



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104521163 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 15

(21) 申请号 201380028748. 6

代理人 徐子红 张懿

(22) 申请日 2013. 05. 08

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H04J 14/02(2006. 01)

13/484115 2012. 05. 30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 11. 28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2013/053722 2013. 05. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/179161 EN 2013. 12. 05

(71) 申请人 瑞典爱立信有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

(72) 发明人 S·达尔富特 夏鸣

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

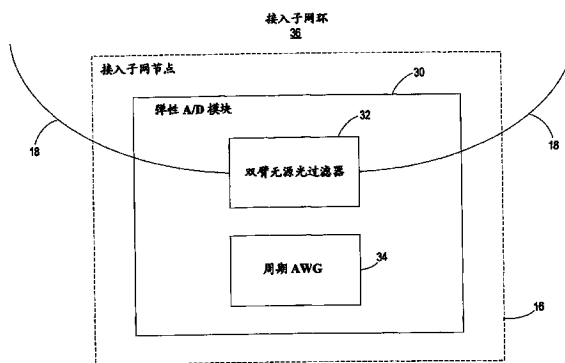
权利要求书2页 说明书10页 附图15页

(54) 发明名称

接入子网环中的弹性

(57) 摘要

本文实施例包括供形成接入子网环的多个接入子网节点中的一个接入子网节点中使用的弹性分插模块。模块包括双臂无源光过滤器和周期阵列波导光栅(AWG)。双臂无源光过滤器配置成弹性地从来自接入子网环的任一臂分出唯一分配给接入子网节点的固定频带内的任何波长通道,并且弹性地将固定频带内的任何波长通道插入到接入子网环的两臂。周期AWG对应地配置成分用由双臂过滤器分出的波长通道,并且复用要由双臂过滤器插入的波长通道。在至少在一些实施例中,以这种方式配置的模块有利地降低光网络中节点的复杂性和伴随的成本,同时还提供针对光纤和节点故障的弹性。



1. 一种供形成接入子网环 (36) 的多个接入子网节点 (16) 中的一个接入子网节点 (16) 使用的弹性分插模块 (30), 包括:

双臂无源光过滤器 (32), 配置成弹性地从所述接入子网环 (36) 的任一臂分出唯一分配给所述接入子网节点 (16) 的固定频带内的任何波长通道, 以及弹性地将所述固定频带内的任何波长通道插入到所述接入子网环 (36) 的两臂; 以及

周期阵列波导光栅 AWG (34), 配置成分用由所述双臂过滤器 (32) 分出的波长通道并且复用要由所述双臂过滤器 (32) 插入的波长通道。

2. 如权利要求 1 所述的模块, 其中, 所述双臂过滤器 (32) 包括 4 端口带通过滤器, 所述 4 端口带通过滤器具有连接到所述接入子网环 (36) 的不同臂的两个端口以及经由零个或多个无源定向耦合器 (98) 连接到所述周期 AWG (34) 的两个端口。

3. 如权利要求 2 所述的模块, 其中, 所述 4 端口带通过滤器包括薄膜过滤器 (40) 的每侧上的双光纤准直仪 (38)。

4. 如权利要求 2 所述的模块, 其中, 所述 4 端口带通过滤器包括两个 3 端口带通过滤器 (50), 其中, 每个 3 端口带通过滤器 (50) 包括薄膜过滤器 (54) 的一侧上的双光纤准直仪 (52) 以及所述薄膜过滤器 (54) 的另一侧上的单光纤准直仪 (56), 并且其中, 所述两个 3 端口带通过滤器 (50) 的所述单光纤准直仪 (56) 连接在一起。

5. 如权利要求 1-4 中任一项所述的模块, 其中, 在形成所述接入子网环 (36) 的所述多个接入子网节点 (16) 中, 所述周期 AWG (34) 是共同的。

6. 如权利要求 1-5 中任一项所述的模块, 其中, 所述周期 AWG (34) 具有两个复用端口, 并且其中, 所述双臂过滤器 (32) 配置成:

将来自所述接入子网环 (36) 的不同臂的波长通道分出至所述周期 AWG (34) 的不同复用端口; 并且

将来自所述周期 AWG (34) 的不同复用端口的波长通道插入到所述接入子网环 (36) 的不同臂。

7. 如权利要求 6 所述的模块, 其中, 所述周期 AWG (34) 具有多个分用端口, 并且其中, 所述周期 AWG (34) 将所述复用端口中的第一复用端口处的波长通道映射到所述分用端口与它将所述复用端口中的第二复用端口处的波长通道映射到所述分用端口不同。

8. 如权利要求 7 所述的模块, 还包括连接到分用端口的一个或多个相应对的一个或多个无源定向耦合器 (70、72、78、84), 其中, 所述周期 AWG (34) 将不同复用端口处的相同波长通道映射到任何给定对中的不同分用端口。

9. 如权利要求 8 所述的模块, 其中, 每个无源定向耦合器 (70、72、78、84) 具有连接到所述分用端口对的两个端口以及分别连接到客户节点 (20) 的传送器和接收器的两个端口。

10. 如权利要求 7 所述的模块, 其中, 对于所述复用端口中的每个复用端口, 所述周期 AWG (34) 将所述复用端口处的多个波长通道的不同子集映射到不同分用端口。

11. 如权利要求 1-10 中任一项所述的模块, 其中, 将所述固定频带内的所述波长通道中的至少一个波长通道重用于传送和接收。

12. 一种方法, 所述方法由形成接入子网环 (36) 的多个接入子网节点 (16) 中的一个接入子网节点 (16) 中的弹性分插模块 (30) 来实现, 所述方法包括:

使用双臂无源光过滤器 (32) 弹性地从所述接入子网环 (36) 的任一臂分出唯一分配给

所述接入子网节点 (16) 的固定频带内的任何波长通道；

使用周期阵列波导光栅 AWG(34) 分用所分出的波长通道；

使用所述周期 AWG(34) 复用要插入的固定频带内的任何波长通道；以及

使用所述双臂无源光过滤器 (32) 弹性地将复用的波长通道插入到所述接入子网环 (36) 的双臂。

13. 如权利要求 12 所述的方法, 其中, 所述双臂过滤器 (32) 包括 4 端口带通过滤器, 并且其中, 所述分出包括: 在所述 4 端口带通过滤器的两个不同端口处从所述接入子网环 (36) 的不同臂接收波长通道, 并且经由零个或多个无源定向耦合器 (98) 在连接到所述周期 AWG(34) 的两个不同端口处输出那些接收的波长通道。

14. 如权利要求 13 所述的方法, 其中, 所述 4 端口带通过滤器包括在薄膜过滤器 (40) 的每侧上的双光纤准直仪 (38)。

15. 如权利要求 13 所述的方法, 其中, 所述 4 端口带通过滤器包括两个 3 端口带通过滤器 (50), 其中, 每个 3 端口带通过滤器 (50) 包括薄膜过滤器 (54) 的一侧上的双光纤准直仪 (52) 以及所述薄膜过滤器 (54) 的另一侧上的单光纤准直仪 (56), 并且其中, 所述两个 3 端口带通过滤器 (50) 的所述单光纤准直仪 (56) 连接在一起。

16. 如权利要求 11-14 中任一项所述的方法, 其中, 在形成所述接入子网环 (36) 的所述多个接入子网节点 (16) 中, 所述周期 AWG(34) 是共同的。

17. 如权利要求 11-16 中任一项所述的方法, 其中, 所述周期 AWG(34) 具有两个复用端口, 并且其中, 所述方法包括:

将来自所述接入子网环 (36) 的不同臂的波长通道分出至所述周期 AWG(34) 的不同复用端口; 并且

将来自所述周期 AGW(34) 的不同复用端口的波长通道插入到所述接入子网环 (36) 的不同臂。

18. 如权利要求 17 所述的方法, 其中, 所述周期 AWG(34) 具有多个分用端口, 并且其中, 所述分用和复用包括: 将所述复用端口中的第一复用端口处的波长通道映射到所述分用端口与将所述复用端口中的第二复用端口处的波长通道映射到所述分用端口不同。

19. 如权利要求 18 所述的方法, 还包括使用一个或多个无源定向耦合器 (70、72、78、84) 连接分用端口的一个或多个相应对, 并且其中, 所述分用和复用包括: 将不同复用端口处的相同波长通道映射到任何给定对中的不同分用端口。

20. 如权利要求 19 所述的方法, 其中, 所述连接包括将任何给定无源定向耦合器 (70、72、78、84) 的两个端口连接到分用端口的关联对, 并且将所述无源定向耦合器 (70、72、78、84) 的另外两个端口分别连接到客户节点 (20) 的传送器和接收器。

21. 如权利要求 18 所述的方法, 其中, 所述分用和复用包括: 对于所述复用端口中的每个复用端口, 将所述复用端口处的多个波长通道的不同子集映射到不同分用端口。

22. 如权利要求 11-21 中任一项所述的方法, 还包括将所述固定频带内的所述波长通道中的至少一个波长通道重用于传送和接收。

## 接入子网环中的弹性

### 技术领域

[0001] 本发明一般涉及接入子网环,并且具体涉及供在形成这样的环的多个接入子网节点中的一个接入子网节点中使用的弹性分插模块,以及由所述弹性分插模块执行的方法。

### 背景技术

[0002] 增加光传输网络能够路由波长通道的灵活性已经在传统上增加了网络的效率。可重配置的光分/插复用器(ROADM)和迷你ROADM已通过在网络中的任何节点使波长通道能够选择性地被插入或分出大大促进这种增加的路由灵活性。但是,ROADM采用相当复杂和昂贵的组件来提供这种灵活的路由能力连同针对光纤和节点故障的弹性,意味着在一些上下文中ROADM证明是成本过高的。

[0003] 这样的一个上下文涉及以会聚方式有效传输多个服务的业务的网络。会聚的网络不采用不同网络来并行传输这些不同服务(例如,移动、商业和住宅服务),而是使用相同网络来一起传输那些服务。通过在不同波长通道上传输那些服务来对不同服务进行光会聚的传输网络将是有利的,但是由于各种原因,迄今已经由于必要硬件组件(例如,ROADM和迷你ROADM)的高成本而被排除。

[0004] 因此,已知传输网络改为使用分组聚合来会聚不同服务。虽然当前分组聚合对于会聚的传输要求较少硬件费用,但是该费用将不与近期所预期的业务的显著增长相等地成比例。此外,虽然分组聚合在许多方面满足实现会聚,但是在实现中它证实效率低下。实际上,为了适应与不同服务关联的不同分组要求,在分组级别会聚多个服务涉及显著的复杂性。

### 发明内容

[0005] 与已知网络相比,本文中的实施例有利地降低光网络中的节点的复杂性和伴随的成本,同时还提供针对光纤和节点故障的弹性。通过弹性和降低的复杂性,实施例证实特别有利于将多个服务的业务进行光会聚。

[0006] 更具体地说,本文中的实施例包括供形成接入子网环的多个接入子网节点中的任何一个接入子网节点中使用的弹性分插模块。弹性分插模块包括双臂无源光过滤器和周期阵列波导光栅(AWG)。双臂无源光过滤器配置成弹性地从接入子网环的任一臂分出唯一分配给接入网环节点的固定频带内的任何波长通道。双臂过滤器还配置成弹性地将固定频带内的任何波长通道插入到接入子网环的两臂。通过以该方式配置的双臂过滤器,周期AWG配置成分用(demultiplex)由双臂过滤器分出的波长通道,并且复用要由双臂过滤器插入的波长通道。

[0007] 针对波长通道的固定频带,双臂过滤器的无源特性有利地降低接入子网节点的成本和复杂性。并且,AWG的周期特性有利地防止AWG增加模块变型的所要求的数量。同时,过滤器的双臂特性有利地提供针对环中的光纤和节点的故障的1+1的弹性。

[0008] 在一些实施例中,双臂过滤器包括4端口带通滤波器。在一个实施例中,例如,过

滤波器包括薄膜过滤器每侧上的双光纤准直仪。在另一个实施例中,过滤器包括两个 3 端口带通过滤器,其中每个 3 端口过滤器包括薄膜过滤器一侧上的双光纤准直仪以及薄膜过滤器另一侧上的单光纤准直仪。

[0009] 在一些实施例中,周期 AWG 具有两个复用端口,其中不同复用端口与接入子网环的不同臂关联。在这种情况下,双臂过滤器配置成将来自接入子网环的不同臂的波长通道分出至周期 AWG 的不同复用端口,并且将来自周期 AGW 的不同复用端口的波长通道插入到接入子网环的不同臂。

[0010] 另外,在至少一些实施例中,周期 AWG 具有多个分用端口,其中周期 AWG 将所述复用端口的第一复用端口处的波长通道映射到分用端口与它将所述复用端口的第二复用端口处的波长通道映射到分用端口不同。在一些这样的实施例中,分用端口的不同对与不同的波长通道对应。

[0011] 因此,在一些实施例中,弹性分插模块还包括连接到分用端口的一个或多个相对应的一个或多个无源定向耦合器,其中周期 AWG 将不同复用端口处的相同波长通道映射到任何给定对中的不同分用端口。在一个实施例中,例如,每个无源定向耦合器具有连接到分用端口的相对应的两个端口以及分别连接到客户节点的传送器和接收器的两个端口。

[0012] 本文实施例还包括一种方法,所述方法由形成接入子网环的多个接入子网节点中的一个接入子网节点中的弹性分插模块实现。方法包括:使用双臂无源光过滤器弹性地从接入子网环的任一臂分出唯一分配给接入子网节点的固定频带内的任何波长通道。方法还包括:使用周期 AWG 分用所分出的波长通道,并且使用周期 AWG 复用要插入的固定频带内的任何波长通道。最后,方法要求使用双臂无源光过滤器弹性地将复用的波长通道插入到接入子网环的两臂。

[0013] 当然,本发明不限于上面的特征和优点。实际上,本领域的技术人员在阅读下面的详细说明书并且参照附图时将认识到附加的特征和优点。

## 附图说明

[0014] 图 1 是根据一个或多个实施例用于包括接入子网的光传输网络的一般分层架构的框图。

[0015] 图 2 是根据一个或多个实施例供形成接入子网环的多个接入子网节点中的一个接入子网节点中使用的弹性分插模块的框图。

[0016] 图 3 是根据一个或多个实施例的双臂无源光过滤器的框图。

[0017] 图 4 是根据一个或多个其它实施例的双臂无源光过滤器的框图。

[0018] 图 5 是根据一个或多个实施例的弹性分插模块的框图,其中双臂无源光过滤器是 4 端口带通过滤器,并且周期 AWG 具有两个复用端口。

[0019] 图 6 是示出根据一个或多个实施例的周期 AWG 的复用端口和分用端口之间的映射的简单示例。

[0020] 图 7 是根据一个或多个实施例的包括一个或多个无源定向耦合器的弹性分插模块的框图。

[0021] 图 8 是根据一个或多个实施例的包括一个或多个无源定向耦合器并且采用波长再利用的弹性分插模块的框图。

[0022] 图 9 是根据一个或多个实施例的排除一个或多个无源定向耦合器的弹性分插模块的框图。

[0023] 图 10 是结合客户节点的波长可调传送器和 / 或接收器为弹性而配置的弹性分插模块的框图。

[0024] 图 11 是根据一个或多个实施例的包括具有一个复用端口的周期 AWG 和将该复用端口连接到 4 端口带通过滤器的无源定向耦合器的弹性分插模块的框图。

[0025] 图 12 示出根据一个或多个实施例的用于接入网的波长方案的一个示例。

[0026] 图 13 示出根据一个或多个实施例的配置成将特定波长通道引导 (steer) 到特定接入子网节点的城域网中心局和接入网的示例。

[0027] 图 14 示出包括使用不能在接入网的接入子网环中使用的波长通道的一个或多个总线和环的接入网的示例。

[0028] 图 15 示出根据一个或多个其它实施例的用于接入网的波长方案的示例。

[0029] 图 16 是根据一个或多个实施例的由弹性分插模块执行的处理的逻辑流程图。

### 具体实施方式

[0030] 图 1 示出用于配置成使用不同波长通道来传输波分复用 (WDM) 业务的光传输网络的一般分层架构 10。所示的最低层 (层 1) 是包括多个接入子网 14-1、14-2、... 14-K 的接入网 12。每个接入子网 14-K 由经由光纤 18 所互连的多个接入子网节点 16 形成。如用于接入子网 14-1 和 14-2 所示, 当接入子网 14 的节点 16 以环形结构互连时, 接入子网 14 称作接入子网环。在这点上, 接入子网环提供针对接入子网节点 16 的故障和光纤 18 的故障的弹性。当然, 接入子网 14 的节点 16 也可以以包括树形结构 (如用于接入子网 14-K 所示)、总线结构、网状结构或其任何组合的其它结构互连。

[0031] 一般而言, 每个接入子网节点 16 连接到一个或多个客户节点 20, 例如, 远程无线电单元、基站或采用常规的两光纤光模块 (SFP、XFP 等) 的其它节点。连接到一个或多个客户节点 20 的接入子网节点 16 聚合那些客户节点 20 在其上传送上行链路业务的波长通道, 并且将聚合的波长通道安置 (即, 插入) 到它形成的接入子网 14 上。类似地, 接入子网节点 16 从接入子网 14 分出波长通道, 在所述波长通道上, 下行链路业务被传送到那些客户节点 20。

[0032] 接入网 12 进而连接到更高层的网络; 也就是, 在层 2 的城域网 22。城域网 22 由多个互连的中心局 (CO) 24 形成, 并且为接入网 12 传输 WDM 业务。在这点上, 每个 CO 24 将来自一个或多个接入子网 14 的波长通道插入到城域网 22, 并且将来自城域网 22 的波长通道分出至一个或多个接入子网 14。以类似方式, 城域网 22 连接到称作区域网 26 的更高层的网络, 所述区域网 26 进而连接到用于区域间传输的远程输送网 28。

[0033] 对于这种分层架构 10 的已知实现方法为每个接入子网节点 16 配置相当量的路由灵活性。例如, 每个接入子网节点 16 包括能够实现针对哪些波长通道将选择性地被插入或分出的灵活性的迷你可重配置的光分插复用器 (迷你 ROADM)。但是, 因为迷你 ROADM 为了成本效益很可能要求集成光子学技术, 所以在一些上下文中已知实现证实成本过高和 / 或操作受限。

[0034] 本文实施例有利地降低接入子网节点 16 的复杂性和伴随的成本, 同时还提供针

对光纤和节点故障的弹性。通过弹性和降低的复杂性,实施例证实有利于更宽范围的应用,诸如对多个服务的业务进行光会聚。

[0035] 更具体地说,图 2 描绘供在形成接入子网环 36 的多个接入子网节点 16 中的任何给定一个接入子网节点 16 中使用的弹性分插模块的一个实施例。弹性分插模块 30 包括双臂无源光过滤器 32 和周期阵列波导光栅 (AWG) 34。双臂无源光过滤器 32 配置成弹性地从接入子网环 36 任一臂分出唯一分配给接入子网节点 16 的固定频带内的任何波长通道。双臂过滤器 32 还配置成将固定频带内的任何波长通道弹性地插入到接入子网环 36 的两臂。通过以这种方式配置的双臂过滤器 32,周期 AWG 34 配置成分用 (demultiplex) 由双臂过滤器 32 分出的波长通道,并且复用 (multiplex) 要由双臂过滤器 32 插入的波长通道。

[0036] 针对波长通道的固定频带的过滤器 32 的无源特性有利地降低接入子网节点 16 的成本和复杂性。实际上,因为过滤器 32 仅仅通过波长通道的固定频带,而不在要通过的波长通道的多个可能频带中主动选择,所以接入子网节点 16 不需要包括用于主动通带选择的电源基础设施。

[0037] 但是,过滤器的无源特性防止过滤器 32 在形成相同的接入子网环 36 的多个节点 16 中使用。这是因为形成环 36 的不同节点 16 被唯一分配了波长通道的不同固定频带。由于不同节点 16 被分配了不同固定频带,那些不同节点 16 使用不同过滤器 32 以通过不同固定频带。

[0038] 在形成接入子网环 36 的节点 16 中的过滤器 32 的唯一性意味着环 36 采用至少与形成环的节点 16 一样多的弹性分插模块 30 的许多变型(例如,8 或 10)。那就是说,AWG 34 的周期特性有利地防止 AWG34 增加到模块变型的这个所要求的数量。一般而言,AWG 34 是周期的意味着它在波长通道的不同频带中起相同作用。更技术上而言, $P \times M$  AWG 34 的自由频谱范围与覆盖  $M$  个连续通道的宽度对应。因为周期 AWG 34 在不同频带中起相同作用,所以形成环 36 的不同节点 16 使用共同的周期 AWG 34,尽管使用唯一的过滤器 32。以这种方式最小化环 36 中要求的模块变型的数量,周期 AGW 34 进而最小化与用于环 36 的库存管理关联的运营成本。

[0039] 同时,过滤器 32 的双臂特性有利地提供针对环 36 中的光纤 18 和节点 16 的故障的 1+1 的弹性。实际上,因为双臂过滤器 32 配置成从环 36 的任何臂分出波长通道,所以过滤器 32 可在其它臂上的光纤 18 或节点 16 故障发生时,在不同的臂上接收那些通道。类似地,因为双臂过滤器 32 配置成将波长通道插入到环 36 的两臂,所以过滤器 32 针对一个臂上的光纤 18 或节点 16 故障预先主动防护以阻止那些通道的传输。

[0040] 在一些实施例中,这种双臂无源光过滤器 32 包括多个级联的分插过滤器,每个滤出特定波长通道。尽管在其它实施例中,双臂过滤器 32 包括带通过滤器。在一些上下文中,这样的带通过滤器证实比多个级联分插过滤器有优势,因为带通过滤器最小化插入损耗并且从而减少穿过环 36 的总的波长损耗。无论如何,在至少一个实施例中,带通过滤器包括 4 端口带通过滤器。4 端口过滤器具有连接到环 36 的不同臂的 2 个端口以及连接到周期 AWG 34 的两个端口(如下文更详细解释的,经由零个或多个无源定向耦合器)。

[0041] 图 3 示出根据一个或多个备选实施例的这种 4 端口带通过滤器。如图 3 中所示,过滤器 32 包括薄膜过滤器 40 的每侧上的双光纤准直仪 38。不同准直仪 38 的不同输入端口 42、44 连接到环 36 的不同臂,而不同准直仪 38 的不同反射端口 46、68 连接到周期 AWG

34。

[0042] 图 4 示出根据一个或多个备选实施例的 4 端口带通过滤器。如图 4 中所示, 过滤器 32 包括两个 3 端口带通过滤器 50。每个 3 端口过滤器 50 包括薄膜过滤器 54 的一侧上的双光纤准直仪 52 ( 其在一个示例中使用 GRIN 透镜 ) 以及薄膜过滤器 54 的另一侧上的单光纤准直仪 56。不同双光纤准直仪 52 的不同输入端口 58、60 连接到环 36 的不同臂, 而不同双光纤准直仪 52 的不同反射端口 62、64 连接到周期 AWG 34。单光纤准直仪 56 在 3 端口过滤器 50 的不同通过端口 66、68 处连接到一起。

[0043] 不管过滤器 32 的特定实现, 在至少一些实施例中, 周期 AWG 34 具有一个或多个复用端口和多个分用端口。周期 AWG 34 在一个或多个复用端口接收由过滤器 32 分出的波长通道, 分用那些通道, 然后在多个分用端口将它们输出。相反, 周期 AWG 34 在不同分用端口从不同客户节点 20 接收不同波长通道, 将所述那些通道复用到一起, 然后在在一个或多个复用端口将它们输出。

[0044] 图 5 示出一个或多个实施例的示例, 其中过滤器 32 包括 4 端口带通过滤器 (BPF), 并且周期 AWG 34 具有两个复用端口 M1 和 M2。在这种情况下, 过滤器 32 直接连接到周期 AWG 34, 即不经由任何定向耦合器。以这种方式连接, 过滤器 32 将来自环 36 的不同臂 18-1、18-2 的波长通道分出至周期 AWG 34 的不同复用端口 M1、M2。类似地, 过滤器 32 将来自不同复用端口 M1、M2 的波长通道插入到环 36 的不同臂 18-1、18-2。因此, 不同复用端口 M1、M2 与接入子网环 36 的不同臂 18-1、18-2 对应, 或者以其它方式与接入子网环 36 的不同臂 18-1、18-2 关联。

[0045] 通过以这种方式与环臂关联的复用端口 M1、M2, 周期 AWG 34 根据在两个复用端口 M1、M2 和多个分用端口 ( 图 5 中示为四个分用端口 D1-D4 ) 之间的预定义映射来复用和分用波长通道。该预定义映射更具体地规定在给定复用端口 M1、M2 处的给定波长通道将分用至哪个分用端口 D1-D4, 并且反之亦然。在至少一些实施例中, 周期 AWG34 将 M1 处的波长通道映射到分用端口 D1-D4 与它将 M2 处的波长通道映射到分用端口 D1-D4 不同。图 6 示出这些实施例的简单示例。

[0046] 如图 6 中所示, 周期 AWG 34 分用和复用四个波长通道  $\lambda_1$ - $\lambda_4$ 。在这样做时, 周期 AWG 34 将 M1 处的波长通道  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  分别映射到分用端口 D1、D2、D3 和 D4。但是, 周期 AWG 34 将 M2 处的波长通道不同地映射到分用端口 D1-D4。如所示, 例如, 周期 AWG 34 将 M2 处的波长通道  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  和  $\lambda_4$  分别映射到分用端口 D2、D3、D4 和 D1。因此, D1 处的波长通道包括  $\lambda_1$  ( 与 M1 关联 ) 和  $\lambda_4$  ( 与 M2 关联 ), D2 处的波长通道包括  $\lambda_2$  ( 与 M1 关联 ) 和  $\lambda_2$  ( 与 M2 关联 ), D3 的波长通道包括  $\lambda_3$  ( 与 M1 关联 ) 和  $\lambda_2$  ( 与 M2 关联 ), 并且 D4 的波长通道包括  $\lambda_4$  ( 与 M1 关联 ) 和  $\lambda_3$  ( 与 M2 关联 )。

[0047] 因此, 当周期 AWG 34 在包括 D1 和 D2 的分用端口对  $P_{\lambda_1}$  接收  $\lambda_1$  时, 它在 M1 和 M2 处输出  $\lambda_1$ ; 相反, 当周期 AWG 34 在 M1 或 M2 处接收  $\lambda_1$  时, 它相应地在 D1 或 D2 处输出  $\lambda_1$ 。当周期 AWG 34 在包括 D2 和 D3 的分用端口对  $P_{\lambda_2}$  接收  $\lambda_2$  时, 它在 M1 和 M2 处输出  $\lambda_2$ ; 相反, 当周期 AWG 34 在 M1 或 M2 处接收  $\lambda_2$  时, 它相应地在 D2 或 D3 处输出  $\lambda_2$ 。当周期 AWG 34 在包括 D3 和 D4 的分用端口对  $P_{\lambda_3}$  接收  $\lambda_3$  时, 它在 M1 和 M2 处输出  $\lambda_3$ ; 相反, 当周期 AWG 34 在 M1 或 M2 处接收  $\lambda_3$  时, 它相应地在 D3 或 D4 处输出  $\lambda_3$ 。当周期 AWG 34 在包括 D1 和 D4 的分用端口对  $P_{\lambda_4}$  接收  $\lambda_4$  时, 它在 M1 和 M2 处输出  $\lambda_4$ ; 相反, 当周期 AWG 34 在 M1



或 M2 处接收  $\lambda_4$  时,它相应地在 D1 或 D4 处输出  $\lambda_4$ 。换言之,周期 AWG 30 将不同复用端口 M1、M2 处的相同波长通道(例如, $\lambda_4$ )映射到任何给定对(例如, $P_{\lambda_4}$ )中的不同分用端口(例如,D1 和 D4)。

[0048] 在至少一些实施例中,弹性分插节点 30 包括连接到分用端口的一个或多个相对应  $P_{\lambda_1}$ - $P_{\lambda_4}$  的一个或多个无源定向耦合器。通过与相应波长通道  $\lambda_1$ - $\lambda_4$  关联的每个对  $P_{\lambda_1}$ - $P_{\lambda_4}$ ,每个无源定向耦合器同样地变为与用于由客户节点 20 使用的相应波长通道  $\lambda_1$ - $\lambda_4$  关联。

[0049] 图 7 示出这些实施例的简单示例,其中弹性分插节点 30 包括一个或多个无源定向耦合器。如图 7 中所示,每个耦合器(即,分离器/组合器)具有连接到分用端口的相对应的两个端口以及连接到客户节点 20 的一个端口。在该示例中,弹性分插节点 30 包括一个耦合器 70,耦合器 70 具有连接到包括 D1 和 D2 的分用端口对  $P_{\lambda_1}$  的两个端口以及连接到客户节点 20 的传送器(TX)74 的一个端口。因此,当客户节点的传送器 74 在波长通道  $\lambda_1$  上将业务传送到接入子网环 36 时,耦合器 70 将该波长通道  $\lambda_1$  耦合到对  $P_{\lambda_1}$  中的两个分用端口 D1 和 D2,周期 AWG 34 在两个复用端口 M1 和 M2 处输出通道  $\lambda_1$ ,并且 4 端口 BPF 32 弹性地将通道  $\lambda_1$  插入到环 36 的两臂 18-1 和 18-2。

[0050] 类似地,图 7 的示例中的弹性分插节点 30 包括另一个耦合器 72,耦合器 72 具有连接到包括 D3 和 D4 的分用端口对  $P_{\lambda_3}$  的两个端口以及连接到客户节点 20 的接收器(RX)76 的一个端口。因此,当 4 端口 BPF 32 经由环 36 的臂 18-1 接收波长通道  $\lambda_3$  时,BPF 32 弹性地将该通道分出至周期 AWG 34 的复用端口 M1。周期 AWG 34 进而将通道  $\lambda_3$  分用到分用端口 D3,随之耦合器 72 将通道  $\lambda_3$  耦合到客户节点的接收器 76。相反,当 4 端口 BPF 32 经由环 36 的臂 18-2 接收波长通道  $\lambda_3$ (例如,如果沿着臂 18-1 存在光纤或节点故障)时,BPF 32 弹性地将通道分出至周期 AWG 34 的复用端口 M2。周期 AWG 34 进而将通道  $\lambda_3$  分用到分用端口 D4,随之耦合器 72 将通道  $\lambda_3$  耦合到客户节点的接收器 76。

[0051] 在图 7 的示例中,客户节点的传送器 74 和接收器 76 使用不同的波长通道。尽管,在至少一些实施例中,客户节点的传送器和接收器使用相同的波长通道,例如,根据反向归零/归零(IRZ/RZ)波长再利用。以这种方式再利用波长通道有利地节约通道资源,并且增加能够连接到任何给定接入子网节点 16 的客户节点 20 的数量。图 8 示出这这点的简单示例,其有利地使用弹性分插模块 30(而不是客户节点 20)中的一个或多个耦合器来采用波长再利用,而不增加波长损耗。

[0052] 如图 8 中所示,弹性分插节点 30 包括一个或多个正如图 7 中的无源定向耦合器,但是图 8 中的耦合器具有连接到客户节点 20 的两个端口,而不是仅一个端口。更具体地说,弹性分插节点 30 包括一个耦合器 78,耦合器 78 具有连接到包括 D1 和 D2 的分用端口对  $P_{\lambda_1}$  的两个端口以及分别连接到第一客户节点 20-1 的传送器 80 和接收器 82 的两个端口。因此,当客户节点的传送器 80 在波长通道  $\lambda_1$  上将业务传送到接入子网环 36 时,耦合器 78 将该波长通道  $\lambda_1$  耦合到对  $P_{\lambda_1}$  中的两个分用端口 D1 和 D2,周期 AWG 34 在两个复用端口 M1 和 M2 处输出通道  $\lambda_1$ ,并且 4 端口 BPF 32 弹性地将通道  $\lambda_1$  插入到环 36 的两臂 18-1 和 18-2。

[0053] 相反,当 4 端口 BPF 32 经由环 36 的臂 18-1 接收波长通道  $\lambda_1$  时,BPF 32 弹性地将该通道分出至周期 AWG 34 的复用端口 M1。周期 AWG 34 进而将通道  $\lambda_1$  分用到分用端口

D1,随之耦合器 78 将通道  $\lambda 1$  耦合到客户节点的接收器 82。相反,当 4 端口 BPF 32 经由环 36 的臂 18-2 接收波长通道  $\lambda 1$  (例如,如果沿着臂 18-1 存在光纤或节点故障)时,BPF 32 弹性地将该通道  $\lambda 1$  分出至周期 AWG 34 的复用端口 M2。周期 AWG 34 进而将通道  $\lambda 1$  分用到分用端口 D2,随之耦合器 78 将通道  $\lambda 1$  耦合到客户节点的接收器 82。

[0054] 类似地,弹性分插节点 30 包括另一个耦合器 84,耦合器 84 具有连接到包括 D3 和 D4 的分用端口对  $P_{\lambda_3}$  的两个端口以及分别连接到第二客户节点 20-2 的传送器 86 和接收器 88 的两个端口。该耦合器 84 针对波长通道  $\lambda 3$  以类似方式起作用,所述波长通道  $\lambda 3$  由第二客户节点 20-2 的传送器 86 和接收器 88 再利用。

[0055] 如上面的图 7 和图 8 中所示,弹性分插模块 30 包括有效规定模块 30 支持的特定波长通道的一个或多个无源定向耦合器。在一些实施例中,任何给定模块 30 配置成仅支持分配给该模块 30 的固定频带内的波长通道的子集(例如,奇数通道)。这降低与任何给定模块 30 关联的成本(即,通过限制模块内的耦合器的数量)。但是,这还为了支持固定频带内的其它波长通道(例如,偶数通道)而引入附加模块变型。因此,为了提供增加的灵活性,本文中的其它实施例将一个或多个无源定向耦合器排除在模块 30 其自身以外。图 9 示出这个的简单示例。

[0056] 图 8 中的弹性分插模块 30 与图 8 中的模块 30 相同,除了内置无源定向耦合器 78 和 84 作为耦合器 90 和 92 被排除在模块 30 以外。将耦合器 90 和 92 排除在模块 30 以外不影响功能性,而增加灵活性,同时还限制模块变型的数量。被排除的耦合器 90 和 92 使用任何已知机制(例如,接插线)以这种方式来连接。

[0057] 本领域技术人员当然理解,虽然图 7-9 借助连接到分用端口的一个或多个相应对的一个或多个无源定向耦合器来实现弹性,但是本发明不限于该方面。如图 10 中的实施例中所示,例如,周期 AWG 34 的分用端口直接连接相应的客户节点 20,即,不经由一个或多个无源定向耦合器间接连接。当然,在客户节点采用波长再利用(如所示)时,客户节点 20 其自身包括无源定向耦合器 94、96(或循环器等),以将分用端口耦合到其传送器和接收器。无论如何,客户节点 20 包括波长可调传送器和/或接收器,以便使用任何给定分用端口处的多个波长通道来实现弹性。

[0058] 在图 10 的示例中,例如,分用端口 D1 连接到客户节点 20-1。客户节点 20-1 包括波长可调传送器 80 和波长可调接收器 82,其再利用波长  $\lambda 1$  和  $\lambda 4$  (即,传送器 80 再利用  $\lambda 1$  和  $\lambda 4$  以用于传送,并且接收器 82 再利用  $\lambda 1$  和  $\lambda 4$  以用于接收),以用于传送和接收。当客户节点的传送器 80 将业务传送到接入子网环 36 时,传送器 80 调整到波长通道  $\lambda 1$ ,并且传送该业务。耦合器 94 将该波长通道  $\lambda 1$  耦合到分用端口 D1,周期 AWG 34 在复用端口 D1 处输出通道  $\lambda 1$ ,并且 4 端口 BPF 32 将通道  $\lambda 1$  插入到环 36 的臂 18-1。在通道  $\lambda 1$  上传送之前或之后,传送器 80 调整到通道波长  $\lambda 4$ ,并且传送业务。耦合器 94 将该波长通道  $\lambda 4$  耦合到分用端口 D1,周期 AWG 34 在复用端口 M2 处输出通道  $\lambda 4$ ,并且 4 端口 BPF 32 弹性地将通道  $\lambda 4$  插入到环 36 的臂 18-2。以这种方式,即使上行链路业务在不同波长通道  $\lambda 1$  和  $\lambda 4$  上传送,弹性分插模块 30 也提供弹性。

[0059] 弹性分插节点 30 针对关于下行链路业务的弹性以类似方式起作用,并且对于客户节点 20-2 以类似方式起作用。

[0060] 本领域技术人员还要理解,虽然图 5-10 示出作为具有两个复用端口 M1 和 M2 的周

期 AWG 34,但是本发明也不限于该方面。例如,图 11 示出周期 AWG 34 仅具有单个复用端口 M1 的实施例。在这种情况下,弹性分插节点 30 还包括将过滤器 32 耦合到周期 AWG 34 的复用端口 M1 的无源定向耦合器 98。因此,耦合器 98 有效将单个复用端口 M1 耦合到环 36 的两臂 18-1 和 18-2,并且减少对客户节点的传送器和接收器(如与图 10 相比)对于提供弹性的要求(即,传送器和接收器不需要是波长可调的)。例如,当客户节点 20-1 的传送器 80 在波长通道  $\lambda 1$  上将业务传送到接入子网环 36 时,耦合器 94 将该波长通道  $\lambda 1$  耦合到分用端口 D1,周期 AWG 34 在复用端口 M1 处输出通道  $\lambda 1$ ,耦合器 98 将通道  $\lambda 1$  耦合到 4 端口 BF 32 的两个端口,并且 4 端口 BPF 32 弹性地将通道  $\lambda 1$  插入到环 36 的两臂 18-1 和 18-2。弹性分插节点 30 针对关于下行链路业务的弹性以类似方式起作用。

[0061] 不管上面讨论的变化和修改,图 12 示出本文中用于接入网 12 的波长方案的一个示例。如图 12 中所示,波长方案设想接入网 12 内的波长通道的 N 个不同固定频带。通过 N 个可能的不同固定频带,接入网 12 采用弹性分插模块 30 的至少 N 个不同变型,因为至少 N 个不同双臂无源光过滤器 32 用于通过那些 N 个不同固定频带。这些 N 个不同过滤器 32 在图 12 标记为从 BF#1 到 BF#N。还如图 12 中所示,波长方案设想 M 个不同波长通道(标记为波长 #1 到波长 #M)以及 L-K+1 个不同 AWG 周期(标记为周期 K 到周期 L)。在至少一些实施例中,诸如示出的这一个,AWG 34 具有邻接的周期,因为这允许通过在整个接入网 12 中使用单个(即,共同)AWG 34 来访问可用频带内的所有波长。图 12 示出 AWG 周期间隔与波长通道间隔(例如,25GHz)相同的示例,意味着 AWG 34 具有如所示的 8 个分用端口。

[0062] 虽然过滤器 32 的通带在图 12 中示为与 AWG 周期对齐,但是本发明不限于该方面。在至少一些实施例中,例如,城域网 22 中的中心局(CO)24 有利地配置成将特定波长通道路由或以其它方式引导到特定接入子网节点 16。例如,根据美国专利申请序号 No. 13/420416(通过引用将其全部内容包含在本文中),一个实施例中的中心局 24 每个采用单个的波长选择开关(WSS)。虽然不管特定 CO 实现,但是如果过滤器 32 的通带没有与 AWG 周期对齐,则 CO 24 配置成选择性地仅将过滤器的通带内的那些波长通道引导到接入子网节点 16。例如,如果通带宽度比 AWG 周期小,则所有 AWG 端口都不能够被使用。相反,如果通带宽度比 AWG 周期宽,则 CO 24 配置成确保(来自不同 AWG 周期的)属于相同物理 AWG 端口的波长通道不被设置到环 34。

[0063] 图 13 示出采用利用 WSS 的 CO 24 的实施例的简单示例,所述 WSS 配置成将特定波长通道引导到特定接入子网节点 16。如该示例中所示,接入网 12 包括连接到 CO 24 的 WSS 的两个接入子网环 14-1、14-2。每个接入子网环 14-1、14-2 由使用弹性分插模块 30 的不同变型的接入子网节点 16 形成。虽然由形成任何给定环 14 的节点 16 使用的模块变型包括唯一的双臂无源光过滤器(即, BF#1..... BF#N),但是由形成不同环 14 的一对节点 16 使用的模块变型可包括相同的双臂无源光过滤器,如参见图 13 中所示的节点对 16-1 和 16-2。此外,一对这样的节点 16-1 和 16-2 甚至包括连接到 AWG 分用端口的相同对的无源定向耦合器。但是,CO 24 配置成将在其上传送和接收的不同波长通道  $\lambda 8$  和  $\lambda 1$  分别提供给关联的客户节点 20-3 和 20-4。

[0064] 如所示,例如,客户节点 20-3 在  $\lambda 8$  上传送, $\lambda 8$  由节点 16-1 弹性地插入到环 14-1 的两臂。CO 24 选择性地选择从一个臂接收波长通道  $\lambda 8$ 。相反,客户节点 20-4 在  $\lambda 1$  上传送,所述  $\lambda 1$  由节点 16-2 弹性地插入到环 14-2 的两臂。CO 24 同样选择性地选择从一个

臂接收波长通道  $\lambda 1$ 。

[0065] 在实践中,因为过滤器 32 在通过波长通道的固定频带方面不完善,所以过滤器 32 可在可用频带中留下漏洞。因此,接入子网环 14-1 和 14-2 其自身可能不能够使用可用频带中的所有波长通道。但是,根据本文中的一个或多个实施例,其它接入子网 14(例如,树形和 / 或总线型)配置成使用这样的通道。图 14 示出这个的简单示例。

[0066] 图 14 中的接入网 12 采用 24 个波长通道的频带。在与所示的接入子网 14 互连的 CO 24 中的 WSS 将这些波长通道引导到特定的接入子网 14。具体地,WSS 将通道 2、4、10、14、22 和 24 引导到环 14-1,并且将通道 1、3、11、13、21 和 23 引导到 14-2。在不同环 14-1 和 14-2 的接入子网节点 16-1 和 16-2 都包括过滤器 32 的相同变型,并都具有相同的 2 : 4 周期 AWG,但是具有分别连接到与通道 1 和 3 对应以及与通道 2 和 4 对应的分用端口的不同对的无源定向耦合器。因此,当 WSS 将通道 2 和 4 引导到节点 16-1,所述节点 16-1 通过这些通道并且将这些通道分用到其连接的客户节点。同样地,当 WSS 将通道 1 和 3 引导到节点 16-2 时,所述节点 16-2 通过这些通道并且将这些通道分用到其连接的客户节点。

[0067] 配置成考虑环 14 中的节点 16 的不完善特性以在可用频带中通过和分用所有通道的 WSS 将其它波长通道引导到其它接入子网 14。具体地说,WSS 将波长通道 5、8、15 和 20 引导到总线 #1。形成该总线的接入子网节点 16 简单采用过滤器 32 的不同变型(或者对于通道 8 完全没有过滤)以接收波长通道 5、15 和 20。在这种情况下,分用是不必要的,因为节点 16 仅引导单个通道。相反,WSS 将波长通道 6、7、9 和 12 引导到树 #1,并且将通道 17-19 引导到树 #2。示出为形成这些相应树的单个节点 16 简单地采用 2 : 4 周期 AWG 以分用其所引导到的通道。

[0068] 当然,本领域的技术人员要理解,虽然上面的实施例示出了 AWG 间隔与波长间隔相同,但是本发明不限于该方面。例如,图 15 示出 AWG 间隔是波长间隔的倍数的一个实施例。如图 5 中所示,AWG 间隔是波长间隔的两倍,即,50GHz 而不是 25GHz,意味着 AWG 34 具有 4 个端口,而不是如图 12 中所示的 8 个端口。以这种方式配置的 AWG 34 对于每个复用端口,将该复用端口处的多个波长通道的不同子集映射到不同分用端口。例如,AWG 34 信号将四个波长通道(而不是仅两个通道)分用到分用端口 D1。例如,如与图 12 和图 14 相比,具用 50GHz 的 AWG 通道间隔的 AWG 34 失调到 12.5GHz,并且因此不仅将  $\lambda 1$  和  $\lambda 8$  分用到 D1,还将  $\lambda 2$  和  $\lambda 7$  分用到 D1。由此,在这些实施例中,CO 24 配置成选择性地将仅  $\lambda 1$  或  $\lambda 2$ ,以及仅  $\lambda 7$  或  $\lambda 8$  引导到任何给定接入子网节点 16。

[0069] 虽然这些实施例要求比其它实施例稍微更好的波长稳定性,但是仍然证实在至少一些情况中是有利的,因为它们减少对 AWG 34 的要求以及与 AWG 34 关联的费用。此外,实施例允许不能狭窄通道间隔的客户节点传送器(例如可调激光器)。最后,实施例减少在 CO 24 的级联过滤器 32、AWG 34 以及一个或多个 WSS 的过滤窄化效应。

[0070] 本领域技术人员将理解,不要求特定类型的技术来实现这些由上面的实施例采用的一个或多个 WSS。实际上,本文中的 WSS 可使用阵列波导光栅(AWG)、微机电系统(MEMS)、硅上液晶(LCoS)、或者可准许在每波长基础上对光信号选择性地开关的任何其它技术来实现。

[0071] 另外,本领域的技术人员将理解,不要求特定类型的 WDM 来实施上面的实施例。因此,实施例可采用粗 WDM 或密集 WDM。实施例甚至可在具有或不具有反向归零 / 归零(IRZ/

RZ) 波长再利用的 WDM 无源光网络 (WDM-PON) 的上下文中使用。在一个实施例中,例如,假设在图 12 和图 15 中指示的 1530-1600nm 产生的 9THz 频谱,实施例在 C 频带和 L 频带中利用 25GHz 的通道间隙,允许每光纤高达 360 个波长通道。另一个实施例利用高达 100GHz 的通道间隔。

[0072] 鉴于上面的修改和变化,本领域技术人员要理解,本文中的接入子网节点 16 中的弹性分插模块 30 一般执行图 16 中所示的处理。如图 16 中所示,处理包括使用双臂无源光过滤器 32 弹性地从接入子网环 36 的任一臂分出唯一分配给接入子网节点 16 的固定频带内的任何波长通道(框 200)。处理还包括使用周期 AWG 34 分用所分出的波长通道(框 210),以及使用该周期 AWG 34 复用要插入的固定频带内的任何波长通道(框 220)。最后,处理还要求使用双臂无源光过滤器 32 弹性地将复用的波长通道插入到接入子网环 36 的两臂(框 230)。

[0073] 因此,本领域的技术人员将认识到,本发明可以以本文具体陈述的那些方法以外的其它方法来实现,而不背离本发明的基本特性。因此,当前实施例被认为在所有方面都是说明性的而非限制性的,并且在所附权利要求的含义和等同范围内的所有改变意图被包含于其中。

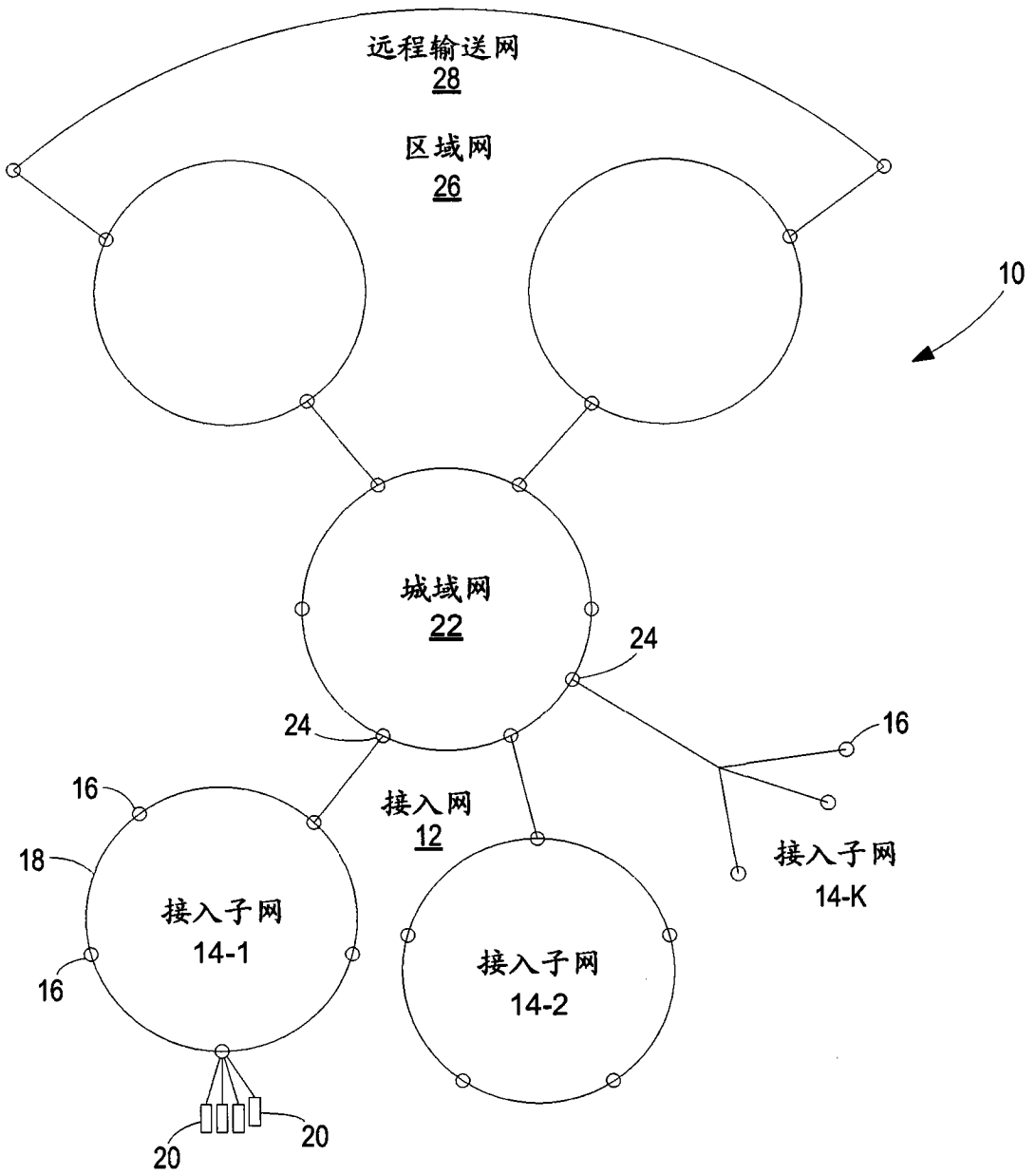


图 1

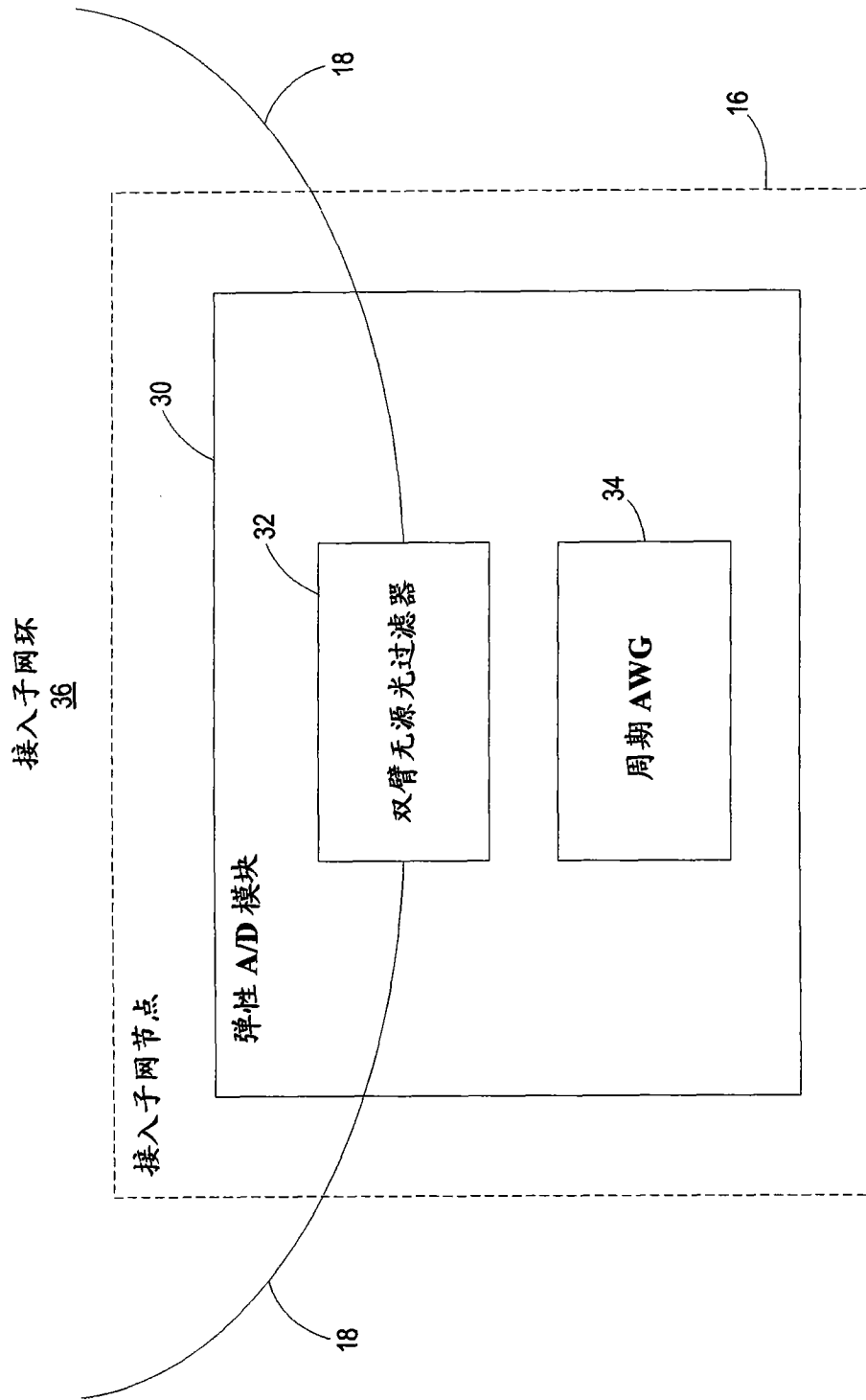


图 2

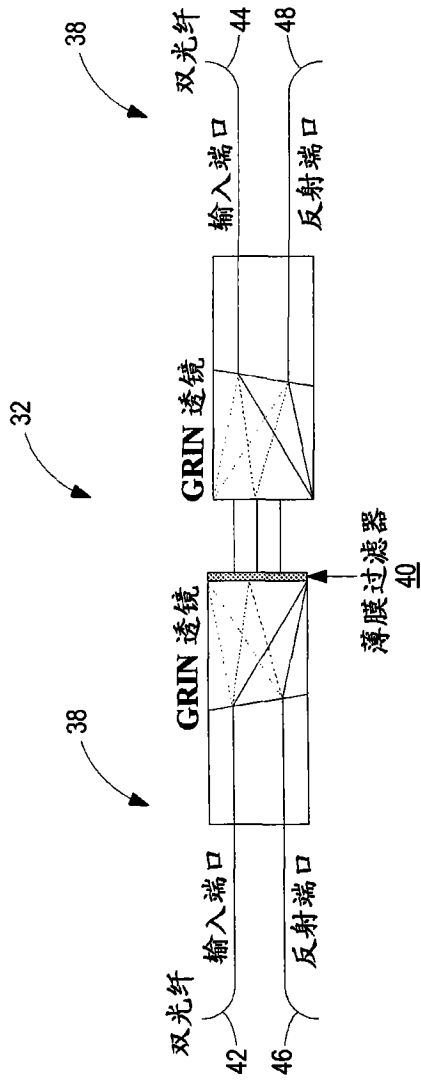


图 3

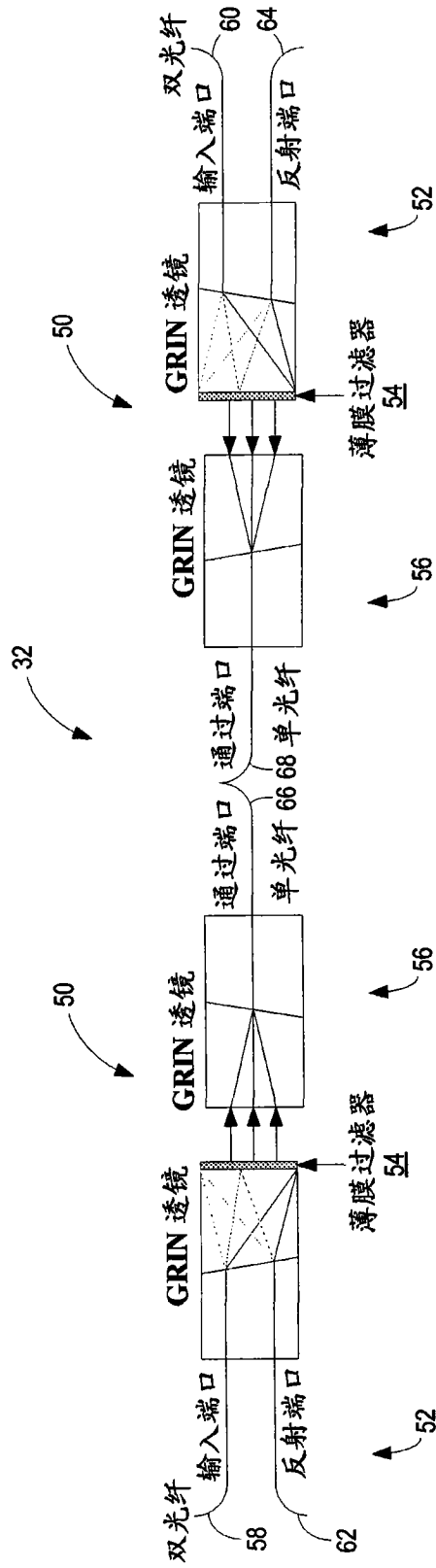


图 4



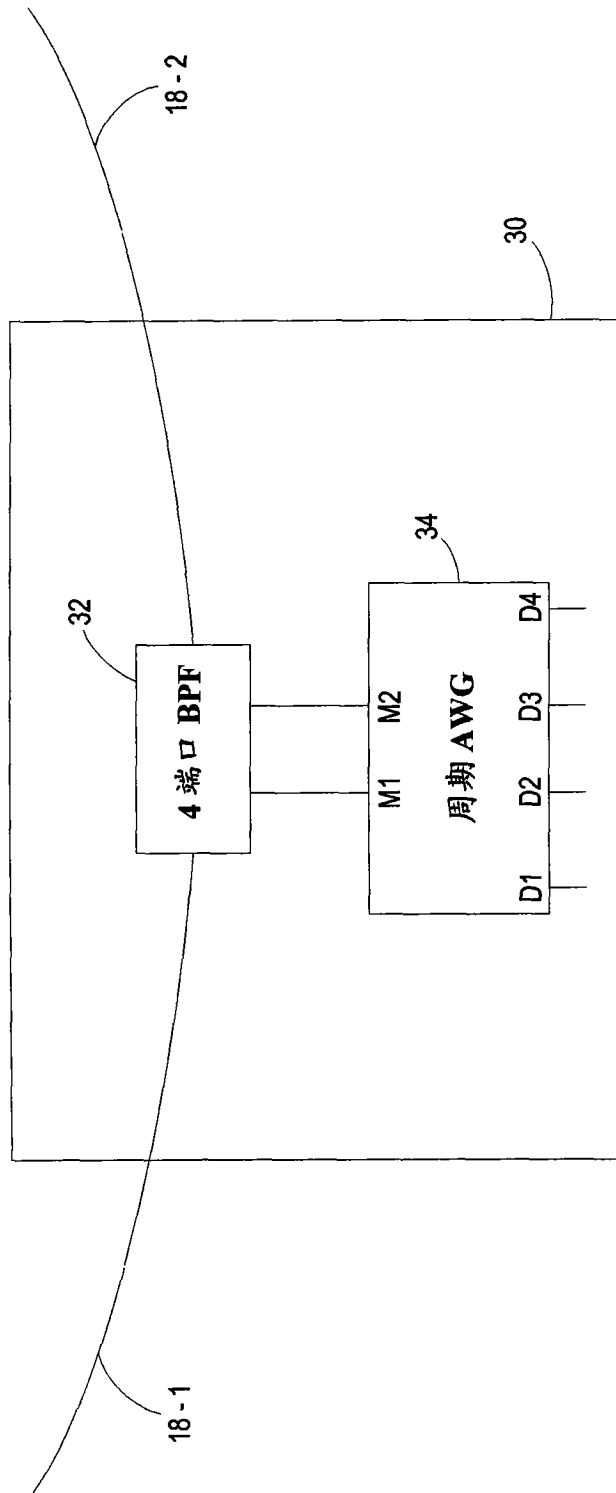
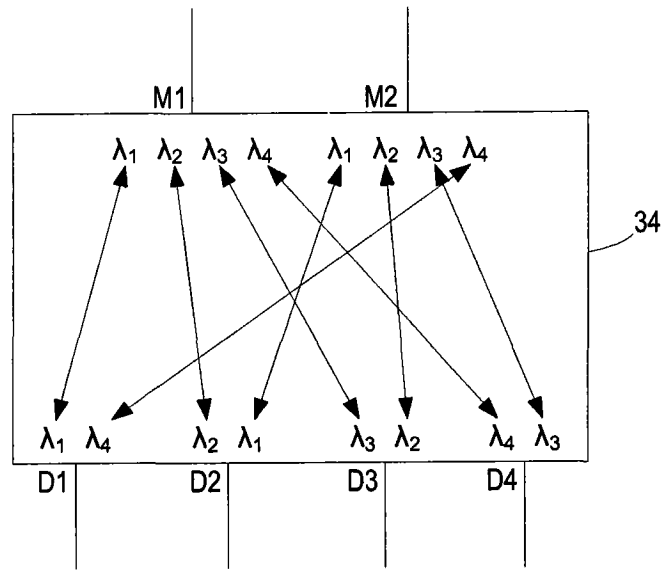


图 5



M1:  $\{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4\} \longleftrightarrow \{D1, D2, D3, D4\}$

M2:  $\{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4\} \longleftrightarrow \{D2, D3, D4, D1\}$

$P_{\lambda_1} = \{D1, D2\}$

$P_{\lambda_2} = \{D2, D3\}$

$P_{\lambda_3} = \{D3, D4\}$

$P_{\lambda_4} = \{D1, D4\}$

图 6

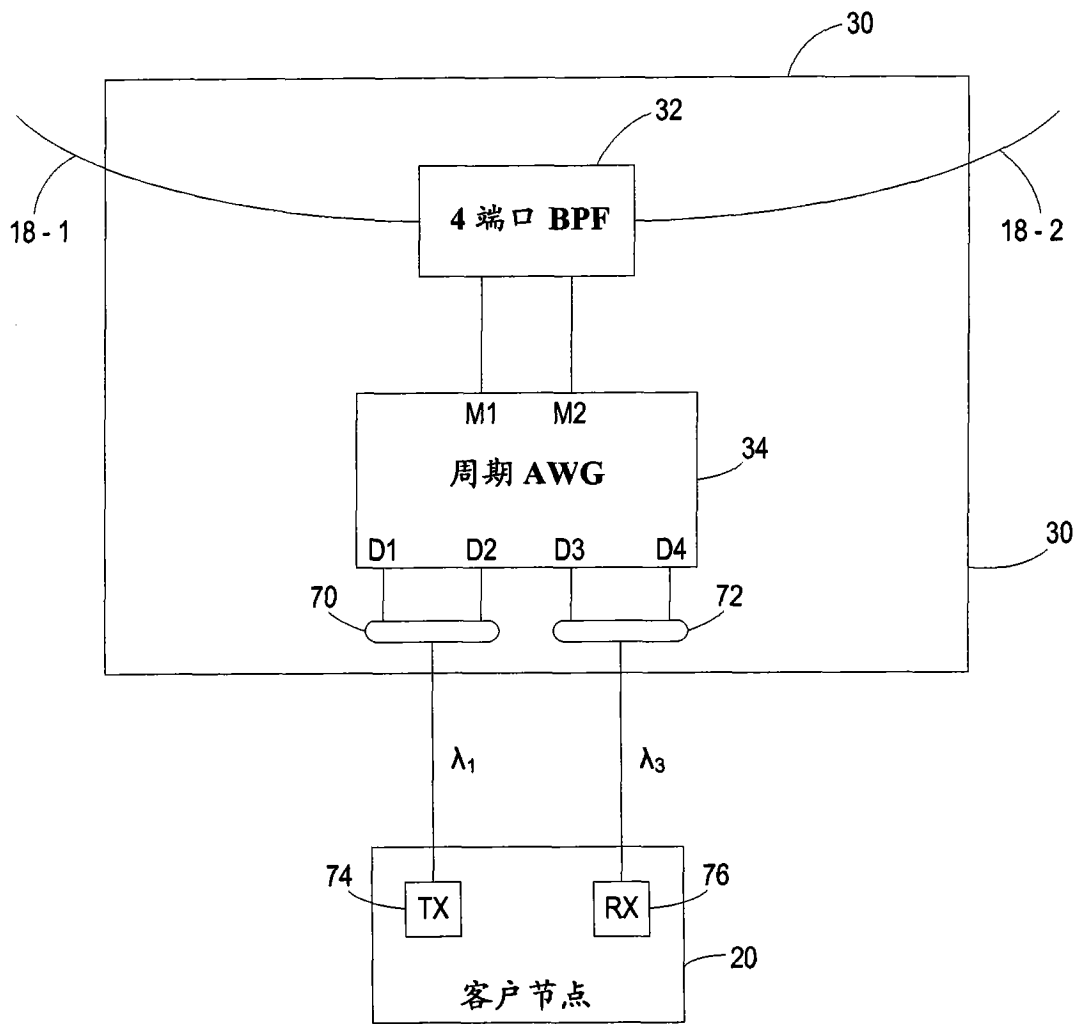


图 7

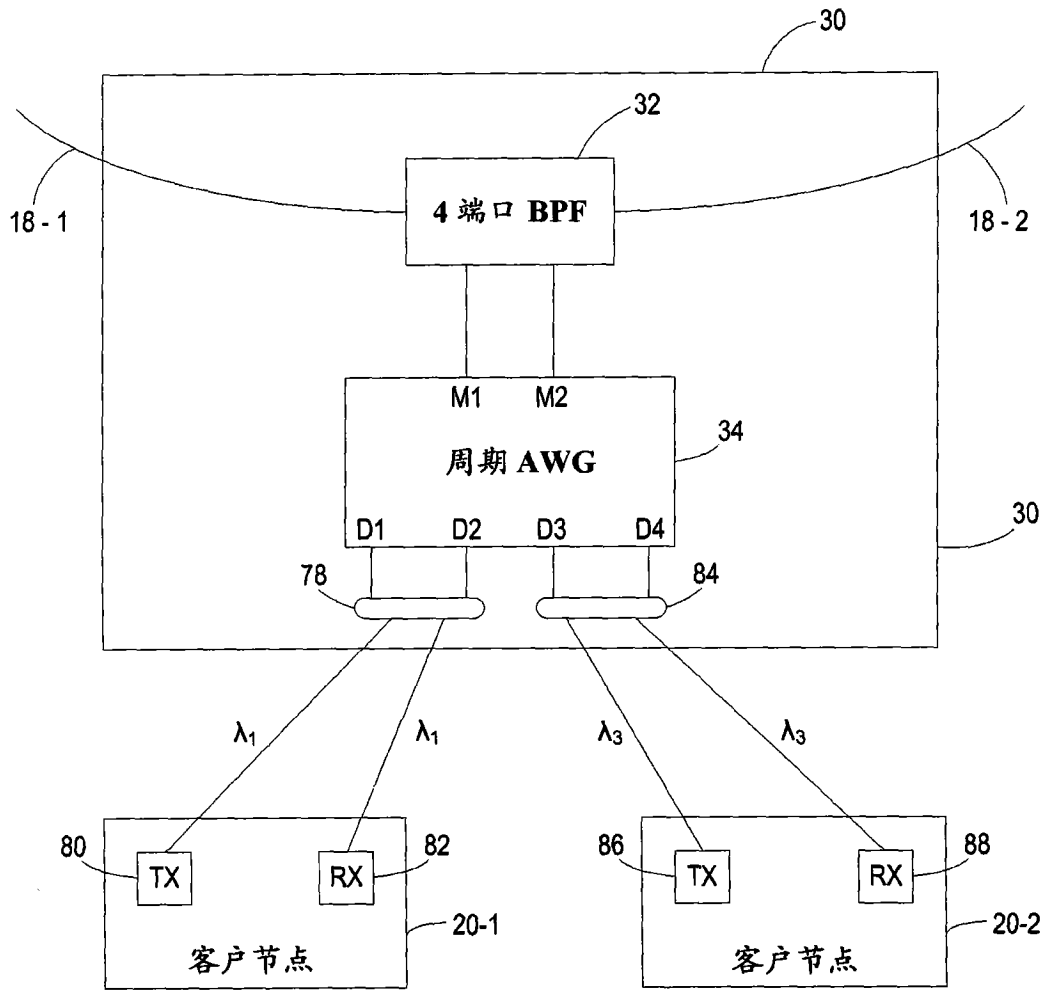


图 8

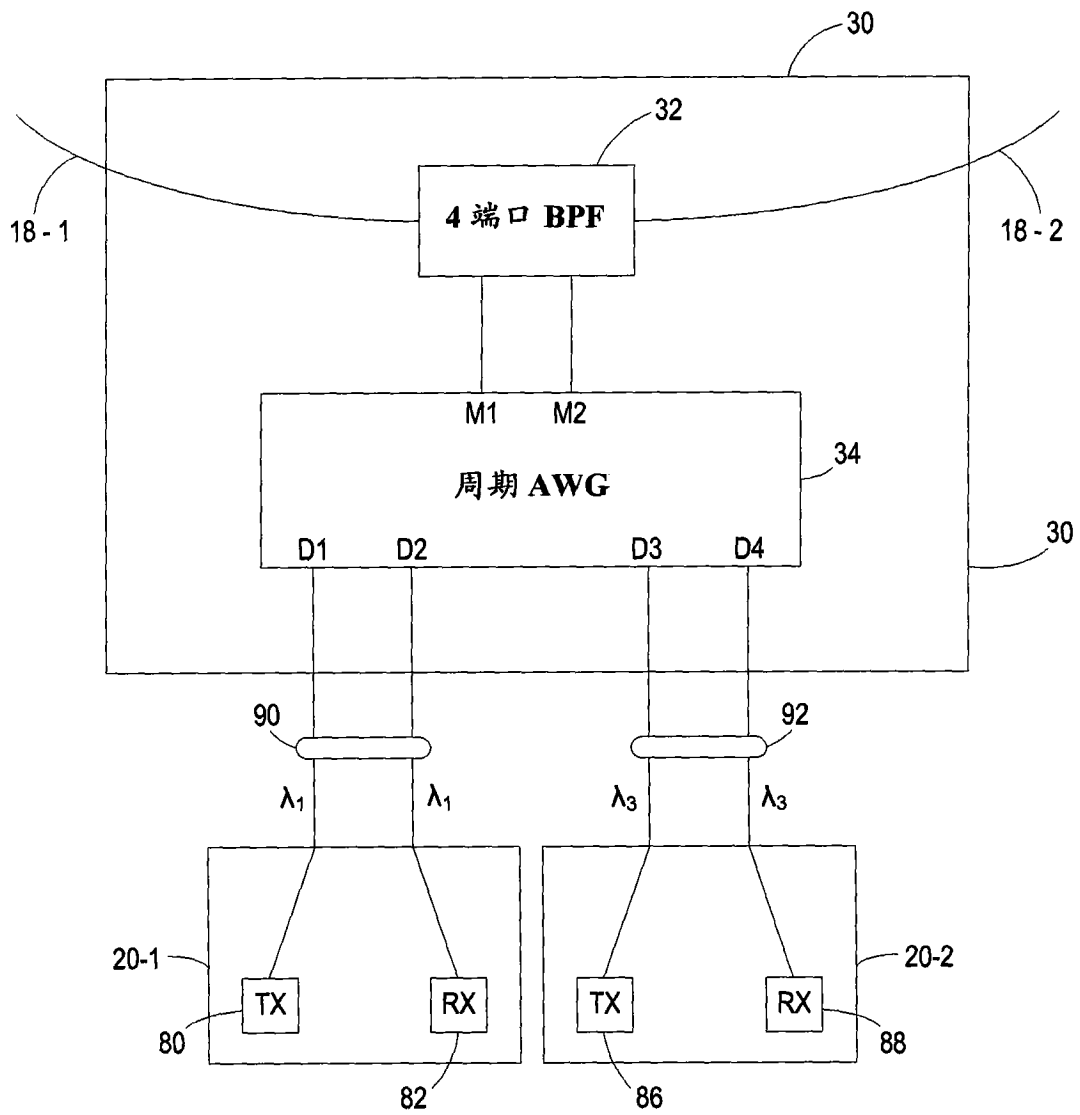


图 9

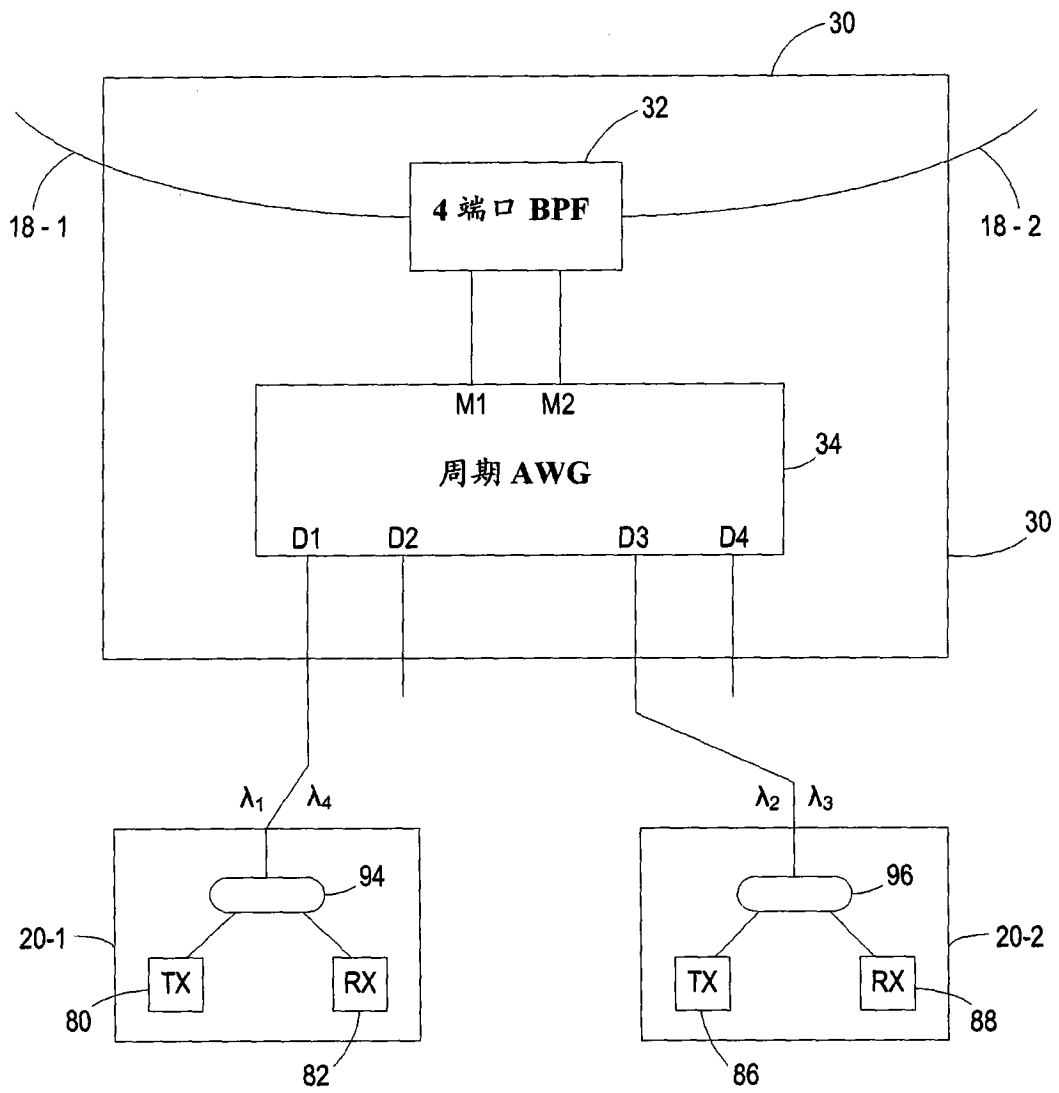


图 10

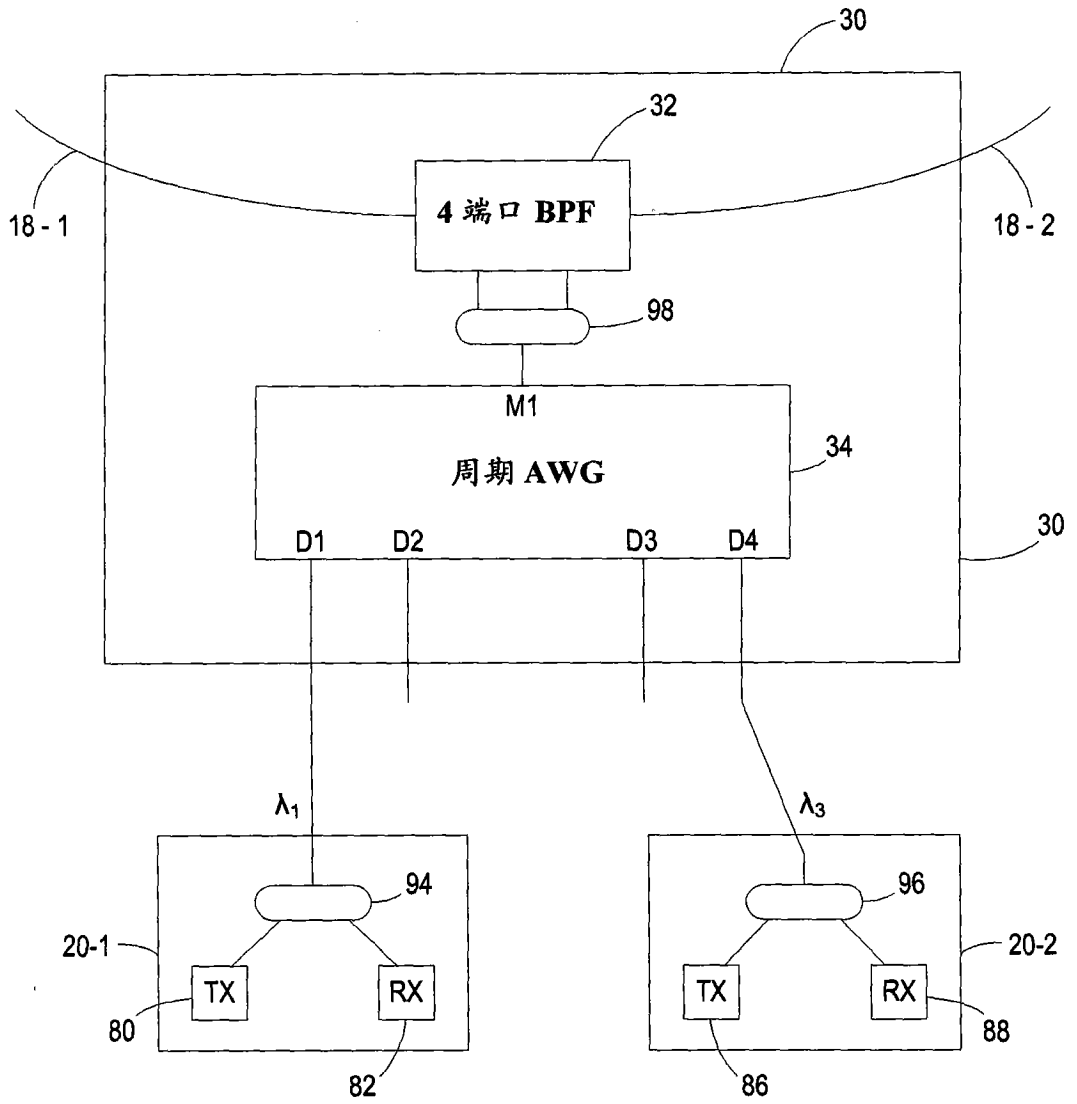


图 11

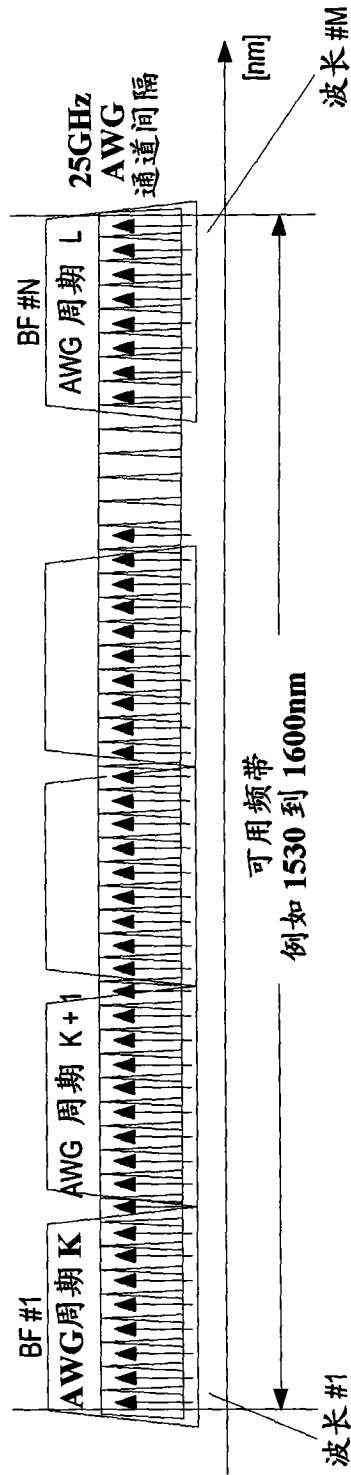


图 12



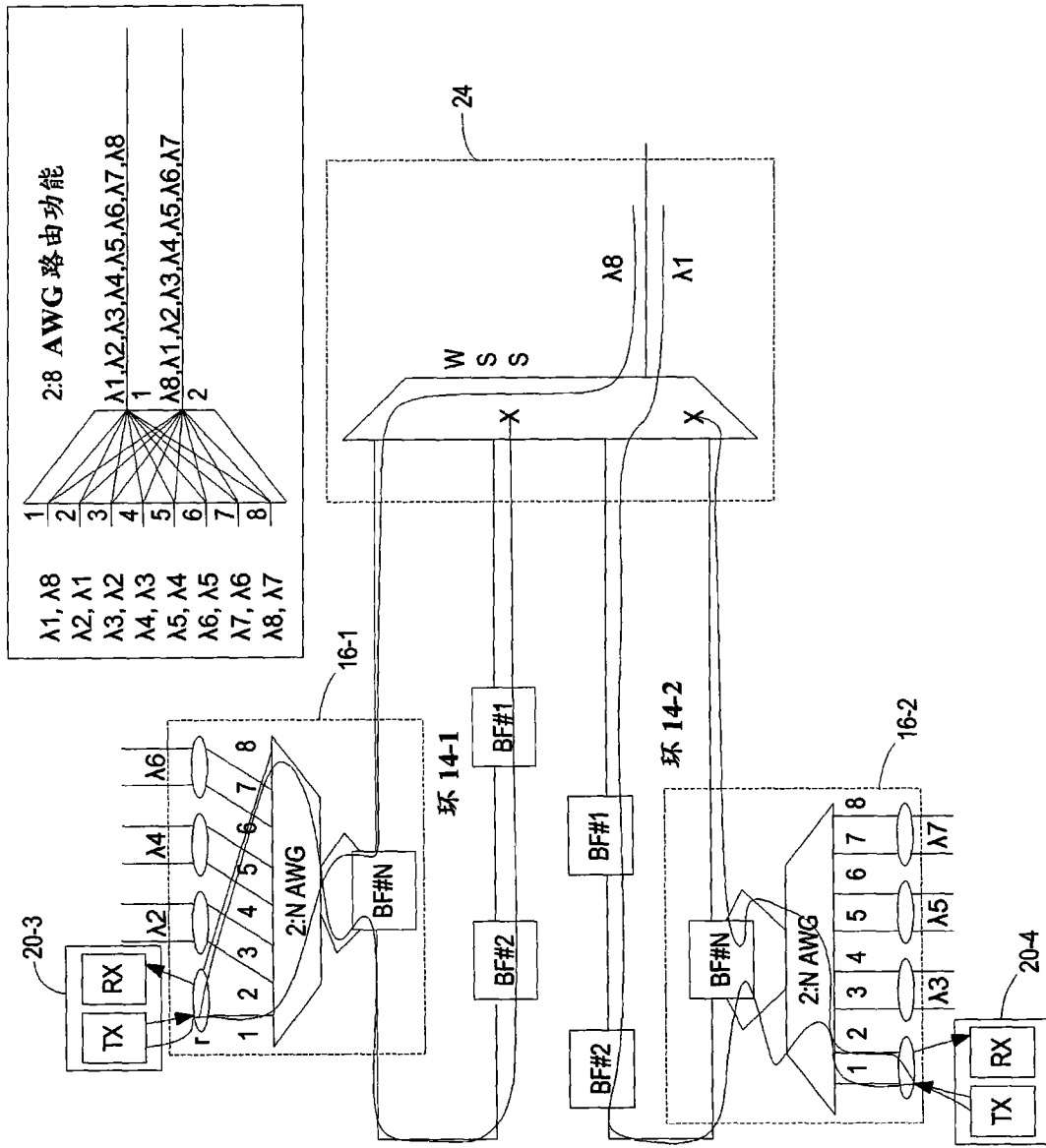


图 13

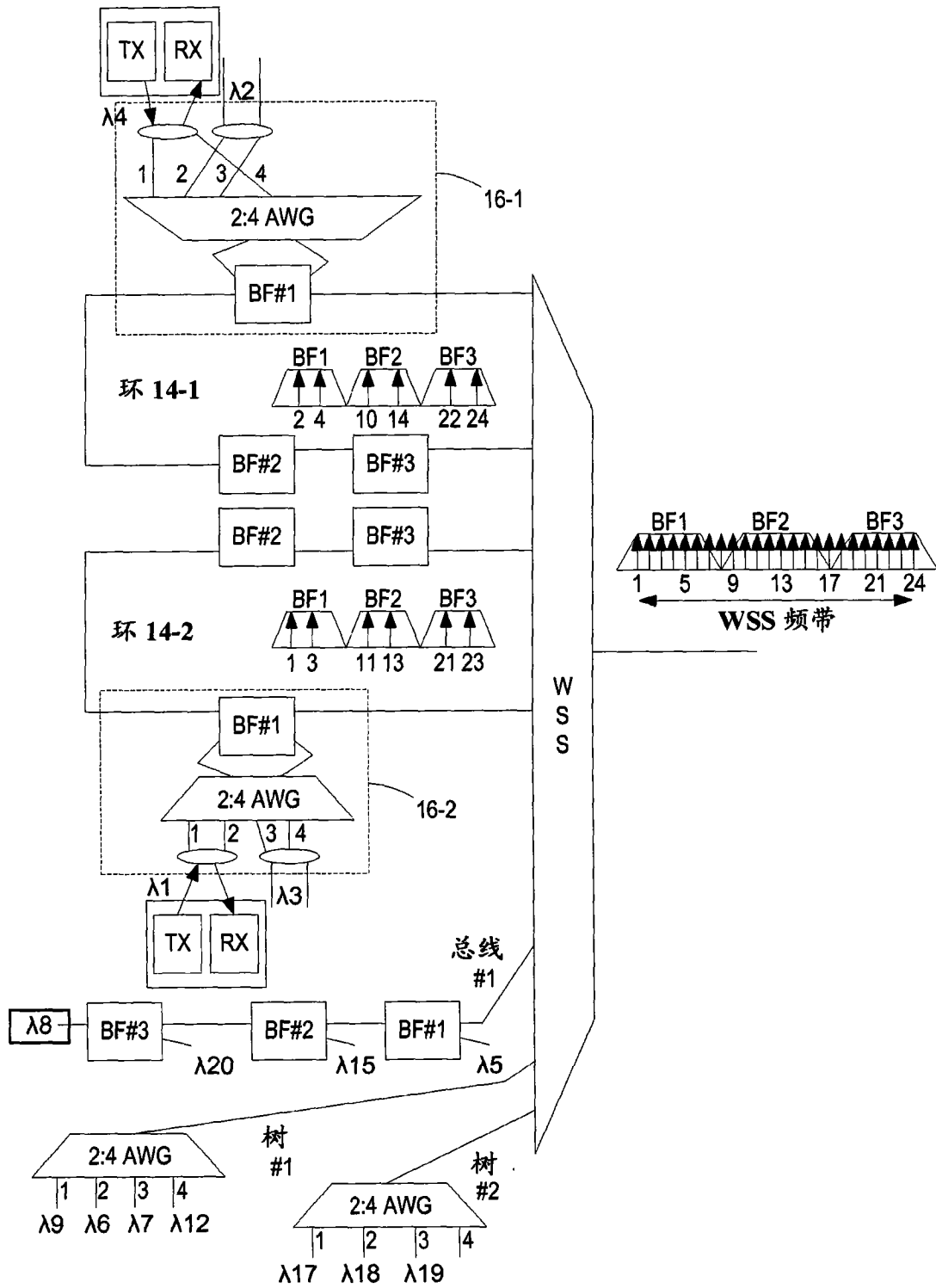


图 14

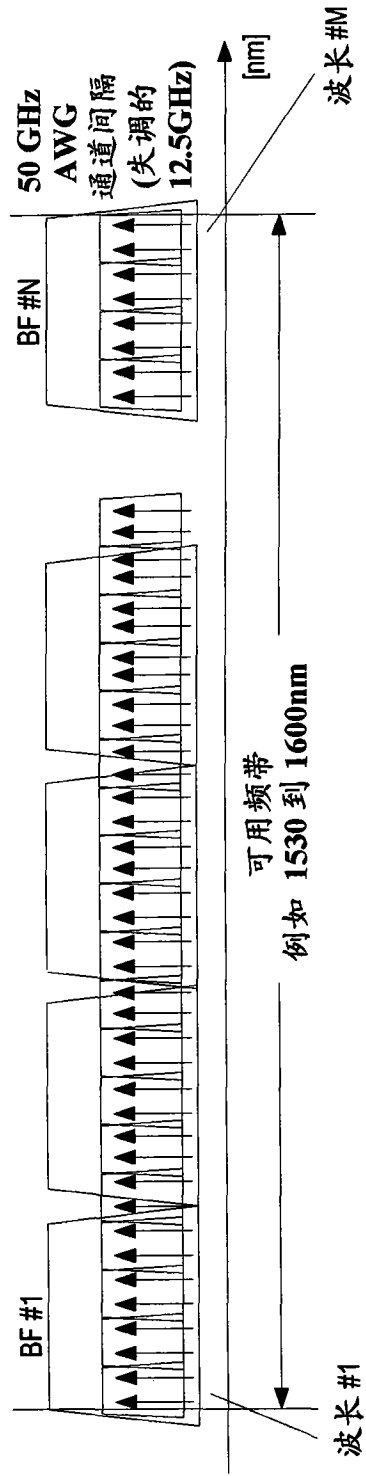


图 15

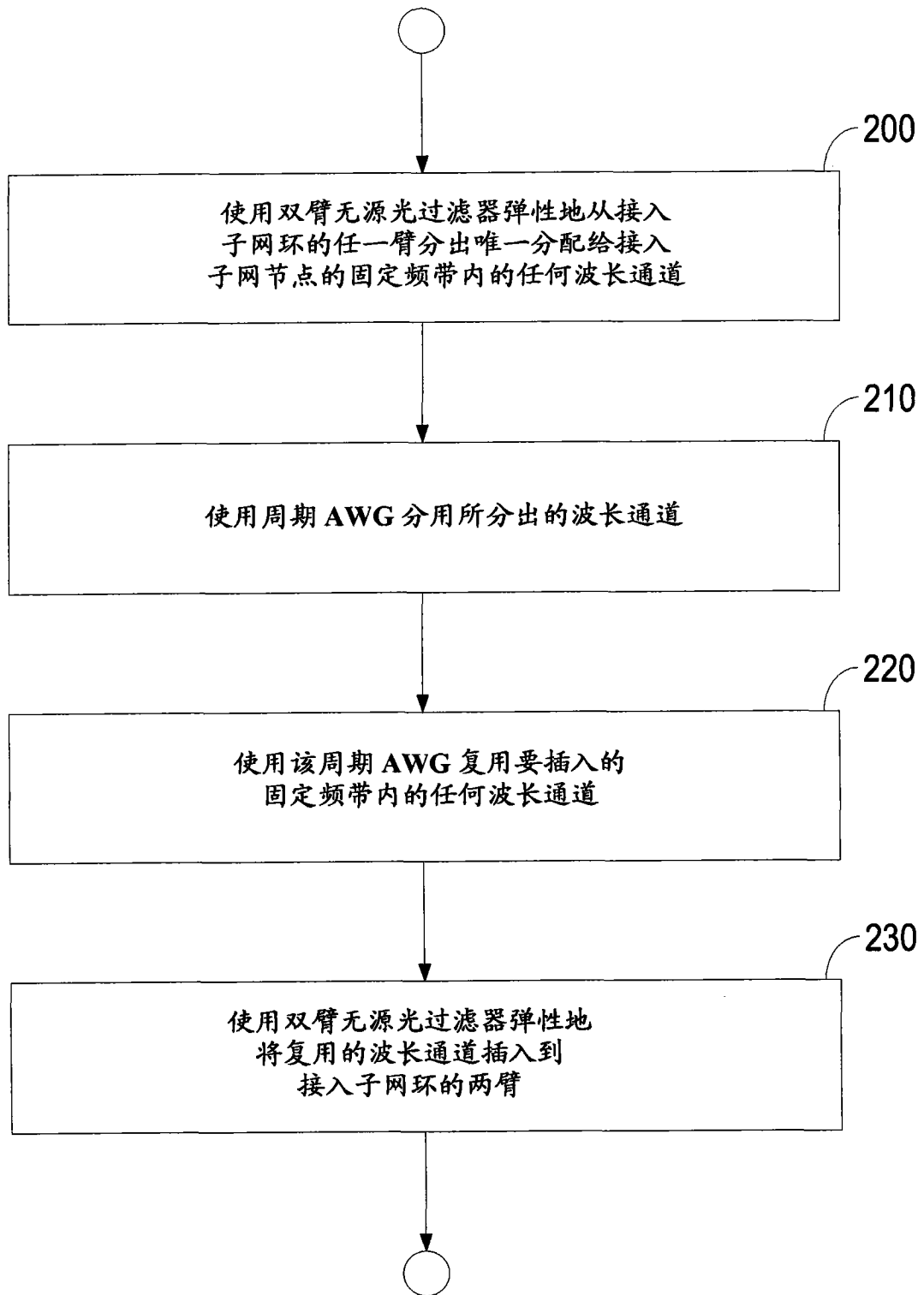


图 16