



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104796376 B

(45)授权公告日 2019.04.23

(21)申请号 201510206187.5

H04Q 11/00(2006.01)

(22)申请日 2015.04.27

审查员 黄淑美

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104796376 A

(43)申请公布日 2015.07.22

(73)专利权人 杭州电子科技大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街

(72)发明人 毕美华 赵知劲 唐向宏 李齐良

胡淼 周雪芳 杨国伟

(74)专利代理机构 杭州君度专利代理事务所

(特殊普通合伙) 33240

代理人 朱月芬

(51)Int.Cl.

H04L 27/26(2006.01)

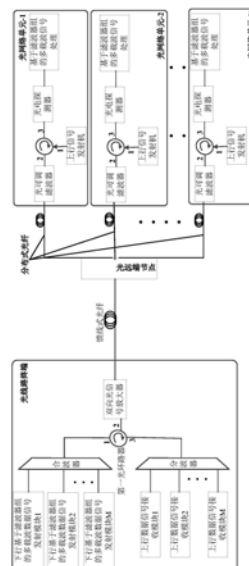
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统

(57)摘要

本发明提供了一种基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统。本发明包括光线路终端、馈线式光纤和若干无源光网络系统，无源光网络系统包括远端节点、若干分布式光纤和若干光网络单元，光线路终端通过馈线式光纤连接至远端节点，远端节点通过分布式光纤连接各光网络单元。本发明利用滤波器组的多载波调制技术提高下行高速传输数据的抗色散能力和降低普通OFDM信号添加前缀带来的谱资源的开支，利用子载波复用方式提升实现资源弹性粒度的分配，且该系统具有易于在现有网络的基础上升级改造，系统成本低廉的优点。



1. 基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统,包括:光线路终端、馈线式光纤、远端节点、若干分布式光纤和若干光网络单元,所述光线路终端通过所述馈线式光纤连接至所述远端节点,所述远端节点通过分布式光纤连接至各光网络单元,其特征在于:

所述光线路终端包括若干下行基于滤波器组的多载波调制数据发射模块、上行数据接收模块、合波器、分波器、第一光环形器和双向光信号放大器;其中,所述下行基于滤波器组的多载波调制数据发射模块连接至所述合波器,所述合波器的输出连接第一光环形器的第1端口,第一光环形器的第2端口连接双向光信号放大器以实现下行数据的发射;所述上行数据接收模块与所述分波器连接,所述分波器连接至所述第一光环形器的第3端口,第一光环形器的第2端口连接双向光信号放大器实现上行数据的接收;

所述光网络单元包括光可调滤波器、光环形器、光电探测器、下行基于滤波器组的多载波调制数据信号处理模块、上行数据信号发射机,所述光可调滤波器的一端连接光环形器的第2端口,光环形器的第3端口输出后连接光电探测器,光电探测器的输入连接至所述下行基于滤波器组的多载波调制数据信号处理模块,以完成下行基于滤波器组的多载波调制信号的解调;

所述下行基于滤波器组的多载波调制数据发射模块为直接调制发射模块;该直接调制发射模块包括直接调制激光器、基于滤波器组的多载波调制信号产生模块和偏置电压,直接调制激光器分别与偏置电压和基于滤波器组的多载波调制信号产生模块连接,实现将下行信号调制在光载波上,其中通过偏置电压使直接调制激光器工作在其传输曲线的线性区,进而实现下行基于滤波器组的多载波调制数据的发射。

2. 根据权利要求1所述的基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统,其特征在于所述的基于滤波器组的多载波调制信号为基于滤波器组的正交频分复用调制信号或非正交的基于滤波器组的频分复用信号,具体地包括OQAM-OFDM信号、UFMC信号、F-OFDM信号或者GFDM信号。

3. 根据权利要求2所述的基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统,其特征在于所述的直接调制激光器包括DFB激光器、VCSEL激光器或者分布布拉格反射激光器。

4. 根据权利要求3所述的基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统,其特征在于所述的远端节点为波分复用器;实现将下行基于滤波器组的多载波调制数据信号通过分布式光纤分发给与之相连的各个光网络单元;同时,不同光网络单元的不同波长的上行数据通过分布式光纤由波分复用器耦合,耦合后的上行数据通过馈线式光纤上传到光线路终端进行处理。

5. 根据权利要求4所述的基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统,其特征在于所述的波分复用器用于实现信号的合波和分发,具体的,波分复用器为阵列波导光栅或者周期性阵列波导光栅。

6. 根据权利要求5所述的基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统,其特征在于所述下行基于滤波器组的多载波调制数据发射模块的数量为M个,M取4、8或10。

7. 根据权利要求6所述的基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统,其特征在于光线路终端中的双向光信号放大器为双向的掺铒光纤放大器或者拉曼放大器或者半导体光放大器。

基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统

技术领域

[0001] 本发明属于光通信技术领域,具体地,涉及一种基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统。

背景技术

[0002] 近年来,随着新型带宽服务的兴起,比如网络视频,在线游戏,IPTV等,终端用户对接入网带宽的要求越来越高,从而驱动了下一代高速PON系统的发展。为了解决该问题,国内外大量的研究人员,在关于如何实现高速率、低成本效益、带宽弹性分配和可持续发展的下一代PON系统方面展开了大量的研究。而基于OFDM的PON系统,因为可以充分利用OFDM信号优点,如色散容忍度大、谱效率高、能在时域和频域上支持多粒度资源分配方式以及可以充分利DSP技术等,被认为是实现高速率、低成本的无源光网络系统的最具有潜力的候选技术之一。

[0003] OFDM-PON系统,是一种新兴的技术,它最早是在2007年的欧洲光通信会议ECOC上,由美国普林斯顿NEC实验室的Dayou Qian等人提出。OFDM-PON具有以下优点:1)系统频谱利用率高,易实现40 Gbit/s及以上的高速传输;2)降低系统对光器件的要求和限制,节省网络系统的成本。目前10G以上的光模块和光器件成本对接入网来说压力较大,而OFDM调制技术可以有效降低对光器件的带宽需求,将光器件成本转移到相对低廉的电器件上,极大地降低网络设备的造价;3)具有多粒度业务接入能力,可实现子载波资源的灵活动态分配以满足不同用户带宽资源的需要,有利于为PON提供服务质量(QoS)保障;4)较强的抗色度色散和偏振模色散能力,可使OFDM-PON实现长距离的传输;5)可利用成熟的数字信号处理器(DSP)技术,为接入网向更高速率发展提供了快速通道;6)易于升级,系统升级仅涉及光线路终端(OLT)、ONU端的调制格式和DSP处理能力等,与现有系统保持较好的兼容性,可实现与TDM-PON、WDM-PON系统共存等等。最近两年,基于波长堆叠的OFDM-PON是当前研究的热点。

[0004] 波长堆叠的OFDM-PON最早是由作者本人2013年日本京都召开的OECC&PS会议上提出(博士期间工作:上海交通大学胡卫生课题组),后面又进行了进一步的扩展性的研究工作。同时在去年美国召开的2014 OFC会议上北京大学Juhao Li的研究小组基于该结构又提出了对称100-Gb/s的PON系统等等。波长堆叠的OFDM-PON系统与普通的波长堆叠的TDM-PON系统结构相类似,在上\下行的收发机上面采用基于DSP处理的OFDM信号,因此它具有堆叠PON系统的所有优点。此外,波长堆叠的OFDM-PON系统还具有OFDM的优点。因此,研究该PON系统结构技术对下一代无源网络的发展有着重大意义。

[0005] 经对现有文献检索和前期研究成果发现,北京大学Bangjiang Lin, Juhao Li等人在2014年发表在OFC会议上的“Symmetric 100-Gb/s TWDM-PON with DSB OFDM Modulation”(对称100-Gb/s的波长堆叠的OFDM-PON系统)。该文献中,作者在基于我们前期的工作基础上,采用4对波长实现上下行波长的堆叠,充分利用OFDM信号的频谱效率高的优点实现了10GHz的光模块调制25Gb/s的OFDM信号调制,从而获得上下行对称100 Gb/s的系

统速率。在该系统中,由于OFDM信号本身固有一些缺点,在单波长25Gb/s的传输中虽然能够做到零误码,但是其接收灵敏度很低。因此,不能获得较大的系统功率预算,支持更大容量用户的接入。

[0006] 2014年,作为前期的研究成果,我们在IEEE Photonics Journal 上发表了“Power Budget Improved Symmetric 40-Gb/s Long Reach Stacked WDM-OFDM-PON System Based on Single Tunable Optical Filter”(功率预算提升的基于单一可调光滤波器的对称40-Gb/s的长距离的波长堆叠的OFDM-PON系统)。在该文章中,我们采用4对波长实现对称40Gb/s的接入网络容量,验证了通过合理设计以及配置系统各主要器件的参数,实现长距离、高功率预算的接入网系统。本论文的实验结果表明,在该系统中,下行传输信号的接收灵敏度是制约其系统光功率预算的关键因素,即OFDM传输系统的接收灵敏度问题。该现象主要归结为普通的OFDM信号一些固有的缺点:1) OFDM信号具有时域和频域内的双重正交性,所以对传输系统(其中包括信道以及系统中的光电器件)的线性度要求较高。然而,OFDM-PON系统中,信号传输带宽一般都是吉赫兹(GHz)级别。GHz带宽的电光器件很难做到OFDM信号理想的线性度;2) 在基于OFDM-PON系统,为了克服色散以及光电器件非线性等原因造成的OFDM信号间的ICI和ISI干扰问题,传统的OFDM信号需要添加CP用于解决该问题。然而,CP的添加不仅会降低其信号的频谱利用率而且一定程度上会降低有效信号的发送功率,从而影响其OFDM信号的传输性能;3) OFDM信号在频域呈现 $\text{sinc}(x)$ 函数特性,具有较高的旁瓣起伏且主旁瓣之间,该特性一定程度上决定了其传统OFDM信号具有较低的抗噪声能力,从而影响信号在光纤信道中的传输特性。

发明内容

[0007] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统。该系统可以充分利用基于滤波器组的多载波调制技术的高的旁瓣抑制比、较强的抗符号间干扰和子载波间干扰能力、高的频谱效率、零频谱开支等优点,不仅提高了接入网的系统性能,而且降低了PON系统对光电器件线性度的要求,从而降低接入网系统成本;该多载波调制技术不仅仅可以用于现在已经成熟的TDM-PON系统中,而且可以用于WDM-PON和NG-PON2标准中的波长堆叠PON系统;基于滤波器组的多载波调制技术的下行传输系统,可完全兼容与现有的TDM-PON系统,易于实现和升级改造,在升级改造时仅需替换光线路终端的发射机和光网络单元的接收机。

[0008] 基于滤波器组的多载波调制的无源光网络下行传输系统,包括光线路终端、馈线式光纤和若干无源光网络系统,所述无源光网络系统包括远端节点、若干分布式光纤和若干光网络单元,所述光线路终端通过所述馈线式光纤连接至所述远端节点,所述远端节点通过分布式光纤连接至各光网络单元,其特征在于:

[0009] 所述光线路终端包括若干下行波器组的多载波调制数据发射模块、上行数据接收模块、合波器、分波器、第一光环形器和双向光放大器;其中,所述下行波器组的多载波调制数据发射模块连接至所述合波器,所述合波器的输出连接第一光环形器的第1端口,第一光环形器的第2端口连接掺铒光纤放大器以实现下行数据的发射;所述上行数据接收模块与所述分波器连接,所述分波器连接至所述第一光环形器的第3端口,第一光环形器的第2端口连接掺铒光纤放大器实现上行数据的接收;

[0010] 所述光网络单元包括光可调滤波器、光环行器、光电探测器、下行滤波器组的多载波调制数据信号处理模块、上行数据信号发射,所述光可调滤波器的一端连接光环行器的第2端口,光环行器的第3端口输出后连接光电探测器,光电探测器的输入连接至所述下行滤波器组的多载波调制数据信号处理模块,以完成下行信号的解调。

[0011] 优选地,下行基于滤波器组的多载波调制的数据信号处理模块按照调制格式分为外调制和直接调制两种形式:

[0012] 所述的下行基于滤波器组的多载波调制数据的外调制发射模块包括下行连续光源CW、外调制器和基于滤波器组的多载波调制信号产生模块,外调制器分别与下行光源CW和基于滤波器组的多载波调制信号产生模块连接,其中下行光源CW用于将下行光载波连接到外调制器,基于滤波器组的多载波调制信号产生模块产生电域内的基于滤波器组的多载波调制信号来作为下行调制信号用于驱动外调制器,通过偏置电压,使外调制器工作在其传输曲线的线性区,进而实现下行基于滤波器组的多载波调制数据的发射。

[0013] 所述的下行光源CW,为分布布拉格反馈式DFB激光器或单波长的垂直腔面发射激光器;

[0014] 所述的外调制器为马赫增德尔调制或电致吸收调制器;

[0015] 所述的基于滤波器组的多载波调制信号的信号为基于滤波器组的正交频分复用调制信号或非正交的基于滤波器组的频分复用信号,具体地可以为OQAM-OFDM(交错正交幅度调制的正交频分复用)信号,或者UFMC(Universal Filtered Multi-Carrier,通用的基于滤波器组的多载波调制信号),或者F-OFDM(基于滤波器组的正交频分复用信号),或者GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing,广义频分复用)信号等等;

[0016] 所述的直接调制发射模块包括直接调制激光器、基于滤波器组的多载波调制信号产生模块和偏置电压,直接调制激光器分别与偏置电压和基于滤波器组的多载波调制信号产生模块连接,实现将下行信号调制在光载波上,其中通过偏置电压使直接调制激光器工作在其传输曲线的线性区,进而实现下行基于滤波器组的多载波调制数据的发射。

[0017] 所述的直接调制激光器包括啁啾管理的直接调制激光器、DFB激光器、VCSEL激光器或者分布布拉格反射激光器(Distributed Bragg Reflector laser, DBR)等直接调制激光器等等;

[0018] 所述的基于滤波器组的多载波调制信号的信号为基于滤波器组的正交频分复用调制信号或非正交的基于滤波器组的频分复用信号,具体地包括OQAM-OFDM信号、UFMC信号、F-OFDM信号或者GFDM信号;

[0019] 优选地,光线路终端中的合波器和分波器,为阵列波导光栅或其他无源/有源的波分复用和解复用器件;

[0020] 优选地,光线路终端中的光放大器,为双向的掺铒光纤放大器或者拉曼放大器或者半导体光放大器等等;

[0021] 优选地,光可调滤波器用于下行信号的波带选择;

[0022] 优选地,远端节点为1:N的光分路/合路器或者光波复用器,其主要用于将下行基于滤波器组的多载波调制的下行信号通过分布式光纤分发给与之相连的各个光网络单元;同时,不同光网络单元的不同波长的上行数据通过分布式光纤由合路器耦合,耦合后的上行数据通过馈线式光纤上传到光线路终端进行处理。

[0023] 优选地,1:N的光分路/合路器中的N取64、128、256或512。

[0024] 优选的,所述的1:N光分路/合路器为splitter;波分复用器为阵列波导光栅或者周期性阵列波导光栅;

[0025] 优选地,下行波器组的多载波调制数据发射模块和上行数据接收模块的数量均为M个,M取4、8或10。

[0026] 优选地,下行光电探测器为PIN或者APD。

[0027] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:

[0028] 本发明采用新颖的用于未来5G移动通信系统中的基于滤波器组的多调制信号作为下行发射信号,可以充分利用该信号的具有较高抗抗色散、符号间和子载波间干扰能力,以及符号内的零开支的优点,可松弛多载波信号对下行的光电器件线性度的要求,提高PON系统的接入能力,增加系统频谱资源利用率,一定程度上节约系统成本;同时该下行传输方案可以应用在任何一种PON系统中,即TDM-PON,WDM-PON或者波长堆叠的PON系统,在这些PON系统中仅需更换系统的下行发射机和下行接收机,即再不改现有网络系统结构的基础上实现系统的升级和再造,易于兼容各种PON系统。

附图说明

[0029] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0030] 图1为本发明结构示意图;

[0031] 图2(a)为下行基于滤波器组的多载波调制的数据的发射模块的外调制的发射模块图;

[0032] 图2(b)为下行基于滤波器组的多载波调制的数据的发射模块的直接调制模块;

[0033] 图3为普通OFDM信号的频谱与基于滤波器组的多载波调制信号(OQAM-OFDM)的频谱对比图。

具体实施方式

[0034] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0035] 如图1所示,本实施例包括:光线路终端、馈线式光纤和若干无源光网络系统,无源光网络系统包括远端节点、若干分布式光纤和若干光网络单元,其中:所述光线路终端与馈线式光纤的一端相连,馈线式光纤的另一端连接远端节点,远端节点为1:N光分路/合路器(N取64、128、256或512)或为N端口的波分复用器件(N取64、128、256或512,其该波分复用器件可以为阵列波导光栅或周期性阵列波导光栅),光分路/合路器(Splitter)或波分复用器通过分布式光纤连接光网络单元1、光网络单元2、……、光网络单元N。具体地,N值取决于光分路合路器的分光比,N可取64、128、256或512。

[0036] 光线路终端主要由M个下行波器组的多载波调制数据发射模块、M个上行数据接收模块、分波器、合波器、第一光环形器、双向光信号放大器构成。其中:M个下行波器组的多

载波调制数据发射模块连接到合波器的输出连接第一光环行器第1端口,第一光环行器的第2端口连接双向光信号放大器进而实现下行数据的发射;上行数据到达光线路终端连接到双向光信号放大器,双向光信号放大器的连接第一光环行器的第2端口,第一光环行器第3端口连接到分波器,经过分波器后直接连接到上行数据接收模块。具体的M值取决于升级的PON系统中的下行速率,M可取4、8或10。

[0037] 下行波器组的多载波调制数据发射模块产生M路(M=4或8或者10)调制在不同波长上的下行信号,经过合波器后,通过第一光环行器由光放大器放大后输入到馈线式光纤进行传输。

[0038] 进一步地,下行波器组的多载波调制数据发射模块的结构如图2(a)和(b)所示,其中图2(a),主要由下行光源CW、外调制器和下行波器组的多载波调制信号产生模块组成,其中:下行光源CW为普通的分布反馈式激光器DFB或者VCSEL等,用于下行光载波连接到外调制器下行波器组的多载波调制数据发射模块产生电域内的下行波器组的多载波调制数据发射模块信号作为下行调制信号用于驱动外调制器,通过偏置电压,使外调制器工作在其传输曲线的线性区,进而实现下行波器组的多载波调制数据的发射;图2(b)中,主要是由直接调制激光器、基于滤波器组的多载波调制信号产生模块和偏置电压,直接调制激光器分别与偏置电压和基于滤波器组的多载波调制信号产生模块连接,实现将下行信号调制在光载波上,其中:通过偏置电压,使直接调制激光器工作在其传输曲线的线性区,进而实现下行基于滤波器组的多载波调制数据的发射。

[0039] 远端节点的光分路/合路器或者波分复用器用以将下行基于波器组的多载波调制数据信号通过分布式光纤分发给与之相连的各个光网络单元;同时,不同光网络单元的不同波长的上行数据通过分布式光纤由合路器或波分复用器用耦合,耦合后的上行数据通过馈线式光纤上传到光线路终端进行处理。

[0040] 再如图1所示,任一光网络单元主要由光可调滤波器、光环行器、光电探测器、下行波器组的多载波调制数据信号处理模块、上行数据信号组成。其中,光可调滤波器的一端连接光环行器的第2端口,光环行器的第3端口输出后连接光电探测器,光电探测器的输入到下行数据信号处理模块,进而完成下行信号的解调;上行数据信号输出连接到光环行器第1端口,上行信号通过光环行器的第2端口进入光可调滤波器进而实现上行数据的输出。其中,在PON系统中,可调滤波器对堆叠PON或者WDM-PON系统是存在的,对TDM-PON是不存在的。

[0041] 下行波器组的多载波调制数据接收模块由PD和基于波器组的多载波调制数据解调模块构成;可调光滤波器用于下行波器组的多载波调制数据信号的选择。下行波器组的多载波调制数据信号通过分布式光纤到达光网络单元之后,通过可调光滤波器而实现下行信号的选择,经由第二光环行器到达下行波器组的多载波调制数据信号接收模块,进而实现下行信号的检测。

[0042] 基于波器组的多载波调制信号,与普通OFDM信号相比,具有明显的旁瓣抑制比高的优点,如图3所示。这些特点将会大大提高信号在系统中传输的性能。

[0043] 本实施例在无源光网络的下行传输系统中采用基于波器组的多载波调制技术,具有以下优点:

[0044] 1) 该体系结构下行采用基于波器组的多载波调制技术,可较好地提高下行高速的

传输时系统抗色散能力,且可以充分利用多载波灵活调度的子载波接入能力,较好的实现下行多业务弹性接入功能;

[0045] 2)相比与传统的OFDM信号,该调制信号具有较好的抗符号间干扰和子载波间干扰的能力,能够较好松弛多载波调制系统对接入网系统中的光电器件线性度的要求,从而在一定程度上降低系统性能;

[0046] 3)该体系结构不改变现有铺设的无源光网络的光纤分布式网络的结构,且可沿用现有PON系统中的远端节点结构,因而可在现有的PON系统进行平滑升级,且完全与现有PON系统兼容,仅需替换其收发设备就可完成系统升级,从而可在一定程度上降低PON升级成本。

[0047] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。

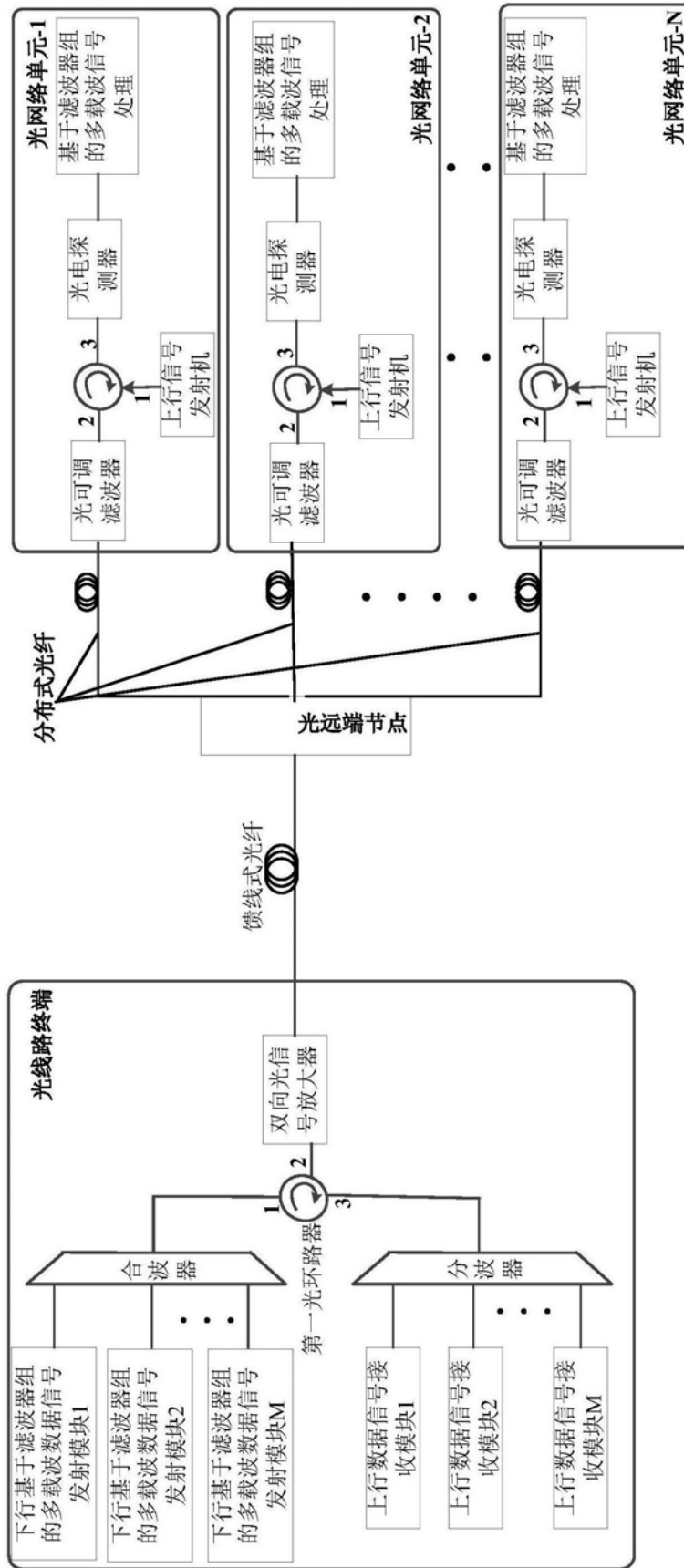


图1

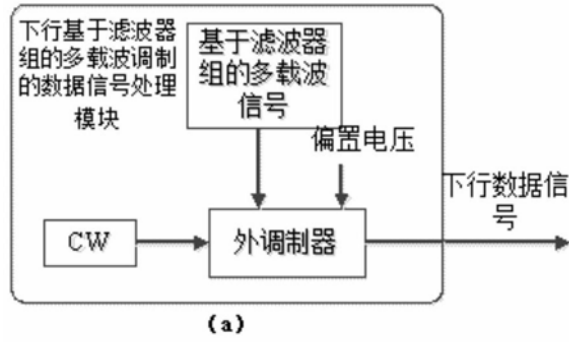


图2 (a)

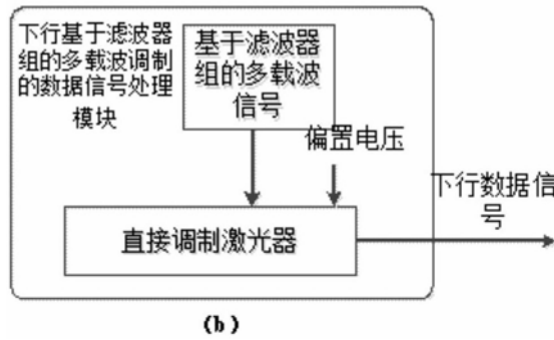


图2 (b)

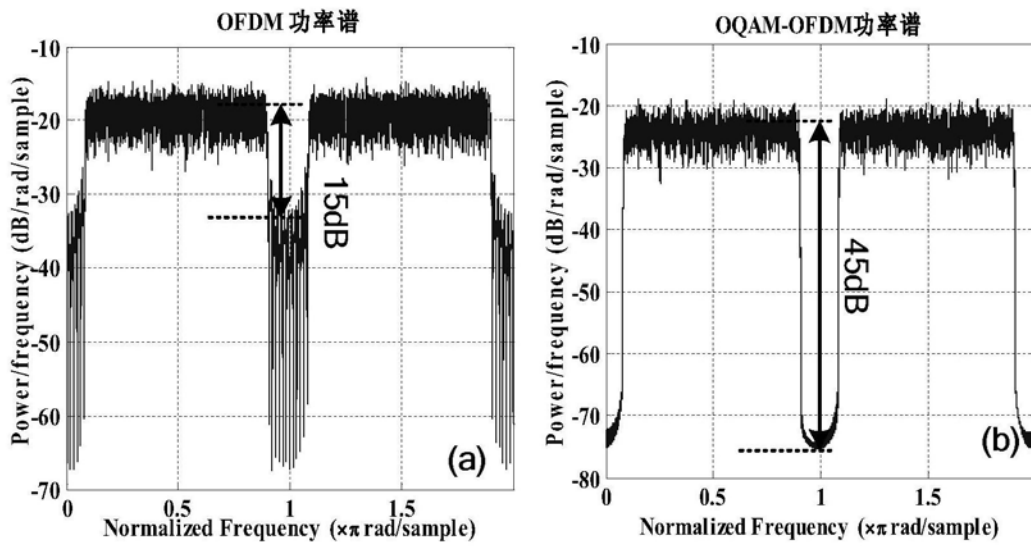


图3