



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110050417 A

(43)申请公布日 2019.07.23

(21)申请号 201880004872.1

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2018.01.18

H04B 10/2507(2006.01)

(30)优先权数据

62/449,863 2017.01.24 US

15/833,173 2017.12.06 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.06.06

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/CN2018/073244 2018.01.18

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/137550 EN 2018.08.02

(71)申请人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72)发明人 刘翔 弗兰克·埃芬博格 曾怀玉

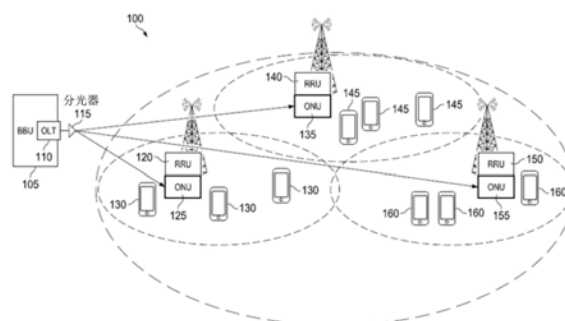
权利要求书2页 说明书10页 附图13页

(54)发明名称

减少通用公共无线接口(CPRI)无源光网络(PON)中的同步误差

(57)摘要

第一装置包括:处理器,用于生成第一同步消息;发射器,其耦合到所述处理器并用于以第一波长向第二装置传输所述第一同步消息;以及接收器,其耦合到所述处理器并用于:响应于所述第一同步消息,以第二波长从所述第二装置接收第二同步消息,所述第一波长和所述第二波长基于所述第二同步消息与所述第一同步消息之间的时延差的减少,并且所述处理器还用于基于所述减少来计算所述第一装置与所述第二装置之间的定时偏差(timing offset, T0)。



1. 第一装置,其特征在于,包括:
处理器,用于生成第一同步消息;
发射器,其耦合到所述处理器并用于以第一波长向第二装置传输所述第一同步消息;
以及
接收器,其耦合到所述处理器并用于:响应于所述第一同步消息,以第二波长从所述第二装置接收第二同步消息,
所述第一波长和所述第二波长基于所述第二同步消息与所述第一同步消息之间的时延差的减少,以及
所述处理器还用于基于所述减少来计算所述第一装置与所述第二装置之间的定时偏差(timing offset, T0)。
2. 根据权利要求1所述的第一装置,其特征在于,所述发射器还用于通过光纤进一步传输所述第一同步消息,所述接收器还用于通过所述光纤进一步接收所述第二同步消息。
3. 根据权利要求2所述的第一装置,其特征在于,所述第一波长和所述第二波长关于所述光纤的零色散波长近似对称。
4. 根据权利要求3所述的第一装置,其特征在于,所述第一波长约为 1357 ± 2 纳米(nanometer, nm)且所述第二波长约为 1270 ± 10 nm,所述第一波长约为 1331 ± 10 nm且所述第二波长约为 1291 ± 10 nm,或者所述第一波长约为 1309.14 ± 2 nm且所述第二波长约为 1295.56 ± 2 nm。
5. 根据权利要求3所述的第一装置,其特征在于,所述第一波长和所述第二波长位于同一波段,所述波段以所述零色散波长为中心。
6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的第一装置,其特征在于,所述第一装置为光线路终端(optical line terminal, OLT)或基带单元(baseband unit, BBU),所述第二装置为光网络单元(optical network unit, ONU)或射频拉远单元(remote radio unit, RRU)。
7. 根据权利要求1至6中的任一项所述的第一装置,其特征在于,所述第一波长和所述第二波长还基于所述时延差的最小化,并且所述处理器还用于基于所述最小化进一步计算所述定时偏差(timing offset, T0)。
8. 一种方法,其特征在于,包括:
生成第一同步消息;
以第一波长传输所述第一同步消息;
响应于所述第一同步消息,以第二波长接收第二同步消息,所述第一波长和所述第二波长基于所述第二同步消息与所述第一同步消息之间的时延差的减少;以及
基于所述减少来计算定时偏差(timing offset, T0)。
9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,还包括:
通过光纤进一步传输所述第一同步消息;以及
通过所述光纤接收所述第二同步消息。
10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述第一波长和所述第二波长关于所述光纤的零色散波长近似对称。
11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述第一波长约为 1357 ± 2 纳米(nanometer, nm)且所述第二波长约为 1270 ± 10 nm,所述第一波长约为 1331 ± 10 nm且所述第

二波长约为 $1291 \pm 10\text{nm}$,或者所述第一波长约为 $1309.14 \pm 2\text{nm}$ 且所述第二波长约为 $1295.56 \pm 2\text{nm}$ 。

12. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述第一波长和所述第二波长位于同一波段,所述波段以所述零色散波长为中心。

13. 根据权利要求8至12中的任一项所述的方法,其特征在于,光线路终端(optical line terminal,OLT)或基带单元(baseband unit,BBU)执行所述方法。

14. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于,还包括:

进一步向光网络单元(optical network unit,ONU)或射频拉远单元(remote radio unit,RRU)传输所述第一同步消息;以及

进一步从所述ONU或所述RRU接收所述第二同步消息。

15. 根据权利要求8至14中的任一项所述的方法,其特征在于,所述第一波长和所述第二波长还基于所述时延差的最小化,并且所述方法还包括基于所述最小化进一步计算所述定时偏差(timing offset, T_0)。

16. 一种方法,其特征在于,包括:

选择上行波长和下行波长,以便减少上行延时与下行延时之间的时延差,所述上行延时与从第一装置到第二装置的传输相关,所述下行延时与从所述第二装置到所述第一装置的传输相关;

将所述上行波长分配给所述第一装置;以及

将所述下行波长分配给所述第二装置。

17. 根据权利要求16所述的方法,其特征在于,还包括基于所述第一装置与所述第二装置之间的距离进一步选择所述上行波长和所述下行波长。

18. 根据权利要求17所述的方法,其特征在于,还包括基于零色散斜率进一步选择所述上行波长和所述下行波长。

19. 根据权利要求18所述的方法,其特征在于,还包括基于连接所述第一装置与所述第二装置的光纤的零色散波长进一步选择所述上行波长和所述下行波长。

20. 根据权利要求19所述的方法,其特征在于,还包括进一步选择所述上行波长和所述下行波长以关于所述零色散波长近似对称。

减少通用公共无线接口 (CPRI) 无源光网络 (PON) 中的同步 误差

背景技术

[0001] RAN是移动设备与核心网之间的网络。在RAN中,位于远端蜂窝站侧的无线基站进行数字基带处理。然而,在C-RAN中,RRU代替无线基站,位于核心网附近的中心站点处的集中BBU进行数字基带处理。RRU与天线相连以进行无线RF传输和接收。RRU需要进行有限的数字基带处理。

[0002] 在C-RAN中,前传将BBU连接到RRU。CPRI,一种前传标准,描述了对无线信道进行数字化以创建数字化信道,聚合数字化信道以创建聚合信道,以及使用聚合光纤信道或聚合微波信道连通聚合信道。聚合信道的数据速率高,必然导致通信系统复杂。

发明内容

[0003] 在一项实施例中,本发明包括第一装置,所述第一装置包括:处理器,用于生成第一同步消息;发射器,其耦合到所述处理器并用于以第一波长向第二装置传输所述第一同步消息;以及接收器,其耦合到所述处理器并用于:响应于所述第一同步消息,以第二波长从所述第二装置接收第二同步消息,所述第一波长和所述第二波长基于所述第二同步消息与所述第一同步消息之间的时延差的减少,并且所述处理器还用于基于所述减少来计算所述第一装置与所述第二装置之间的定时偏差(timing offset, T_0)。在一些实施例中,所述发射器还用于通过光纤进一步传输所述第一同步消息,所述接收器还用于通过所述光纤进一步接收所述第二同步消息;所述第一波长和所述第二波长关于所述光纤的零色散波长近似对称;所述第一波长约为 $1357 \pm 2\text{nm}$ 且所述第二波长约为 $1270 \pm 10\text{nm}$,所述第一波长约为 $1331 \pm 10\text{nm}$ 且所述第二波长约为 $1291 \pm 10\text{nm}$,或者所述第一波长约为 $1309.14 \pm 2\text{nm}$ 且所述第二波长约为 $1295.56 \pm 2\text{nm}$;所述第一波长和所述第二波长位于同一波段,所述波段以所述零色散波长为中心;所述第一装置为OLT或BBU,所述第二装置为ONU或RRU;所述第一波长和所述第二波长还基于所述时延差的最小化,并且所述处理器还用于基于所述最小化进一步计算所述定时偏差(timing offset, T_0)。

[0004] 在另一实施例中,本发明包括一种方法,所述方法包括:生成第一同步消息;以第一波长传输所述第一同步消息;响应于所述第一同步消息,以第二波长接收第二同步消息,所述第一波长和所述第二波长基于所述第二同步消息与所述第一同步消息之间的时延差的减少;以及基于所述减少来计算定时偏差(timing offset, T_0)。在一些实施例中,所述方法还包括:通过光纤进一步传输所述第一同步消息;以及通过所述光纤接收所述第二同步消息;所述第一波长和所述第二波长关于所述光纤的零色散波长近似对称;所述第一波长约为 $1357 \pm 2\text{nm}$ 且所述第二波长约为 $1270 \pm 10\text{nm}$,所述第一波长约为 $1331 \pm 10\text{nm}$ 且所述第二波长约为 $1291 \pm 10\text{nm}$,或者所述第一波长约为 $1309.14 \pm 2\text{nm}$ 且所述第二波长约为 $1295.56 \pm 2\text{nm}$;所述第一波长和所述第二波长位于同一波段,所述波段以所述零色散波长为中心;OLT或BBU执行所述方法;所述方法还包括:进一步向ONU或RRU传输所述第一同步消息;以及进一步从所述ONU或所述RRU接收所述第二同步消息;所述第一波长和所述第二波

长还基于所述时延差的最小化,并且所述方法还包括基于所述最小化进一步计算所述定时偏差(timingoffset,T0)。

[0005] 在又一实施例中,本发明包括一种方法,所述方法包括:选择上行波长和下行波长,以便减少上行延时与下行延时之间的时延差,所述上行延时与从第一装置到第二装置的传输相关,所述下行延时与从所述第二装置到所述第一装置的传输相关;将所述上行波长分配给所述第一装置;以及将所述下行波长分配给所述第二装置。在一些实施例中,所述方法还包括基于所述第一装置与所述第二装置之间的距离进一步选择所述上行波长和所述下行波长;所述方法还包括基于零色散斜率进一步选择所述上行波长和所述下行波长;所述方法还包括基于连接所述第一装置与所述第二装置的光纤的零色散波长进一步选择所述上行波长和所述下行波长;所述方法还包括进一步选择所述上行波长和所述下行波长以关于所述零色散波长近似对称。

[0006] 上述任意实施例可与任何其它上述实施例组合以创建新实施例。结合附图和权利要求,可以在下文的详细描述中更清楚地理解这些和其它特征。

附图说明

[0007] 为了更透彻地理解本发明,现参阅结合附图和具体实施方式而描述的以下简要说明,其中的相同参考标号表示相同部分。

[0008] 图1为C-RAN的示意图。

[0009] 图2为图1中C-RAN的一部分的示意图。

[0010] 图3为展示图1中BBU与RRU之间的同步的消息序列图。

[0011] 图4为色散相对于波长的图。

[0012] 图5为根据本发明一实施例的展示上行波长选择和下行波长选择的图。

[0013] 图6为根据本发明另一实施例的展示上行波长选择和下行波长选择的图。

[0014] 图7为根据本发明又一实施例的展示上行波长选择和下行波长选择的图。

[0015] 图8为根据本发明又一实施例的展示上行波长和下行波长选择的图。

[0016] 图9为根据本发明一实施例的PON的示意图。

[0017] 图10为根据本发明另一实施例的PON的示意图。

[0018] 图11为根据本发明一实施例的示出同步和通信方法的流程图。

[0019] 图12为根据本发明一实施例的示出同步方法的流程图。

[0020] 图13为根据本发明另一实施例的示出同步方法的流程图。

[0021] 图14为根据本发明一实施例的装置的示意图。

具体实施方式

[0022] 首先应理解,尽管下文提供一项或多项实施例的说明性实施方式,但所公开的系统 and/或方法可使用任何数目的技术来实施,无论该技术是当前已知还是现有的。本发明决不应限于下文所说明的说明性实施方式、附图和技术,包括本文所说明并描述的示例性设计和实施方式,而是可在所附权利要求书的范围以及其等效物的完整范围内修改。

[0023] 以下缩略语和首字母缩略词适用:

[0024] ADC:模数转换(analog-to-digital conversion)、模数转换器(analog-to-

digital converter)

- [0025] ASIC:专用集成电路(application-specific integrated circuit)
- [0026] BBU:基带单元(baseband unit)
- [0027] CoMP:协作多点(coordinated multi-point)
- [0028] CPRI:通用公共无线接口(Common Public Radio Interface)
- [0029] C-RAN:云无线接入网(cloud RAN)
- [0030] CP:循环前缀(cyclic prefix)
- [0031] CPRI:通用公共无线接口(Common Public Radio Interface)
- [0032] CPU:中央处理器(central processing unit)
- [0033] CWDM:粗波分复用(coarse WDM)
- [0034] DSP:数字信号处理(digital signal processing)、数字信号处理器(digital signal processor)
- [0035] eCPRI:演进型通用公共无线接口(evolved CPRI)
- [0036] EMF:高效移动前传(efficient mobile fronthaul)
- [0037] EO:电光(electrical-to-optical)
- [0038] EPON:以太网无源光网络(Ethernet PON)
- [0039] FEC:前向纠错(forward error correction)
- [0040] FFT:快速傅立叶变换(fast Fourier transform)
- [0041] FPGA:现场可编程门阵列(field-programmable gate array)
- [0042] GPON:千兆比特无源光网络(gigabit-capable PON)
- [0043] IEEE:电气和电子工程师学会(The Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- [0044] km:千米(kilometer)
- [0045] LAN:局域网(local area network)
- [0046] MAC:媒体接入控制(media access control)
- [0047] MIMO:多入多出技术(multiple-input and multiple-output)
- [0048] NGFI:下一代前传接口(Next Generation Fronthaul Interface)
- [0049] nm:纳米(nanometer)
- [0050] ns:纳秒(nanosecond)
- [0051] OC:光循环器(optical circulator)
- [0052] ODN:光分配网络(optical distribution network)
- [0053] OE:光电(optical-to-electrical)
- [0054] OLT:光线路终端(optical line terminal)
- [0055] ONU:光网络单元(optical network unit)
- [0056] PDCP:分组数据汇聚层协议(packet data convergence protocol)
- [0057] PON:无源光网络(passive optical network)
- [0058] ps:皮秒(picosecond)
- [0059] QAM:正交幅度调制(quadrature amplitude modulation)
- [0060] RAM:随机存取存储器(random-access memory)

- [0061] RAN:无线接入网(radio access network)
- [0062] RF:射频(radio frequency)
- [0063] RLC:无线链路控制(radio link control)
- [0064] ROM:只读存储器(read-only memory)
- [0065] RRU:射频拉远单元(remote radio unit)
- [0066] RX:接收器单元(receiver unit)
- [0067] SRAM:静态随机存取存储器(static RAM)
- [0068] TCAM:三重内容寻址内存(ternary content-addressable memory)
- [0069] TDM:时分复用(time-division multiplexing)
- [0070] TDMA:时分多址(time-division multiple access)
- [0071] TE:定时误差(timing error)
- [0072] TO:定时偏差(timing offset)
- [0073] TX:发射器单元(transmitter unit)
- [0074] UE:用户设备(user equipment)
- [0075] WDM:波分复用(wavelength-division multiplexing)、波分复用器(wavelength-division multiplexer)
- [0076] μs :微秒(microsecond)
- [0077] 5G:第五代(fifth generation)
- [0078] 移动前传是C-RAN至关重要的部分,能够实现CoMP和高级MIMO等无线技术。通常使用CPRI进行移动前传,但是CPRI的带宽效率不高。CPRI的最近替代方案NGFI和eCPRI在RRU复杂度、系统性能与带宽效率之间实现了折衷。此外,通过允许RRU共享ODN, TDMPON可降低移动前传的成本。
- [0079] eCPRI基于BBU与RRU之间的不同功能分割。例如,eCPRI将一个分割点置于物理层内。eCPRI提供较高的前传带宽效率和吞吐量,实现了基于分组的传送技术,并支持通过无线网络进行软件更新,从而具有可扩展性。
- [0080] 图1为C-RAN 100的示意图。C-RAN 100在Futurewei技术公司2016年9月15日递交的发明名称为“用于移动前传的统一移动和TDM-PON上行MAC调度方法(Method of a Unified Mobile and TDM-PON Uplink MAC Scheduling for Mobile Front-Haul)”(“eCPRI-PON”)的第62/395,058号美国临时专利申请案中进行了描述,其内容以引用的方式并入本文本中。C-RAN 100通过统一的移动调度器基于NGFI和TDM PON技术提供了带宽效率高、处理时延低的移动前传。
- [0081] C-RAN 100包括BBU 105、分光器115和RRU 120、140、150。BBU 105与OLT 110相关联,RRU 120与ONU 125和UE 130相关联,RRU 140与ONU 135和UE 145相关联,RRU 150与ONU 155和UE 160相关联。OLT 110和ONU 125构成第一PON,OLT 110和ONU 135构成第二PON,OLT 110和ONU 155构成第三PON。UE 130、145、160为手机或其它设备。从UE 130、145、160到BBU 105的通信过程如下。首先,UE 130、145、160与RRU 120、140、150进行无线通信。其次,ONU 125、135、155通过包括分光器115的各PON与OLT 110通信。从BBU 105到UE 130、145、160的通信过程相反。
- [0082] 图2为图1中C-RAN 100的部分200的示意图。部分200也在eCPRI-PON中进行了描

述。部分200包括BBU 105、光纤230和RRU 120。光纤230为标准单模光纤等光纤。虽然本图和后续附图中示出的是RRU 120,但是相同的思路也适用于RRU 140、150。部分200展示了光纤230处以及BBU 105与RRU 120之间的物理层中的功能分割。

[0083] BBU 105包括PDCP组件205、RLC组件210、MAC组件215、FEC组件220和QAM均衡器与解码器225。RRU 120包括资源块解映射器235、CP与FFT组件240、ADC 245和接收器250。从RRU 120到BBU 105的通信过程如下。首先,在RRU 120中,接收器250从UE接收无线信号,ADC 245将无线信号转换为数字信号,CP与FFT组件240移除CP并执行FFT,资源块解映射器235执行资源块解映射以创建处理信号,RRU 120将处理信号传输给BBU 105。其次,在BBU 105中,QAM均衡器与解码器225执行QAM均衡和解码,FEC组件220执行FEC,MAC组件215执行MAC处理,RLC组件210执行RLC处理,PDCP组件205执行PDCP处理。从BBU 105到RRU 120的通信过程相反。

[0084] 然而,为了使eCPRI-PON支持未来的5G或类5G应用,可能需要精确同步。在这种情况下,同步是指以下过程:设置所有eCPRI-PON组件中的时钟以获得精确的时间读数。在这种情况下,定时偏差(timing offset,TO)是指BBU 105的时钟与RRU 120、140、150的时钟之间的偏差。BBU 105计算定时偏差(timing offset,TO),以便实现其自身与RRU 120、140、150之间的同步。当BBU 105计算TO时,出现TE。减少TE使得定时偏差(timing offset,TO)计算更精确。2016年10月11日的通用公共无线接口“802.1CM同步要求改进(802.1CM Sync requirement improvement)”(“同步要求改进”)提供了一种TE,其对于C类流小于 $1.5\mu\text{s}$,对于B类流小于110ns,对于A类流小于45ns,对于A+类流小于12.5ns。“同步要求改进”以引用的方式并入。同步要求改进被提议在IEEE 802.3cm中使用,IEEE 802.3cm正在制定中。因此,需要小于12.5ns的TE。

[0085] 本文公开了减少CPRI PON中的同步误差的实施例。CPRI PON包括NGFI PON和eCPRI PON。这些实施例用于选择能减少或最小化时延差的下行波长和上行波长。下行波长和上行波长可关于零色散波长对称,或者可相同。其它方法可能不会设法减少或最小化时延差,因为时延差通常可能较小。减少或最小化时延差使得定时偏差(timing offset,TO)计算更精确。

[0086] 图3为展示图1中BBU 105与RRU 120之间的同步的消息序列图300。x轴表示恒定单位的时间,y轴表示恒定单位的距离。当RRU 120在预定时间或其它合适时间加入C-RAN 100时,BBU 105初始化与RRU 120相关的定时偏差(timing offset,TO)计算,从而初始化消息序列图300。

[0087] 在时间 T_1 ,即BBU 105的本地时间,BBU 105向RRU 120传输第一同步消息。第一同步消息为TDMA信号,包括第一时间戳,指示时间 T_1 为BBU 105传输第一同步消息的时间。在时间 T_1' ,即RRU 120的本地时间,RRU 120接收第一同步消息,提取并记录第一时间戳,生成并记录第二时间戳,指示 T_1' 为RRU 120接收第一同步消息的时间。

[0088] 在时间 T_2' ,即RRU 120在时间 T_1' 之后的本地时间,RRU 120向BBU 105传输第二同步消息。第二同步消息是突发信号,包括第一时间戳、第二时间戳和第三时间戳,第三时间戳指示时间 T_2' 为RRU 120传输第二同步消息的时间。在时间 T_2 ,即BBU 105的本地时间,BBU105接收第二同步消息,提取并记录第一时间戳、第二时间戳和第三时间戳,生成并记录第四时间戳,指示时间 T_2 为BBU 105接收第二同步消息的时间。

[0089] 基于第一时间戳、第二时间戳、第三时间戳和第四时间戳, BBU 105进行以下计算:

$$[0090] \quad T_1' - T_1 = TD_D - T_0 \quad (1)$$

$$[0091] \quad T_2 - T_2' = TD_U - T_0 \quad (2)$$

[0092] T_1' 是RRU 120接收第一同步消息的时间; T_1 是BBU 105传输第一同步消息的时间; TD_D 是第一同步消息从BBU 105下行传输到RRU 120的延时, 或时延或传播延时; 定时偏差 (timing offset, T_0) 是BBU 105的时钟与RRU 120的时钟之间的定时偏差 (timing offset, T_0); T_2 是BBU 105接收第二同步消息的时间; T_2' 是RRU 120传输第二同步消息的时间; TD_U 是第二同步消息从RRU 120上行传输到BBU 105的延时, 或时延或传播延时。因此, 下行是从BBU 105到RRU 120的方向, 上行是从RRU 120到BBU 105的方向。通过求解等式(1)和(2), BBU 105如下计算定时偏差 (timing offset, T_0):

$$[0093] \quad T_0 = [(T_1' - T_1 - T_2 + T_2') - (TD_U - TD_D)] / 2 \quad (3)$$

[0094] 基于第一时间戳、第二时间戳、第三时间戳和第四时间戳, BBU 105分别获知 T_1' 、 T_1 、 T_2 和 T_2' 。然而, BBU 105可能不知道 $TD_U - TD_D$, $TD_U - TD_D$ 是上行消息与下行消息之间的时延差, 包括第一同步消息与第二同步消息之间的时延差。BBU 105通常可能通过假设时延差为零来计算定时偏差 (timing offset, T_0), 时延差越小使得定时偏差 (timing offset, T_0) 的计算误差越小。此外, TE 是时延差的一半, 因此时延差越小还使得 TE 越小。知道这些后, C-RAN 100的操作者可设计C-RAN 100以减少时延差, 从而提供更精确的定时偏差 (timing offset, T_0) 计算。

[0095] 第一同步消息和第二同步消息在BBU 105与RRU 120之间的同步期间发生。如图3中最右箭头所示, 在第一同步消息和第二同步消息之后, BBU 105与RRU 120可交换其它消息以完成同步。同步后, BBU 105与RRU 120可交换其它控制消息或交换数据消息。控制消息可包括例如通过控制天线的信号功率电平来控制C-RAN 100的组件的消息。数据消息包括与RRU 120相关的用户想要与另一用户或端点通信的数据。

[0096] 图4为色散相对于波长的图400。x轴表示恒定单位的波长, y轴表示恒定单位的色散。图400示出了上行波长 λ_u 、光纤230的零色散波长 λ_0 、下行波长 λ_d 和零色散斜率 S_0 。 S_0 定义为色散相对于接近零色散波长的波长的变化。 λ_0 在1302nm到1322nm之间, S_0 小于或等于0.089ps/(nm²·km)。时延差如下计算:

$$[0097] \quad (TD_U - TD_D) = L \cdot S_0 \cdot [(\lambda_d - \lambda_0)^2 - (\lambda_u - \lambda_0)^2] / 2 \quad (4)$$

[0098] L 是光纤230的距离, 单位为千米。参见等式(4), 可以看出, 使 λ_d 和 λ_u 关于 λ_0 对称或者使 λ_d 和 λ_u 相等都将减少或最小化时延差, 从而减少或最小化定时偏差 (timing offset, T_0) 的计算误差。下文描述了选择 λ_u 和 λ_d 的四个实施例。

[0099] 图5为根据本发明一实施例的展示上行波长选择和下行波长选择的图500。x轴表示恒定单位的波长, y轴表示恒定单位的色散。如图500所示, 典型的EPON或GPON λ_u 可为1270±10nm。关于 λ_0 对称的 λ_d 为1357±2nm。在这种情况下, 最坏的时延差为

$$[0100] \quad (TD_U - TD_D) = 20 \cdot 0.089 \cdot [(1,359 - 1,302)^2 - (1,280 - 1,302)^2] / 2$$

$$[0101] \quad = 2.46\text{ns}$$

$$[0102] \quad (TD_U - TD_D) = 20 \cdot 0.089 \cdot [(1,355 - 1,322)^2 - (1,260 - 1,322)^2] / 2$$

$$[0103] \quad = -2.45\text{ns}$$

[0104] 如此, 定时偏差 (timing offset, T_0) 的计算误差和 TE 都在±1.25ns内, 约为时延

差的一半。TE仅为TE最大值12.5ns的约10%。以上计算假设L为典型值20km。

[0105] 图6为根据本发明另一实施例的展示上行波长选择和下行波长选择的图600。x轴表示恒定单位的波长，y轴表示恒定单位的色散。如图600所示，典型的CWDM λ_u 可为1291±10nm，典型的CWDM λ_d 可为1331±10nm。在这种情况下，最坏的时延差为

$$[0106] \quad (TD_U - TD_D) = 20 \cdot 0.089 \cdot [(1,341 - 1,302)^2 - (1,291 - 1,302)^2] / 2$$

$$[0107] \quad = 1.25\text{ns}$$

$$[0108] \quad (TD_U - TD_D) = 20 \cdot 0.089 \cdot [(1,321 - 1,322)^2 - (1,281 - 1,322)^2] / 2$$

$$[0109] \quad = -1.5\text{ns}$$

[0110] 如此，定时偏差 (timing offset, T0) 的计算误差在±0.75ns内，小于TE最大值12.5ns的6%。

[0111] 图7为根据本发明又一实施例的展示上行波长选择和下行波长选择的图700。x轴表示恒定单位的波长，y轴表示恒定单位的色散。第一信道的典型LAN WDM λ_u 可为1295.56±2nm，第四信道的典型LAN WDM λ_d 可为1309.14nm±2nm。在这种情况下，最坏的时延差为

$$[0112] \quad (TD_U - TD_D) = 20 \cdot 0.089 \cdot [(1,311.14 - 1,322)^2 - (1,293.56 - 1,322)^2] / 2$$

$$[0113] \quad = -0.615\text{ns}$$

[0114] 如此，定时偏差 (timing offset, T0) 的计算误差约为±0.31ns，小于TE最大值12.5ns的2.5%。

[0115] 图8为根据本发明又一实施例的展示上行波长和下行波长选择的图800。x轴表示恒定单位的波长，y轴表示恒定单位的色散。第一信道的典型LAN WDM λ_u 可为1295.56±2nm，第一信道的典型LAN WDM λ_d 也可为1295.56nm±2nm。在这种情况下，最坏的时延差为

$$[0116] \quad (TD_U - TD_D) = 20 \cdot 0.089 \cdot [(1,293.56 - 1,322)^2 - (1,297.56 - 1,322)^2] / 2$$

$$[0117] \quad = \pm 0.188\text{ns}$$

[0118] 如此，T0的计算误差约为±0.1ns，小于TE最大值12.5ns的1%。

[0119] 由于 λ_u 与 λ_d 相同，所以BBU 105和RRU 120处的OC可将下行消息与上行消息分开。 λ_u 和 λ_d 可位于以 λ_0 为中心的波段中。当该波段的带宽足够小时，由于存在时延差，TE可满足TE要求。

[0120] 图9为根据本发明一实施例的PON 900的示意图。PON 900实施图500、600、700所示的波长选择。PON 900包括OLT 110、分光器115和ONU 125-155。OLT 110包括发射器910、WDM 920和接收器930。ONU 125包括WDM 940、接收器950和发射器960。ONU 155包括WDM 970、接收器980和发射器990。OLT 110对数据包进行标记并通过TDM将数据包下行传输到ONU 125-155。然后，ONU 125-155对数据包进行滤波。ONU 125-155使用TDMA向OLT 110传输数据包以避免冲突。下行数据包和上行数据包使用不同的波长。

[0121] 图10为根据本发明另一实施例的PON 1000的示意图。PON 1000实施图800所示的波长选择。PON 1000与图9中的PON 900类似。具体而言，PON 1000包括OLT 110、分光器115和ONU 125-155。OLT 110包括发射器1010和接收器1030，ONU 125包括接收器1050和发射器1060，ONU 155包括接收器1080和发射器1090。然而，与图9中分别包括WDM 920、940、970的OLT 110和ONU 125-155不同，图10中的OLT 110和ONU 125-155分别包括OC 1020、1040、1070。OC 1020、1040、1070使下行数据包和上行数据包能够使用相同的波长。

[0122] 图11为根据本发明一实施例的示出同步和通信方法1100的流程图。BBU 105执行

方法1100。在步骤1110处,确定 L 、 S_0 和 λ_0 。例如,BBU 105如上所述确定 L 、 S_0 和 λ_0 。在步骤1120处,以一种减少或最小化 TD_U-TD_D 的方式来选择 λ_d 和 λ_u 。例如,BBU 105如结合图4至图8所述来选择 λ_d 和 λ_u 。或者,以一种减少 TD_U-TD_D 的方式来选择 λ_d 和 λ_u 。在步骤1130处,分配 λ_d 和 λ_u 。例如,BBU 105将 λ_d 分配给BBU 105,将 λ_u 分配给RRU 120。在步骤1140处,计算 TD_U-TD_D 。或者,由于在步骤1120中, λ_d 和 λ_u 以一种减少或最小化 TD_U-TD_D 的方式来选择,所以可假设 TD_U-TD_D 为零或可忽略。

[0123] 在步骤1150处,交换同步消息。例如,BBU 105与RRU 120如图3中的消息序列图300所示交换消息。通过执行步骤1150,BBU 105确定了 T_1' 、 T_1 、 T_2 和 T_2' 。在步骤1160处,使用 T_1' 、 T_1 、 T_2 、 T_2' 和 TD_U-TD_D 计算 T_0 。例如,BBU 105使用等式(3)来计算 T_0 。或者,如果假设 TD_U-TD_D 为零或可忽略,则使用 T_1' 、 T_1 、 T_2 、 T_2' 来计算 T_0 。在步骤1170处,完成同步。例如,在已知定时偏差(timing offset, T_0)的情况下,BBU 105指示RRU 120调整其时钟。最后,在步骤1180处,交换其它控制消息或数据消息。

[0124] 虽然描述为由BBU 105执行方法1100,但是C-RAN 100的操作者、C-RAN 100中的另一设备,例如OLT 110,或者另一实体均可执行方法1100中的部分或所有步骤。例如,操作者可确定并分配 λ_d 和 λ_u ,操作者可指示BBU 105实施分配。虽然结合图4至图8给出了 λ_d 和 λ_u 的特定值,但是操作者可使用等式(4)等通过一种减少或最小化 TD_U-TD_D 的方式来确定 λ_d 和 λ_u 。

[0125] 图12为根据本发明一实施例的示出同步方法1200的流程图。BBU 105执行方法1200。在步骤1210处,生成第一同步消息。例如,BBU 105生成图3中消息序列图300中的第一同步消息。在步骤1220处,以第一波长传输第一同步消息。例如,BBU 105以波长 λ_d 向RRU 120传输第一同步消息。

[0126] 在步骤1230处,响应于第一同步消息,以第二波长接收第二同步消息。例如,BBU 105以波长 λ_u 接收第二同步消息。第一波长和第二波长基于第二同步消息与第一同步消息之间的时延差的减少,例如根据等式(4)来减少或最小化时延差。

[0127] 最后,在步骤1240处,基于减少来计算 T_0 。例如,BBU 105使用在步骤1220处确定的第一波长、在步骤1230处确定的第二波长以及等式(3)来计算定时偏差(timing offset, T_0)。虽然描述为由BBU 105执行方法1200,但是C-RAN 100的操作者、C-RAN 100中的另一设备,例如OLT 110,或者另一实体均可执行方法1200中的部分或所有步骤。

[0128] 图13为根据本发明另一实施例的示出同步方法1300的流程图。BBU 105执行方法1300。在步骤1310处,选择上行波长和下行波长,以便减少上行延时与下行延时之间的时延差。例如,BBU 105选择 λ_u 和 λ_d ,以便根据等式(4)减少时延差。上行延时与诸如从RRU 120到BBU 105等从第一装置到第二装置的传输相关;下行延时与诸如从BBU 105到RRU 120等从第二装置到第一装置的传输相关。

[0129] 在步骤1320处,将上行波长分配给第一装置。例如,BBU 105将 λ_u 分配给RRU 120以进行从RRU 120到BBU 105的上行传输。最后,在步骤1330处,将下行波长分配给第二装置。例如,BBU 105将 λ_d 分配给自身以进行从BBU 105到RRU 120的下行传输。虽然描述为由BBU 105执行方法1300,但是C-RAN 100的操作者、C-RAN 100中的另一设备,例如OLT 110,或者另一实体均可执行方法1300中的部分或所有步骤。

[0130] 图14为根据本发明一实施例的装置1400的示意图。装置1400可实施所公开的实施例。装置1400包括:入端口1410;耦合到入端口1410的RX 1420,用于接收数据;耦合到RX

1420的处理器、逻辑单元或CPU 1430,用于处理数据;耦合到处理器1430的TX 1440、耦合到TX 1440的出端口1450,用于传输数据;以及耦合到处理器1430的存储器1460,用于存储数据。装置1400还可包括OE组件和EO组件,它们耦合到用于光信号或电信号的出入的入端口1410、RX 1420、TX 1440和出端口1450。

[0131] 处理器1430是硬件、中间件、固件或软件的任意合适组合。处理器1430包括一个或多个CPU芯片、内核、FPGA、ASIC或DSP的任意组合。处理器1430与入端口1410、RX 1420、TX 1440、出端口1450和存储器1460通信。处理器1430包括同步组件1470,其实施所公开的实施例。处理器1430还包括时钟1480,其记录装置1400的本地时间。因此,包括同步组件1470和时钟1480明显改进了装置1400的功能并使得装置1400的状态发生转变。或者,存储器1460将同步组件1470和时钟1480作为指令存储,处理器1430执行这些指令。

[0132] 存储器1460包括一个或多个磁盘、磁带驱动器或固态硬盘的任意组合。装置1400可使用存储器1460作为溢出数据存储组件,用于在装置1400选择程序执行时存储这些程序,并存储装置1400在这些程序的执行期间读取的指令和数据。存储器1460可以是易失性的或非易失性的,并且可以是ROM、RAM、TCAM或SRAM的任意组合。

[0133] 在一个示例实施例中,装置1400包括:第一同步消息生成模块,其生成第一同步消息;传输模块,其以第一波长传输第一同步消息;接收模块,其响应于第一同步消息,以第二波长接收第二同步消息,第一波长和第二波长基于第二同步消息与第一同步消息之间的时延差的减少;以及定时偏差模块,其基于减少来计算定时偏差(timing offset, T0)。在一些实施例中,装置1400可包括其它或额外的模块,用于执行实施例中所描述的任一步骤或步骤的组合。此外,本方法的任一额外或替代性实施例或方面,如任一附图所示或任一权利要求中所陈述,预计也包括类似的模块。

[0134] 在一个示例实施例中,装置1400包括:波长选择模块,其选择上行波长和下行波长,以便减少上行延时与下行延时之间的时延差,上行延时与从第一装置到第二装置的传输相关,下行延时与从第二装置到第一装置的传输相关;上行波长分配模块,其将上行波长分配给第一装置;以及下行波长分配模块,其将下行波长分配给第二装置。在一些实施例中,装置1400可包括其它或额外的模块,用于执行实施例中所描述的任一步骤或步骤的组合。此外,本方法的任一额外或替代性实施例或方面,如任一附图所示或任一权利要求中所陈述,预计也包括类似的模块。

[0135] 第一装置包括:处理元件,用于生成第一同步消息;传输元件,其耦合到处理元件并用于以第一波长向第二装置传输第一同步消息;以及接收元件,其耦合到处理元件并用于:响应于第一同步消息,以第二波长从第二装置接收第二同步消息,第一波长和第二波长基于第二同步消息与第一同步消息之间的时延差的减少,并且处理元件还用于基于减少来计算第一装置与第二装置之间的定时偏差(timing offset, T0)。

[0136] 除非另有说明,否则术语“约”、“近似”以及它们的派生词是指包括随后数字的±10%的范围。虽然本发明多个具体实施例,但应当理解,所公开的系统和方法也可通过其它多种具体形式体现,而不会脱离本发明的精神或范围。本发明的实例应被视为说明性而非限制性的,且本发明并不限于本文中所给出的细节。例如,各种元件或组件可以在另一系统中组合或整合,或者某些特征可以省略或不实施。

[0137] 此外,在不脱离本发明的范围的情况下,各种实施例中描述和说明为离散或单独

的技术、系统、子系统和方法可以与其它系统、组件、技术或方法进行组合或合并。展示或论述为彼此耦合或直接耦合或通信的其它项也可以采用电方式、机械方式或其它方式经由某一接口、设备或中间组件间接地耦合或通信。其它变更、替换、更替示例对本领域技术人员而言是显而易见的,均不脱离此处公开的精神和范围。

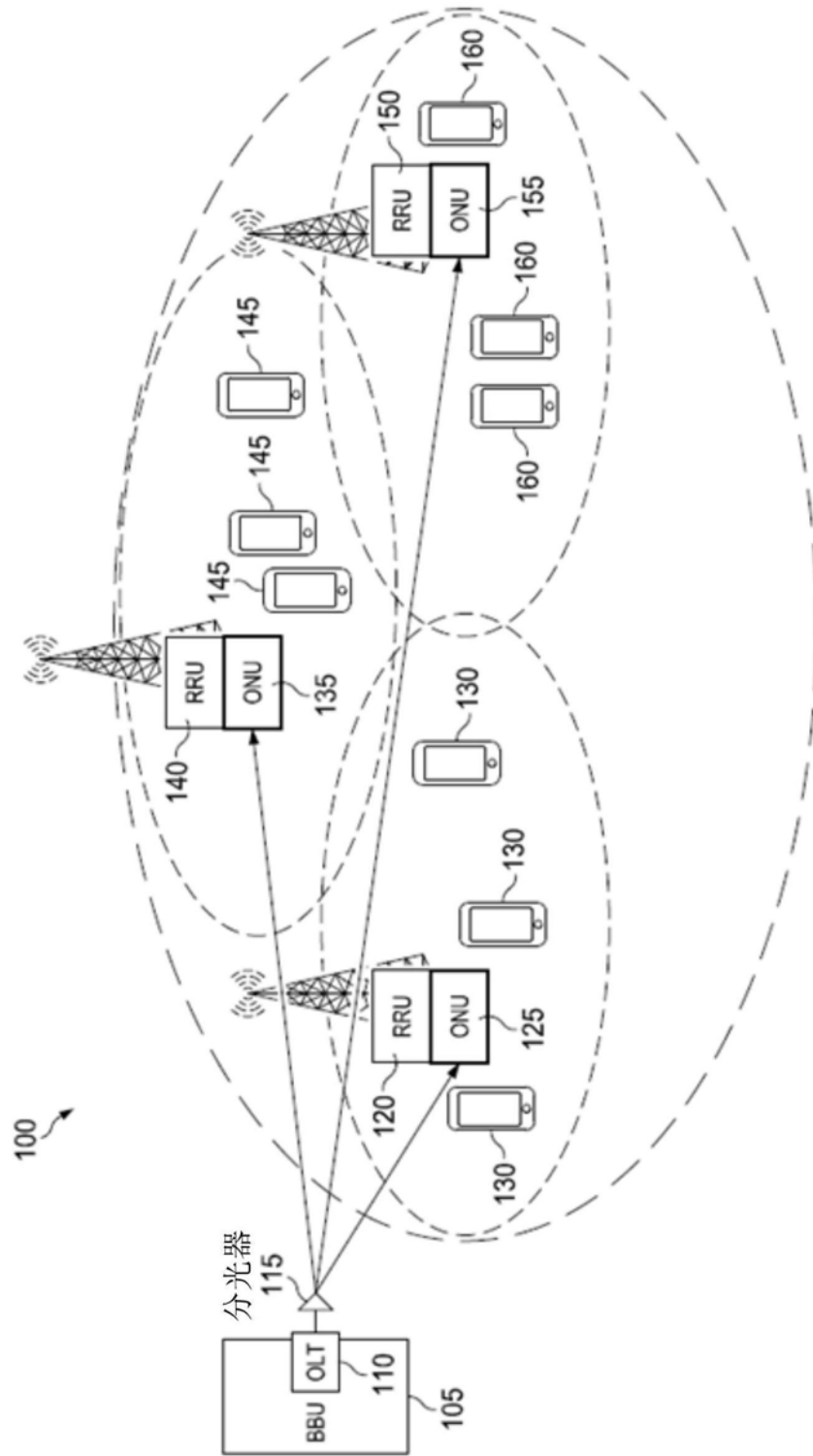


图1

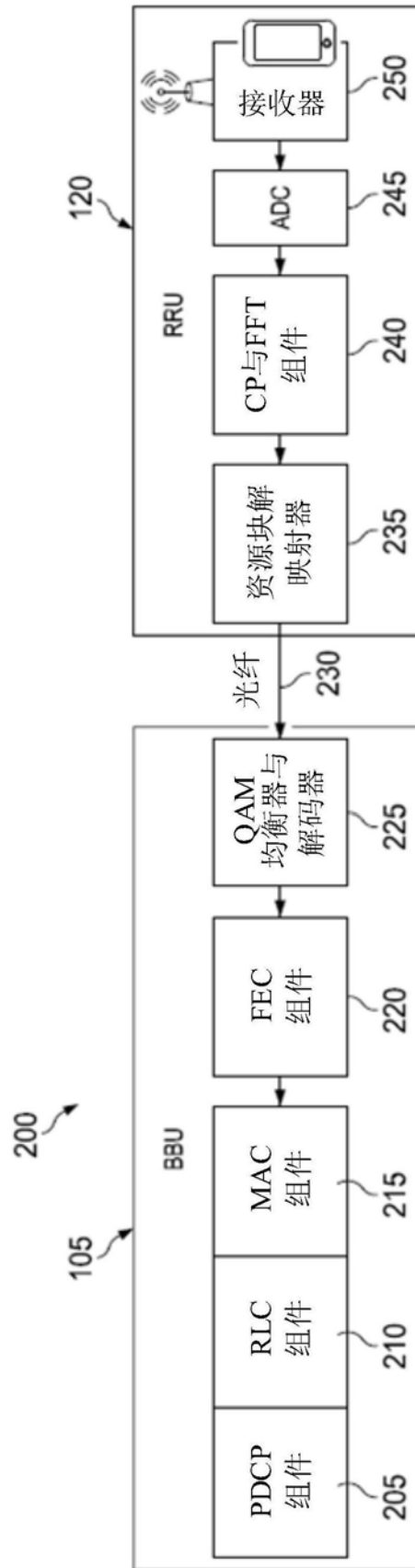


图2

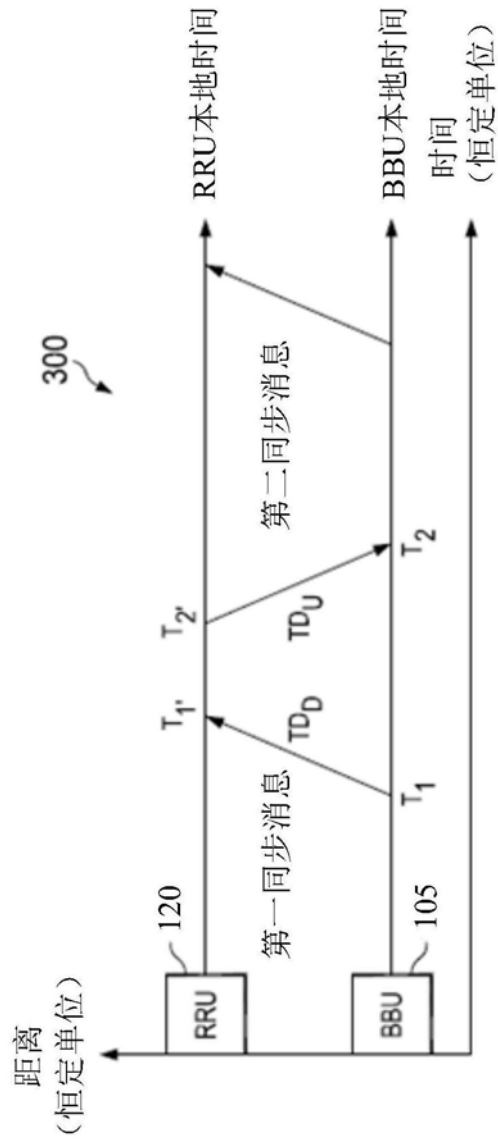


图3

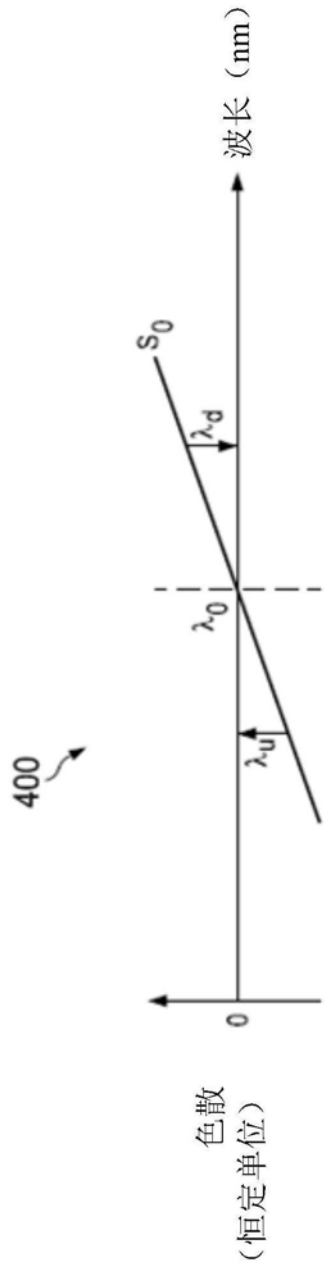


图4

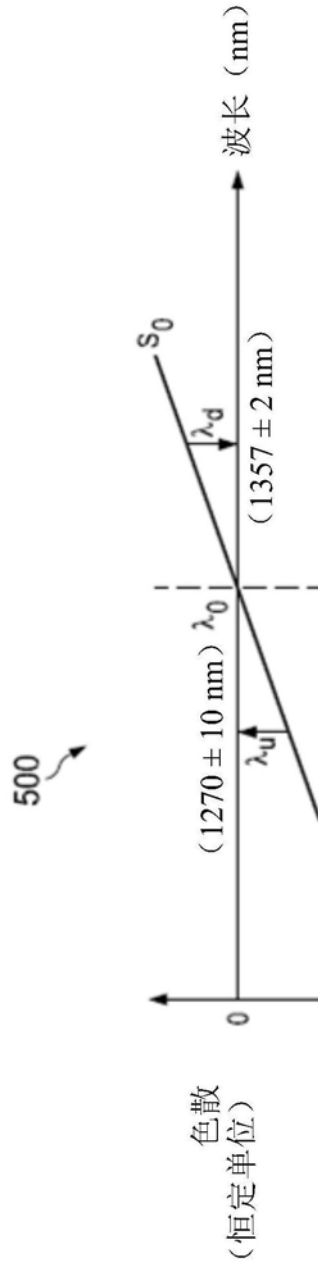


图5

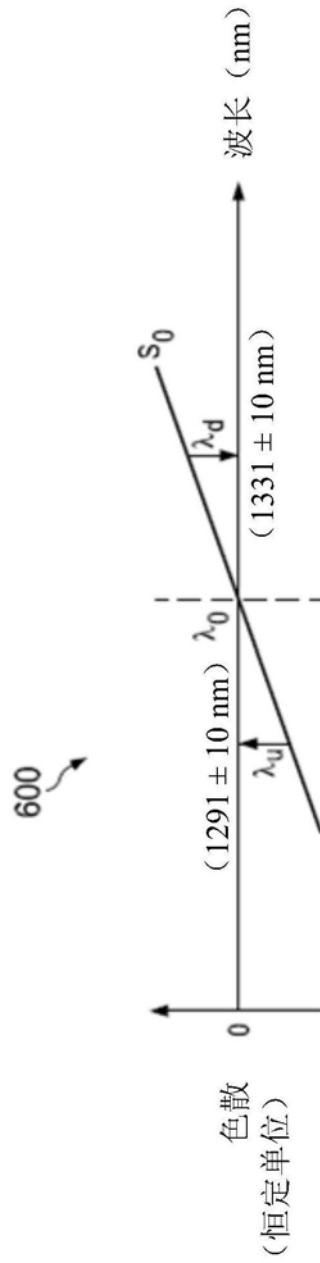


图6

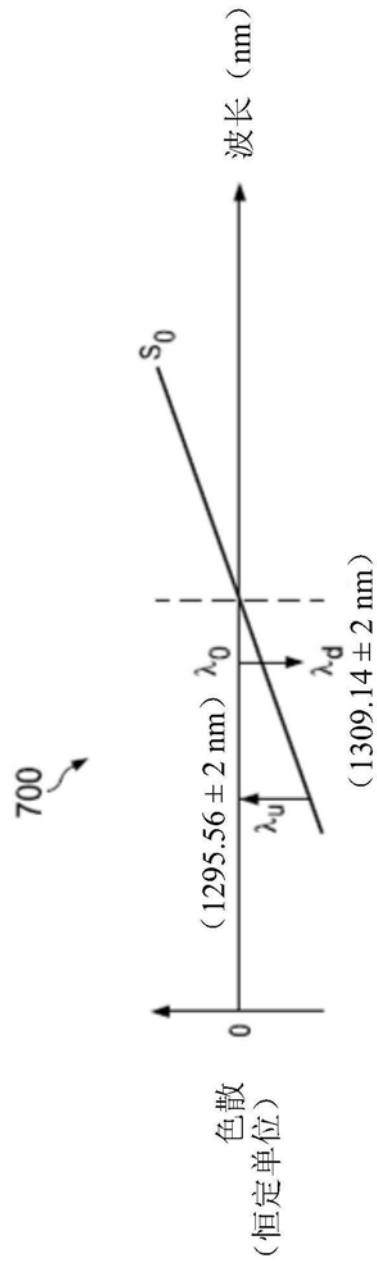


图7

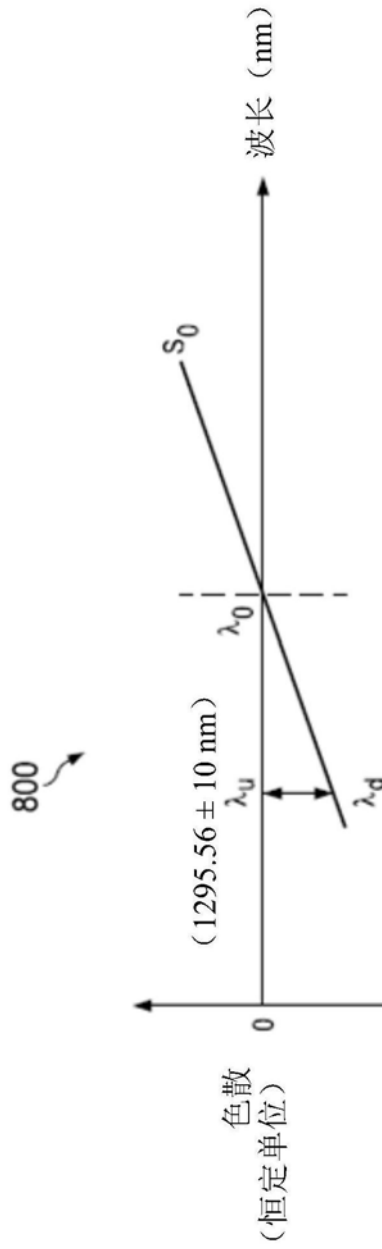


图8

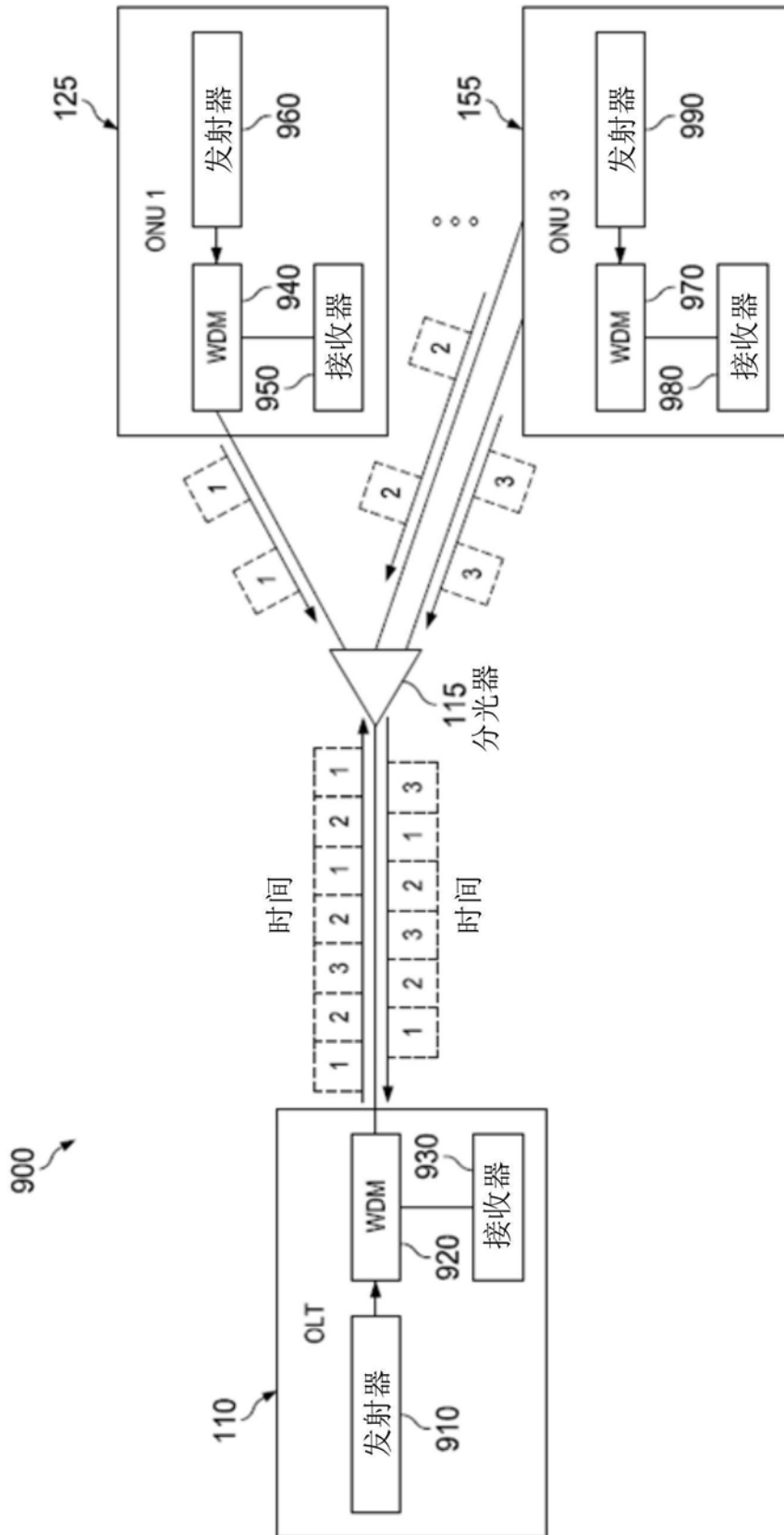


图9

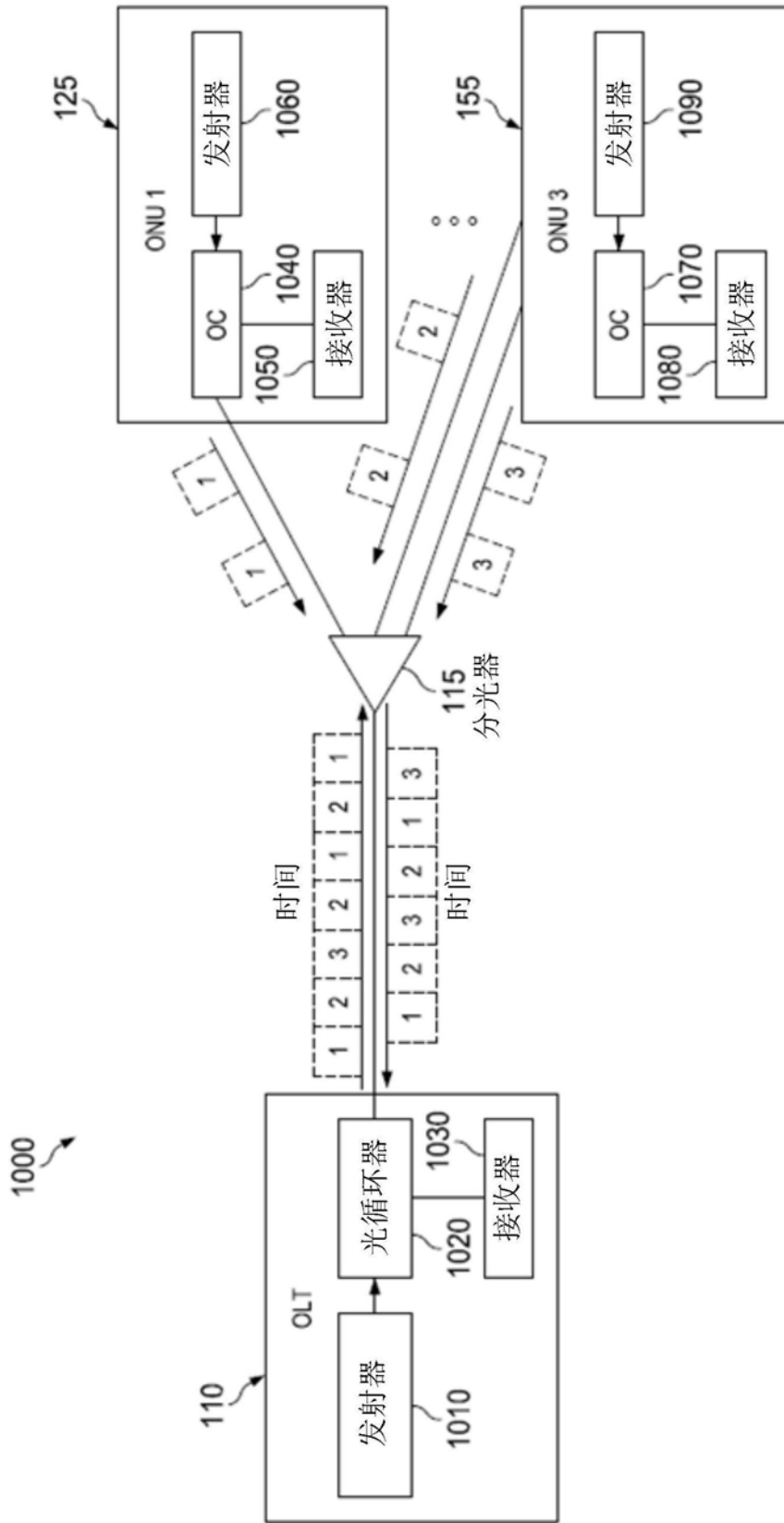


图10

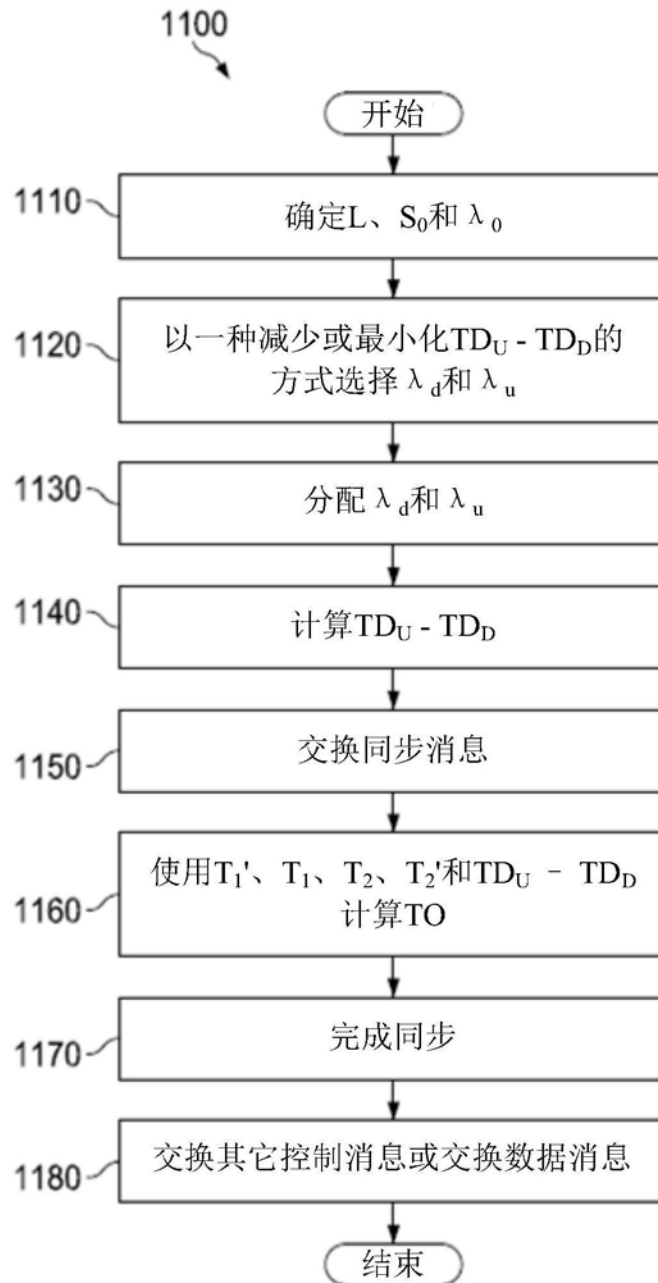


图11

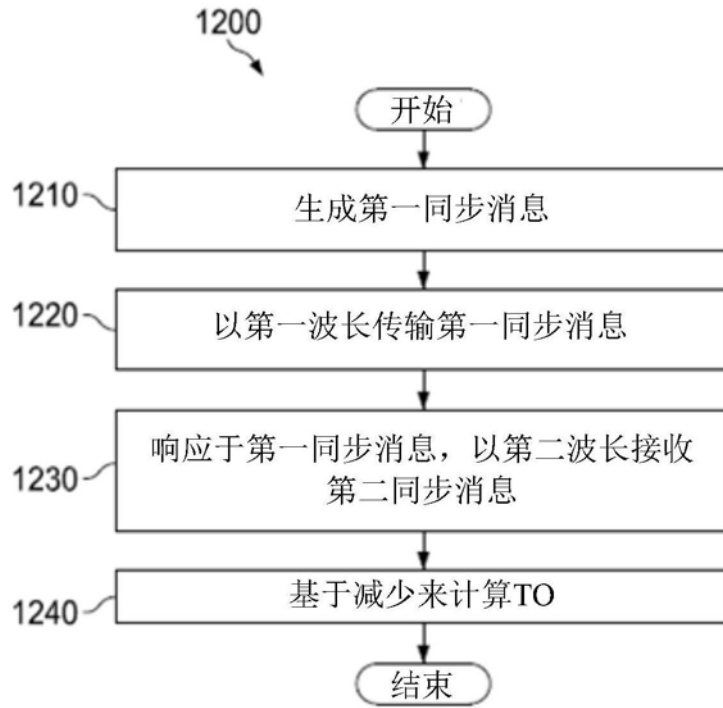


图12

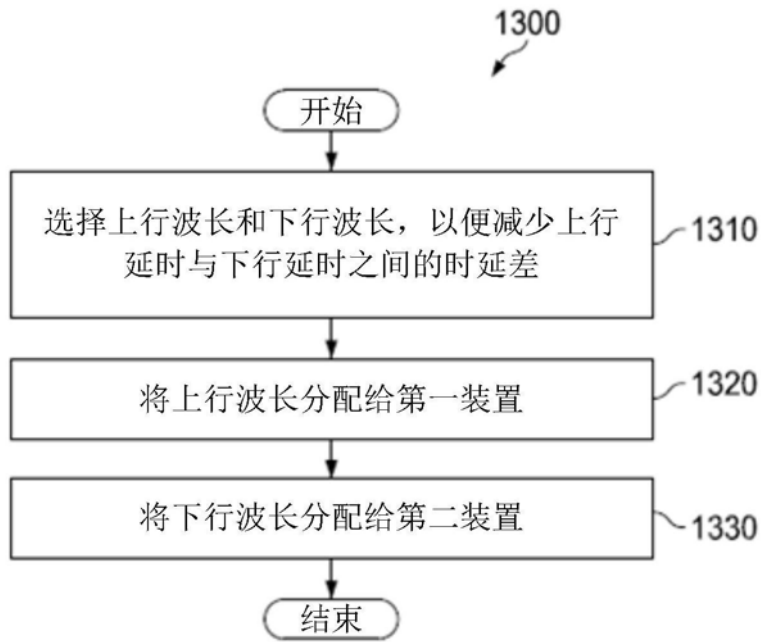


图13

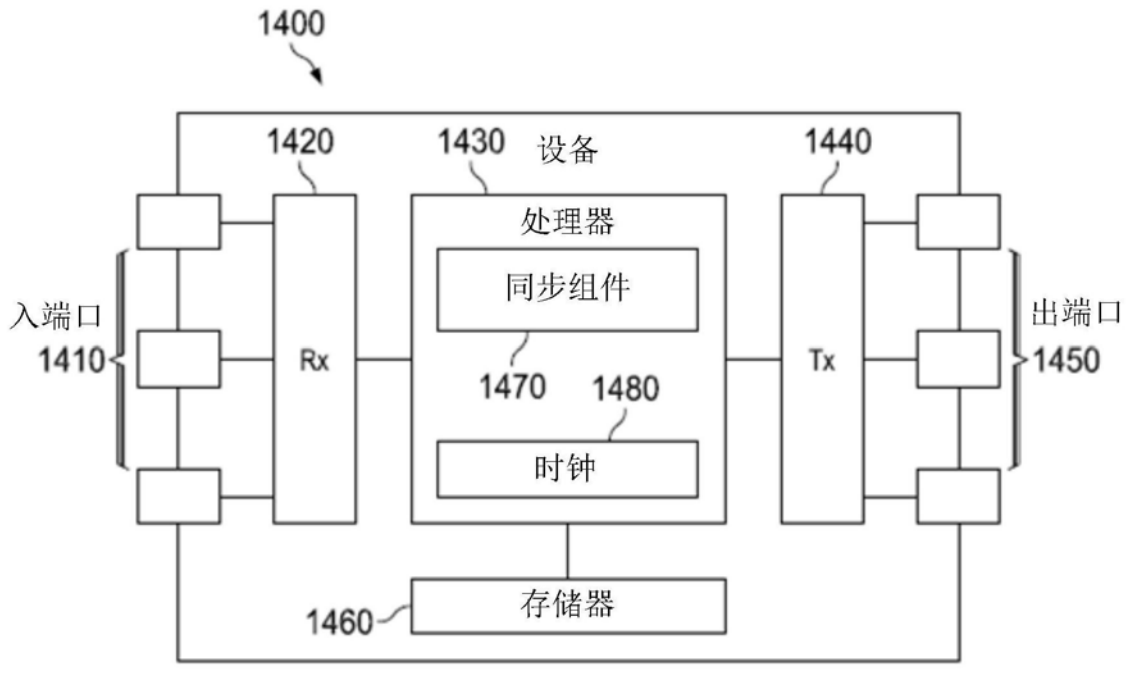


图14