU在单独解本路数据时依然可以正确的解读全局控制信令和受管控。

[0033] 处理装置,对所述4路OFDM数据子帧进行符号交织处理,形成新的OFDM数据帧,它可以先将多个OFDM子帧缓存起来,然后按照一定的比例进行符号交织,图例中我们以1:4为例进行说明和验证。图4是本发明所提供的OLT中符号交织处理示意图,图例以三路信号交织处理为例进行说明,在iFFT(反向傅里叶变换)装置完成反向傅里叶变换计算后的3个数据流.....,其第1个数据流的第1至第3个符号如图中所示依次表示为1-1,1-2,1-3;第2个数据流的第1至第3个符号如图中所示依次表示为2-1,2-2,2-3;第3个数据流的第1至第3个符号如图中所示依次表示为3-1,3-2,3-3,进行符号交织之后的数据输出为1-1,2-1,3-1,1-2,2-2,3-2,1-3,2-3,3-3。

[0034] 第一转换装置,对所述新的OFDM数据帧进行P/S(并串行)数据装换、以及D/A(数字模拟)转换形成PON下行模拟电信号;

[0035] 电光转换装置,对所述PON下行模拟电信号进行光调制生成PON下行光信号,并通过光分配网络发送给光网络单元。

[0036] 于用户侧的ONU,图例中我们以其中一路ONU数据处理为例进行说明,ONU包括:光电转换装置,第二转换装置,FFT(傅里叶变换)装置,其中:

[0037] 光电转换装置,接收来自光分配网络的PON下行光信号,转换为PON下行电信号,恢复成电域模拟信号。

[0038] 第二转换装置,对所述PON下行电信号中的OFDM数据帧进行去符号交织处理,选择接收本光网络单元的OFDM数据子帧;

[0039] FFT装置,对发送给本光网络单元的OFDM数据子帧进行傅里叶变换计算,恢复下行PON数据中对应该ONU的下行数据。值得注意的是,此处iFFT的尺寸和OLT端生成该路OFDM的FFT尺寸是一致的。

[0040] 根据本发明所提供的一种优选实施方式,第二转换装置以一个基准采样率对无源光网络下行电信号进行数字模拟转换。

[0041] 进一步地,由于OLT侧发往每个ONU的数据流不仅要包含本帧数据的时钟同步、控制信令,还包含整体数据的控制信令,整体数据的控制信令包括DBA动态带宽分配、公共运维管理信令,第二转换装置可根据FFT装置所恢复的下行数据中的控制信令对下行电信号中的正交频分复用数据帧进行去符号交织处理。

[0042] 图5进一步提供了ONU中第二转换装置去符号交织处理结构示意图,其包括:模数转换装置、去交织处理装置、OAM装置、同步控制装置、以及本地时钟,其中:

[0043] 本地时钟装置,产生特定时钟频率的时钟信号,例如,它对应于OLT中时钟频率的1/4.

[0044] 模数转换装置,受本地时钟控制,对来自ONU光电转换装置的PON下行电模拟信号进行采样和量化,显然,由于ONU的时钟频率仅仅为OLT的1/4,这样的稀疏采样意味着:若链路波特率为2.5G,在64QAM调制格式下,链路比特率为15Gb/s,ONU的采样率可设置为625MSa/s。

[0045] 去交织处理装置,在初始化阶段,由于全局控制信令被分配在某一特定(例如第一)子载波上,去交织处理装置对A/D转换装置输出的该子载波数据导入FFT装置进行默认FFT计算,恢复出其中包含的全局控制信令并返回给OAM装置。在初始化完成后,去交织处理装置会根据OAM返回的控制信令配置去交织参数,以进行后续的FFT计算。

[0046] OAM装置,运维管理控制装置根据FFT装置计算后返回的结果解析全局控制信令,以及本帧数据的时钟同步、控制信令来控制同步控制装置以及去交织处理装置中的FFT子载波分配和时隙等参数。

[0047] 同步控制装置,前述OAM装置输出的全局控制信令以及本帧数据的时钟同步、控制信令调整本地时钟的时钟频率和触发延时以正确的对准本子帧的时序。从而使得A/D转换装置选择接收本光网络单元的OFDM数据子帧。

[0048] 模数转换装置后的数据导入FFT装置进行前述傅里叶变换处理后续的数据计算,恢复下行PON数据中对应该ONU的下行数据,这与传统的OFDM-PON解调无异。

[0049] 从上述的1:4点到多点结构中可见,ONU中ADC模块只需工作在线路速率的1/4,即可恢复本路数据,同时在FFT的计算量也只有FFT总点数的1/4,理论上存在75%的节能。是以,相较于传统OFDM-PON技术而言,本发明中ONU可以以较低的ADC采样率、FFT计算量来恢复数据,可以很大程度上降低OFDM-PON的建设和运维成本,是未来全接入PON网络的一项有力技术。

[0050] 值得注意的是,本系统中含有4个OFDM子帧的交织,可以使得单个ONU可以1:4的采样速率和FFT尺寸解调本路数据和信息。事实上,在上述的每一个OFDM子帧时可以继续实行时频两维的资源快的调度和复用。即多个ONU可以都解同一个OFDM子帧,而在进一步的颗粒度上实现ONU之间的时频资源块的调度和复用。

[0051] 图6是本发明所提供的在符号交织处理前后的OFDM数据帧示意图,一个1:4欠采样的实验验证也在本中给出了部分佐证,在20km的传输实验中,数据可以在远端得到满意的恢复。设定的实验参数为:OLT DAC采样率1G Sa/s,ONU ADC采样率250M Sa/s,传输链路20km光纤,64QAM,接收端数据满足 $<8\%$ EVM

[0052] 其提供了6个数据波形,依次表示为:

[0053] A图分别是4路数据,各路数据的前端6个符号是一致的,后续跟着的数据表示净荷;

[0054] B图表示4路数据交织处理之后的波形;

[0055] C图表示4路数据经过光分配网络纤传输之后的波形;

[0056] D图表示ONU1按照延时在给定时序内采样量化得到的数据;

[0057] E图表示4路数据分别采样恢复的数据波形;

[0058] F图表示传输前和传输后数据波形的重叠比较;

[0059] 传统的基于副载波复用技术的OFDM-PON方案其缺陷在于牺牲了光调制部分的线性度和信噪比的损失。相比之下,本发明不仅明显降低了ONU端ADC的采样量化速率和体量,更加重要的是,保持了数据的传输性能不受损失。

[0060] 图7是本发明所提供的另外一种PON网络系统中OFDM传输结构示意图,根据该实施例,本发明中所提的符号交织的OFDM-PON可以与现存的TDM-PON共存。图例中,传统TDM-PON数据和OFDM-PON数据一起交织,共享光传输网络。以4倍速率OFDM-PON为例,ONU可以是传统OOK接收机,也可是OFDM接收机。因此不同属性的ONU可以在该光接入网中共存。符号交织的OFDM-PON将作为下一代PON的备选方案,在网络灵活性、组网有效性、对异质服务强支持、包括有线无线服务回传提供强有力的技术支持和推进。

[0061] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到本发明可借助软件加必需的硬件平台的方式来实现,当然也可以全部通过硬件来实施,但很多情况下前者是更佳实施方式。基于这样的理解,本发明的技术方案对背景技术做出贡献的全部或者部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在存储介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本发明各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

[0062] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其进行限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而这些修改或者等同替换亦不能使修改后的技术方案脱离本发明技术方案的精神和范围。

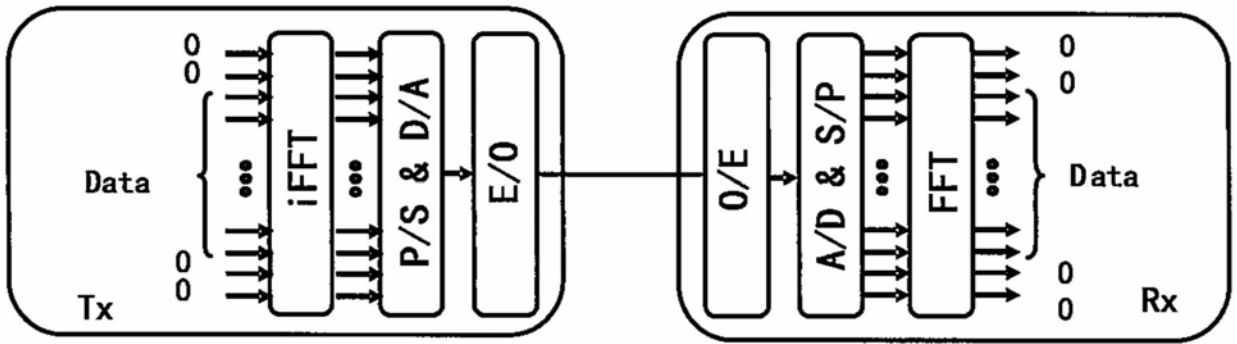


图1

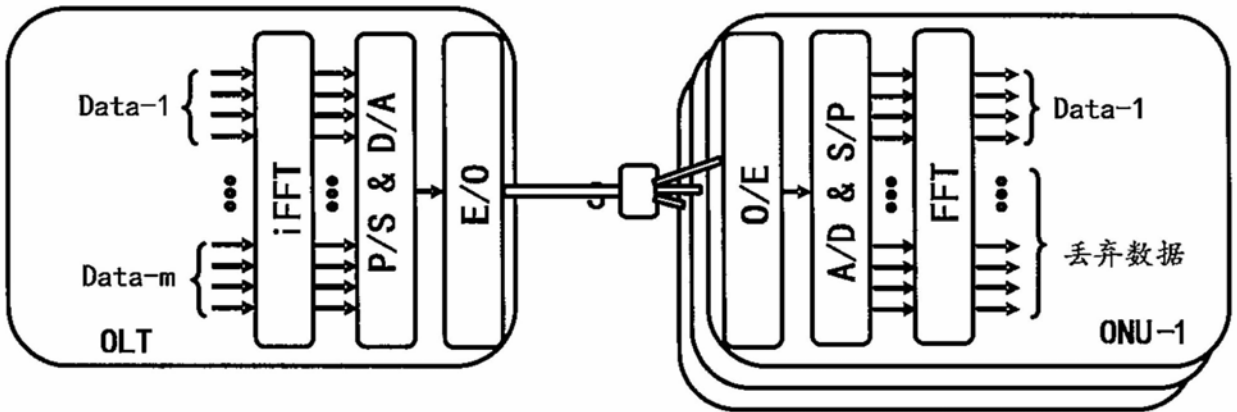


图2

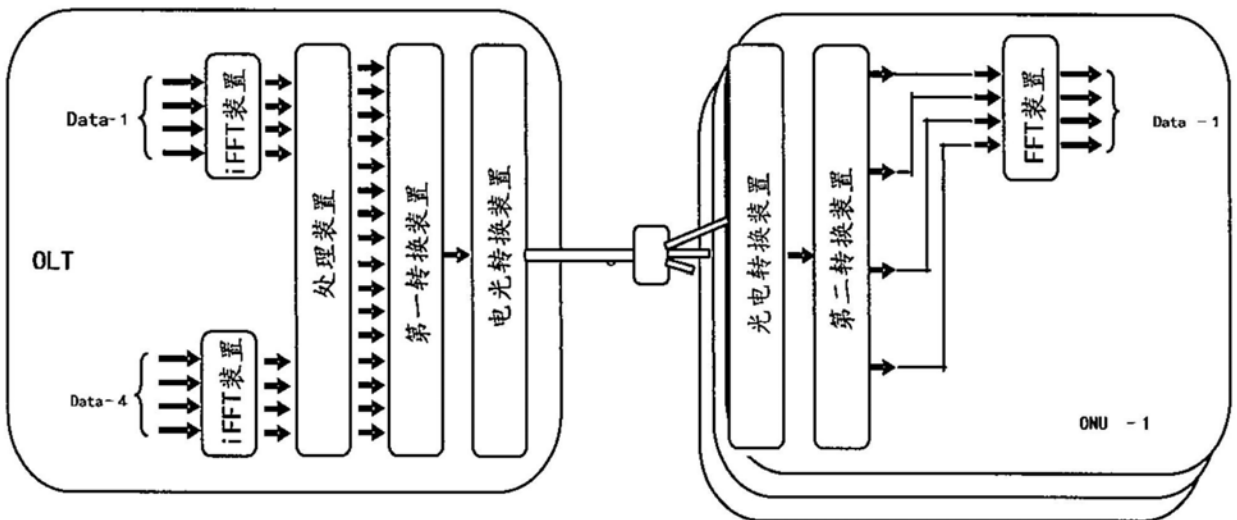


图3

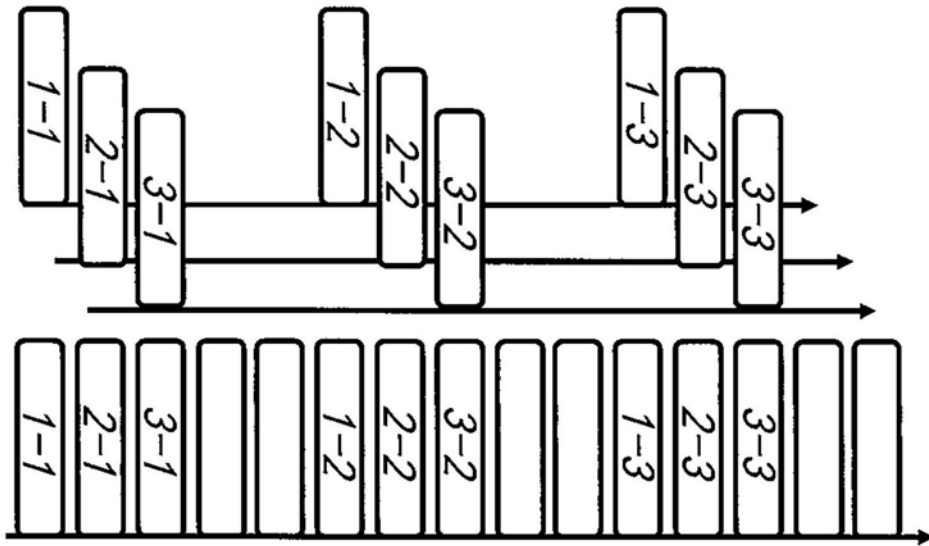


图4

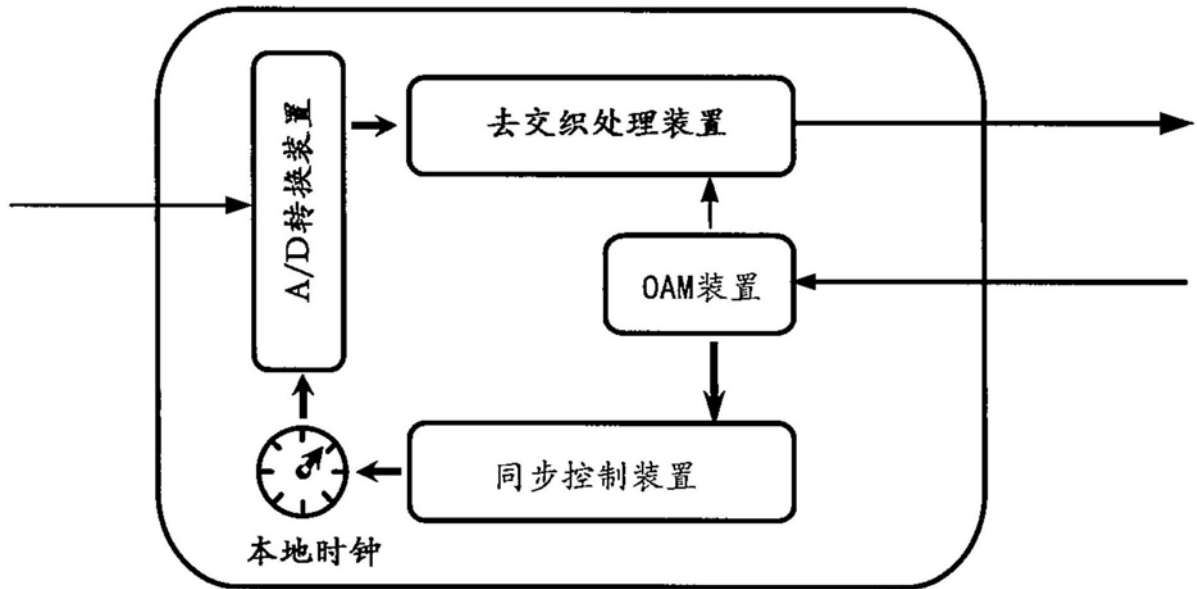


图5

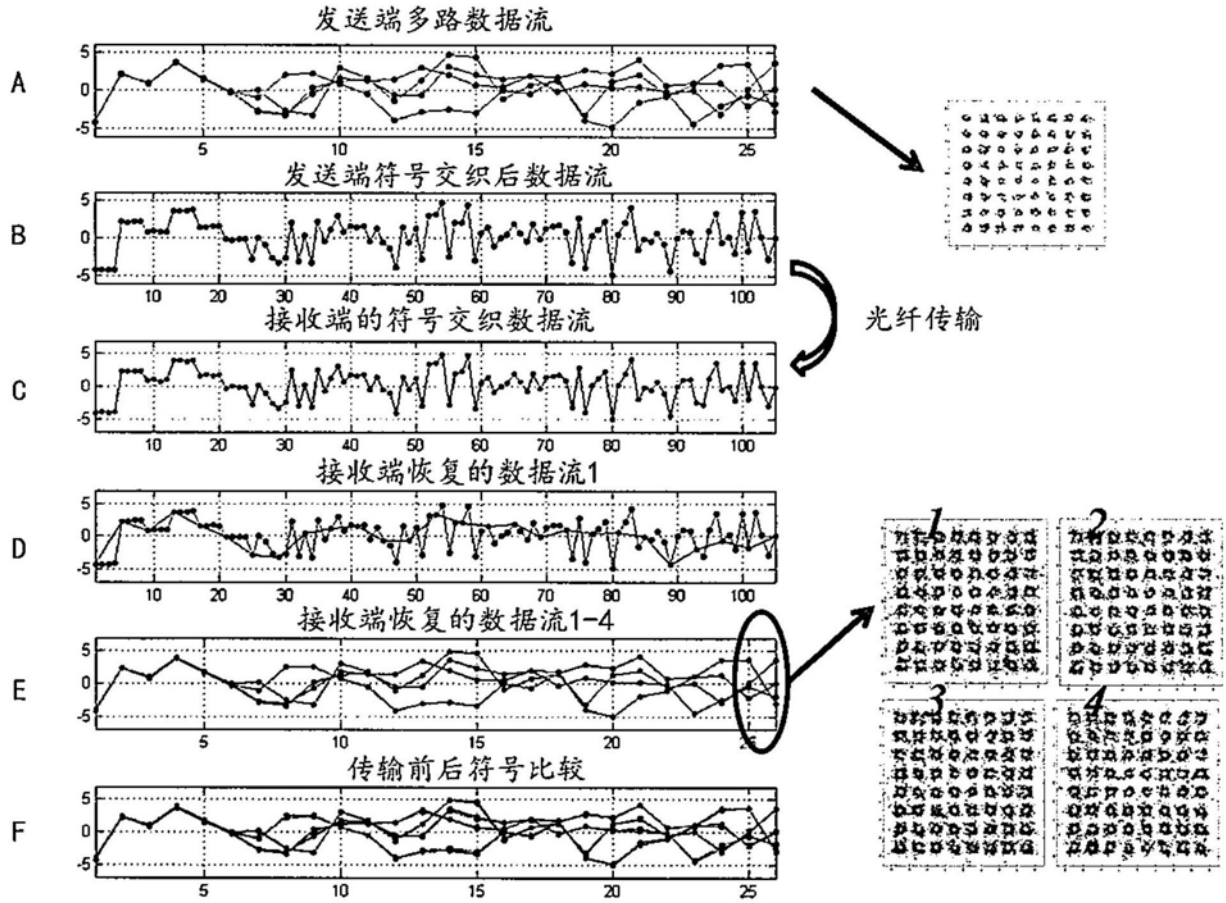


图6

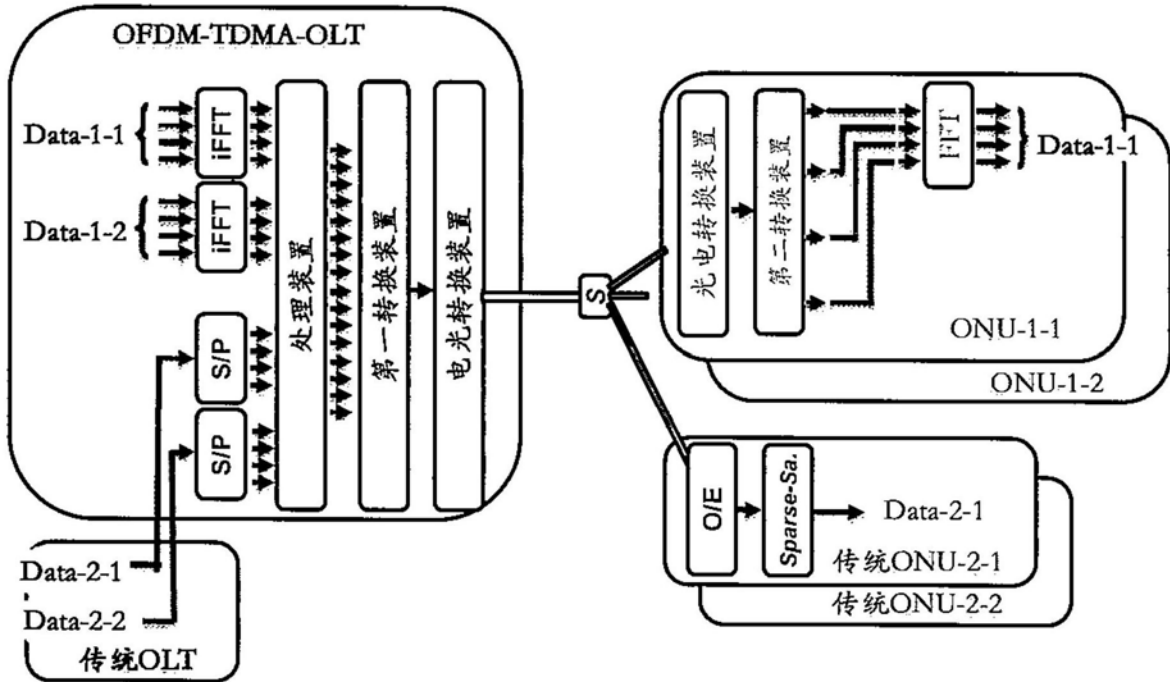


图7