



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103370893 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201180066699. 6

P. 约万纳

(22) 申请日 2011. 03. 21

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(30) 优先权数据

代理人 叶晓勇 汤春龙

111533238 2011. 02. 04 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2013. 08. 02

H04J 14/02 (2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2011/054229 2011. 03. 21

(87) PCT申请的公布数据

W02012/103962 EN 2012. 08. 09

(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 N. 萨姆博 F. 库吉尼

P. 卡斯托尔迪 G. 博塔里

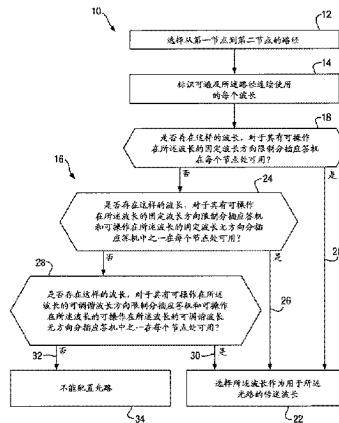
权利要求书3页 说明书21页 附图19页

(54) 发明名称

配置光路的方法、路径计算引擎和光通信网络节点

(57) 摘要

一种配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法 (10), 包括: 选择从第一节点到第二节点的路径 (12); 标识可遍及路径连续使用的每个波长 (14); 以及通过这样来选择用于光路的传送波长 (16); 选择这样的所述波长, 对于其可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机添加在每个节点处可用 (18、20、22); 如果该第一要求没有得到满足, 则选择这样的所述波长, 对于其可操作在所述波长的固定波长无方向分插应答机在每个节点处可用 (22、24、26); 以及如果该第二要求没有得到满足, 则选择这样的所述波长, 对于其可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机或可调谐波长无方向分插应答机在每个节点处可用 (22、28、30)。



1. 一种配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法,每个节点包括多个分插应答机,所述多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个,所述分插应答机每个包括添加和分出,所述方法包括:

选择从所述第一节点到所述第二节点的路径;

标识能遍及所述路径连续使用的每个波长;以及

选择这样的波长作为用于所述光路的传送波长;

满足第一波长要求的所述波长,所述第一波长要求是可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机在所述第一节点和所述第二节点中的每个节点处可用;

并且如果所述第一波长要求没有得到满足,则为满足第二波长要求的所述波长,所述第二波长要求是可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一在所述第一节点和所述第二节点中的每个节点处可用;

并且如果所述第二波长要求没有得到满足,则为这样的所述波长,对于所述波长可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一在所述第一节点和所述第二节点中的每个节点处可用。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,通过这样来选择所述路径:

a. 获得从所述第一节点到所述第二节点的候选路径的集合,每个所述候选路径包括多个链路;

b. 对于每个候选路径,标识包括在所述第一节点处的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述分插应答机的分出的每个添加-分出对,并且所述添加和所述分出可操作在共享的波长;以及

c. 选择具有最大数量的所述添加-分出对的所述候选路径。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,所述方法还包括初始化步骤,所述初始化步骤包括生成开放最短路径优先业务工程 OSPF-TE 路由协议信号,所述 OSPF-TE 路由协议信号包括所述光通信网络中分插应答机的数量的指示以及将每个所述分插应答机标识为固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一的指示,并且所述方法还包括遍及所述光通信网络广告所述路由协议信号。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的方法,其中,所述方法还包括获得每个所述分插应答机的每个添加和分出的可用性,以及步骤 b 包括标识包括在所述第一节点处的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述分插应答机的分出的每个添加-分出对,并且所述添加和所述分出可操作在共享的波长并且对于在所述共享的波长处的使用是可用的。

5. 如权利要求 2-4 中的任一项所述的方法,其中,步骤 b 包括标识包括在所述第一节点处的所述固定波长分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述固定波长分插应答机的分出的每个添加-分出对,并且所述添加和所述分出安排成操作在共享的波长,以及如果所述添加-分出对不存在,则标识包括在所述第一节点处的所述可调谐波长分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述可调谐波长分插应答机的分出的每个添加-分出对。

6. 如权利要求 4 或 5 在从属于权利要求 3 时所述的方法,其中所述 OSPF-TE 路由协议信号还包括每个分插应答机的所述添加和所述分出的可用性的指示。

7. 如权利要求 2-6 中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括获得每个所述链路的波长可用性,并且其中步骤 b 包括对于每个候选路径:

标识满足第一路径要求的每个添加-分出对,所述第一路径要求是所述添加-分出对包括在所述第一节点处的所述固定波长分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述固定波长分插应答机的分出,并且所述添加和所述分出安排成操作在共享的波长,并且所述相应共享的波长在所述候选路径的每个所述链路上可用;并且如果任何所述添加-分出对都没有满足所述第一路径要求,则确定所述候选路径的所述链路是否共享可用波长,并且如果它们确实如此,则标识满足第二路径要求的每个添加-分出对,所述第二路径要求是所述添加-分出对包括在所述第一节点处的所述可调谐波长方向限制分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述可调谐波长方向限制分插应答机的分出。

8. 如权利要求 7 在从属于权利要求 3 或权利要求 6 时所述的方法,其中所述 OSPF-TE 路由协议信号还包括每个所述链路的波长可用性的指示。

9. 如权利要求 7 或 8 所述的方法,其中,如果任何所述添加-分出对都没有满足所述第二路径要求,则步骤 b 包括:对于每个所述候选路径,标识能遍及所述路径连续使用的每个波长;以及步骤 c 包括选择具有最大数量的所述波长的所述候选路径。

10. 如任一前述权利要求所述的方法,其中,使用最先适合波长选择来选择用于所述路径的所述传送波长。

11. 如任一前述权利要求所述的方法,其中,所述方法还包括:

保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第一分出要求的分出,所述第一分出要求是所述分出是固定波长方向限制分插应答机的分出;并且如果在所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第一分出要求,则保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第二分出要求的分出,所述第二分出要求是所述分出是固定波长无方向分插应答机的分出;

并且如果在所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第二分出要求,则保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第三分出要求的分出,所述第三分出要求是所述分出是可调谐波长方向限制分插应答机的分出;

并且如果在所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第三分出要求,则保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第四分出要求的分出,所述第四分出要求是所述分出是可调谐波长无方向分插应答机的分出。

12. 如权利要求 11 所述的方法,其中,所述方法还包括:选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的添加。

13. 如任一前述权利要求所述的方法,其中,所述方法还包括:生成控制信号,所述控制信号安排成使所述第一节点保留在用于所述光路的所述传送波长处的添加。

14. 一种光通信网络中的路径计算引擎,所述路径计算引擎安排成配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路,每个节点包括多个分插应答机,所述多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个,所述分插应答机每个包括添加和分出,其中,所述路径计算引擎安排成:

选择从所述第一节点到所述第二节点的路径;

标识能遍及所述路径连续使用的每个波长 ;以及

选择这样的波长作为用于所述光路的传送波长 ;

满足第一波长要求的所述波长,所述第一波长要求是可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机在所述第一节点和所述第二节点中的每个节点处可用 ;

并且如果所述第一波长要求没有得到满足,则为满足第二波长要求的所述波长,所述第二波长要求是可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一在所述第一节点和所述第二节点中的每个节点处可用 ;

并且如果所述第二波长要求没有得到满足,则为这样的所述波长,对于所述波长可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一在所述第一节点和所述第二节点中的每个节点处可用。

15. 一种光通信网络节点,包括 :

多个分插应答机,所述多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个,所述分插应答机每个包括添加和分出 ;以及

控制器,安排成 :

选择跨越光通信网络从所述节点到第二节点的路径,所述第二节点包括多个分插应答机,所述多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个,所述分插应答机每个包括添加和分出 ;

标识能遍及所述路径连续使用的每个波长 ;以及

选择这样的波长作为用于所述光路的传送波长 ;

满足第一波长要求的所述波长,所述第一波长要求是可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机在所述第一节点和所述第二节点中的每个节点处可用 ;

并且如果所述第一波长要求没有得到满足,则为满足第二波长要求的所述波长,所述第二波长要求是可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一在所述第一节点和所述第二节点中的每个节点处可用 ;

并且如果所述第二波长要求没有得到满足,则为这样的所述波长,对于所述波长可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一在所述第一节点和所述第二节点中的每个节点处可用。

## 配置光路的方法、路径计算引擎和光通信网络节点

### 技术领域

[0001] 本发明涉及配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法、光通信网络的路径计算引擎以及光通信网络节点。

### 背景技术

[0002] 波长选择交换 (WSS) 技术近来已经实现了多级式 (multi-degree) 可重新配置光分插复用器 (ROADM) 的引入以及节省成本的动态波长交换光网络 (WSON) 的部署。已经提出了在实现添加 (add)/ 分出 (drop) 功能的方式也即它们利用的 WSS 的数量方面不同的一些基于 WSS 的 ROADM 结构。例如, 不包括 WSS 的简单 ROADM 结构保证低成本但对每个添加 / 分出施加波长和方向限制, 从而具有在固定波长并且固定方向的支路 (tributary)。每添加 / 分出采用一个或两个 WSS 的更昂贵 ROADM 结构使得添加 / 分出能具有可调谐的波长和 / 或可配置的方向。最常用的 ROADM 结构包括许多固定波长和方向的添加 / 分出以及有限百分比的部分或完全灵活的波长和方向的添加 / 分出。互联网工程任务组 IETF 在 2010 年 9 月的 Y. Lee 等人的“用于波长交换光网络的路由和波长分配信息模型 (Routing and Wavelength Assignment Information Model for Wavelength Switched Optical Networks)”, IETF draft, draft-ietf-ccamp-rwa-info-09 中已经提出路由协议扩展以描述内部 ROADM 结构。

[0003] 在其中定义硬件以支持给定业务矩阵的配置通信网络的规划阶段, 通常考虑实际 ROADM 约束。规划引擎完全了解硬件的限定和配置规则并且在考虑所有此类信息的情况下执行路径计算。在动态光路径设立的情况下, 路径计算的已知方法通常假定在不考虑节点限定的情况下使用没有波长或方向限制的 ROADM。在动态通信网络中, 如果在路径计算和波长分配期间没有考虑节点约束, 则能容易地阻塞光路径设立并且不能适当地采用节点资源。

### 发明内容

[0004] 目标在于提供配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的改进方法。目标还在于提供光通信网络的改进的路径计算引擎。目标还在于提供改进的光通信网络节点。

[0005] 本发明的第一方面提供配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法。每个节点包括多个分插应答机, 该多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个, 每个分插应答机包括添加和分出。该方法包括选择从第一节点到第二节点的路径、标识可遍及所述路径连续使用的每个波长以及选择用于该光路的传送波长。该方法包括选择满足第一波长要求的所述波长作为用于所述光路的传送波长。该第一波长要求要求可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机的添加在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。该方法还包括如果第一波长要求没有得到满足, 则选择满足第二波长要求的所述波长作为传送波长。第二波长要求要求可操作在所述波长的固定波长方向限

制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。该方法还包括如果第二波长要求没有得到满足,则选择这样的所述波长作为传送波长,对于该波长可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。

[0006] 该方法可实现使用最不灵活的可用分插应答机来配置光路,从而留下更多灵活的分插应答机以供在以后资源约束较严格时使用。该方法因此可实现资源在每个节点处的适当采用。该方法可实现考虑终点节点处的分插应答机的实际约束的情况下来配置光路。该方法可降低由具有操作在不兼容波长的分插应答机的路径末端处的节点所引起的光路的配置被阻塞的概率。该方法可使得能够在配置光路之前考虑终点节点处可用的分插应答机的波长兼容性。

[0007] 在实施例中,分插应答机通过至少一个光分插复用器来提供。在实施例中,至少一个光分插复用器包括可重新配置光分插复用器。该方法可实现考虑可重新配置光分插复用器中实际性能和约束的情况下来配置光路。

[0008] 在实施例中,通过这些来选择所述路径:

a. 获得从第一节点到第二节点的候选路径的集合。每个所述候选路径包括多个链路;

b. 对于每个候选路径,标识包括在所述第一节点处的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述分插应答机的分出的每个添加-分出对。所述添加和所述分出可操作在共享的波长;以及

c. 选择具有最大数量的所述添加-分出对的所述候选路径。

[0009] 在实施例中,该方法还包括初始化步骤,该初始化步骤包含生成开放最短路径优先业务工程 OSPF-TE 路由协议信号。OSPF-TE 路由协议信号包括光通信网络中分插应答机的数量的指示。OSPF-TE 路由协议信号还包括将每个所述分插应答机标识为固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一的指示。该方法还包括遍及光通信网络广告(advertise)所述路由协议信号。分插应答机能力因此可遍及网络被有效地充满(flood)。该方法因此可用来动态配置其中分插应答机能力被改变的光网络中的光路。

[0010] 在实施例中,该方法还包括获得每个所述分插应答机的每个添加和分出的可用性。步骤 b 包括标识包括在所述第一节点处的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述分插应答机的分出的每个添加-分出对。所述添加和所述分出可操作在共享的波长并且对于在所述共享的波长处的使用是可用的。该方法可因此用来动态配置其中分插应答机可用性改变的光网络中的光路。

[0011] 在实施例中,步骤 b 包括标识包括在所述第一节点处的所述固定波长分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述固定波长分插应答机的分出的每个添加-分出对。所述添加和所述分出安排成可操作在共享的波长。步骤 b 还包括如果所述添加-分出对不存在,则标识包括在所述第一节点处的所述可调谐波长分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述可调谐波长分插应答机的分出的每个添加-分出对。该方法可实现其中最先使用最不灵活的可用分插应答机的光路配置,从而留下更多灵活的分插应答机以供在以后资源约束较严格时使用。该方法因此可实现资源在每个节点处的适当采用。

[0012] 在实施例中, OSPF-TE 路由协议信号还包括每个分插应答机的添加和分出的可用性的指示。分插应答机可用性因此可遍及网络被有效地充满。

[0013] 在实施例中, 该方法还包括获得对于每个所述链路的波长可用性。步骤 b 包括, 对于每个候选路径:

标识满足第一路径要求的每个添加 - 分出对, 第一路径要求即所述添加 - 分出对包括在所述第一节点处的所述固定波长分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述固定波长分插应答机的分出。所述添加和所述分出安排成操作在共享的波长并且相应共享的波长在所述候选路径的每个所述链路上可用; 以及

如果任何所述添加 - 分出对都不满足所述第一路径要求, 则确定所述候选路径的所述链路是否共享可用波长, 并且如果它们确实如此, 则标识满足第二路径要求的每个添加 - 分出对, 第二路径要求即所述添加 - 分出对包括在所述第一节点处的所述可调谐波长方向限制分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述可调谐波长方向限制分插应答机的分出。

[0014] 该方法因此可将连续约束应用到正被配置的光路。对于每个候选路径仅标识共享的波长在路径的所有链路上对其可用的分插应答机对。这可降低由所选择波长不是遍及整个路径可用引起的光路被阻塞的概率。

[0015] 在实施例中, OSPF-TE 路由协议信号还包括每个所述链路的波长可用性的指示。链路波长可用性因此可遍及网络被有效地充满。

[0016] 在实施例中, 如果任何所述添加 - 分出对都没有满足所述第二路径要求, 则步骤 b 包括对于每个所述候选路径标识可遍及路径连续使用的每个波长。步骤 c 包括选择具有最大数量所述波长的候选路径。

[0017] 在实施例中, 光路的每个链路的波长可用性通过生成并传送包括遍及光路的标签集合的资源保留协议业务工程 RSVP-TE 信令协议信号以及利用每个所述链路的波长可用性来更新标签集合来获得。这可实现获得沿着所选择光路的每个链路的实际波长可用性。

[0018] 在实施例中, 如果可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少一个的添加在第一节点处可用, 则标签集合最初包括从第一节点出发的光路的第一链路上可用的所有波长, 并且如果所述添加不可用, 则标签集合最初包括固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一的添加在第一节点处对其可用的所有波长。因此可仅利用从第一节点已知可用的波长来初始化标签集合。

[0019] 在实施例中, 使用最先适合 (first-fit) 波长选择来选择用于路径的传送波长。

[0020] 在实施例中, 该方法还包括保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第一分出要求的分出。第一分出要求要求所述分出是固定波长方向限制分插应答机的分出。该方法还包括: 如果所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第一分出要求, 则保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第二分出要求的分出。第二分出要求要求所述分出是固定波长无方向分插应答机的分出。该方法还包括如果所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第二分出要求, 则保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第三分出要求的分出。第三分出要求要求所述分出是可调谐波长方向限制分插应答机的分出。该方法还包括: 如果所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第三分出要求, 则保留在所述第二节点

处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第四分出要求的分出。第四分出要求要求所述分出是可调谐波长无方向分插应答机的分出。

[0021] 因此可根据分插应答机类型的优选等级来保留分出,使得最先分配具有最少波长和输出方向灵活性的节点资源。

[0022] 在实施例中,该方法还包括选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的分出。

[0023] 在实施例中,该方法还包括生成控制信号,该控制信号安排成使第一节点保留所选择的分出。

[0024] 在实施例中,该方法还包括生成控制信号,该控制信号安排成使第一节点选择在光路的所选择传送波长的添加并且保留所选择的添加。

[0025] 在实施例中,该方法包括通过选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第一添加要求的添加来选择在所述第一节点处的所述添加。第一添加要求要求所述添加是固定波长方向限制分插应答机的添加。该方法还包括如果所述第一节点处的任何所述添加都没有满足所述第一添加要求,则选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第二添加要求的添加。第二添加要求要求所述添加是固定波长无方向分插应答机的添加。该方法还包括:如果所述第一节点处的任何所述添加都没有满足所述第二添加要求,则选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第三添加要求的添加。第三添加要求要求所述添加是可调谐波长方向限制分插应答机的添加。该方法还包括如果所述第一节点处的任何所述添加都没有满足所述第三添加要求,则选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第四添加要求的添加。第四添加要求要求所述添加是可调谐波长无方向分插应答机的添加。

[0026] 因此可根据分插应答机类型的优选等级来保留添加,使得最先分配具有最少波长和输出方向灵活性的节点资源。

[0027] 在实施例中,光通信网络包括波长交换光网络。该方法因此可用来遍及网络配置双向光路。

[0028] 本发明的第二方面提供光通信网络的路径计算引擎。路径计算引擎安排成配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路。每个节点包括多个分插应答机,该多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个,分插应答机每个包括添加和分出。路径计算引擎安排成选择从第一节点到第二节点的路径、标识可遍及所述路径连续使用的每个波长以及选择用于光路的传送波长。路径计算引擎安排成选择满足第一波长要求的所述波长作为用于所述光路的传送波长。第一波长要求要求可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。路径计算引擎安排成如果第一波长要求没有得到满足,则选择满足第二波长要求的所述波长作为传送波长。第二波长要求要求可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。路径计算引擎安排成如果第二波长要求没有得到满足,则选择所述波长作为传送波长,对于其可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。



[0029] 路径计算引擎 PCE 因此可用来通过使用最不灵活的可用分插应答机来配置光路，从而留下更多灵活的分插应答机以供在以后资源约束较严格时使用。PCE 的使用可实现资源在每个节点的适当采用。PCE 的使用可实现考虑在终点节点处分插应答机的实际约束情况下来配置光路。PCE 的使用可降低由路径末端处的节点具有操作在不兼容波长的分插应答机所引起的光路的配置被阻塞的概率。PCE 的使用可使得能够在配置光路之前考虑终点节点处可用的分插应答机的波长兼容性。

[0030] 在实施例中，分插应答机通过至少一个光分插复用器来提供。在实施例中，至少一个光分插复用器包括可重新配置光分插复用器。PCE 可用来实现考虑可重新配置光分插复用器中实际性能和约束的情况下来配置光路。

[0031] 路径计算引擎包括控制器，控制器安排成选择从第一节点到第二节点的路径、标识可遍及所述路径连续使用的每个波长以及选择用于光路的传送波长。

[0032] 在实施例中，路径计算引擎安排成通过这样来选择路径：

- a. 获得从第一节点到第二节点的候选路径的集合。每个所述候选路径包括多个链路；
- b. 对于每个候选路径，标识包括在所述第一节点处的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述分插应答机的分出的每个添加 - 分出对。所述添加和所述分出可操作在共享的波长；以及
- c. 选择具有最大数量所述添加 - 分出对的所述候选路径。

[0033] 在实施例中，路径计算引擎还安排成接收开放最短路径优先业务工程 OSPF-TE 路由协议信号。OSPF-TE 路由协议信号包括光通信网络中分插应答机的数量的指示。OSPF-TE 路由协议信号还包括将每个所述分插应答机标识为固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一的指示。PCE 因此可接收分插应答机能力信息，从而使得 PCE 能够用来动态配置其中分插应答机能力被改变的光网络中的光路。

[0034] 在实施例中，路径计算引擎还安排成获得每个所述分插应答机的每个添加和分出的可用性。步骤 b 包括标识包括在所述第一节点处的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述分插应答机的分出的每个添加 - 分出对。所述添加和所述分出可操作在共享的波长并且对于在所述共享的波长处的使用是可用的。PCE 因此可用来动态配置其中分插应答机可用性改变的光网络中的光路。

[0035] 在实施例中，步骤 b 包括标识包括在所述第一节点处的所述固定波长分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述固定波长分插应答机的分出的每个添加 - 分出对。所述添加和所述分出安排成可操作在共享的波长。步骤 b 还包括如果所述添加 - 分出对不存在，则标识包括在所述第一节点处的所述可调谐波长分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述可调谐波长分插应答机的分出的每个添加 - 分出对。PCE 因此可用来实现其中最先使用最不灵活的可用分插应答机的光路配置，从而留下更多灵活的分插应答机以供在以后资源约束较严格时使用。PCE 因此可实现资源在每个节点处的适当采用。

[0036] 在实施例中，OSPF-TE 路由协议信号还包括每个分插应答机的添加和分出的可用性的指示。

[0037] 在实施例中，路径计算引擎还安排成获得用于每个所述链路的波长可用性。步骤

b 包括,对于每个候选路径:

标识满足第一路径要求的每个添加-分出对,第一路径要求即所述添加-分出对包括在所述第一节点处的所述固定波长分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述固定波长分插应答机的分出。所述添加和所述分出安排成可操作在共享的波长并且相应共享的波长在所述候选路径的每个所述链路上可用;以及

如果任何所述添加-分出对都不满足所述第一路径要求,则确定所述候选路径的所述链路是否共享可用波长,并且如果它们确实如此的话,则标识满足第二路径要求的每个添加-分出对,第二路径要求即所述添加-分出对包括在所述第一节点处的所述可调谐波长方向限制分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述可调谐波长方向限制分插应答机的分出。

[0038] 在实施例中, OSPF-TE 路由协议信号还包括每个所述链路的波长可用性的指示。PCE 因此可在光路的配置期间应用连续约束。对于每个候选路径仅标识共享的波长在路径的所有链路上对其可用的分插应答机对。这可降低由所选择波长不是遍及整个路径可用引起的光路被阻塞的概率。

[0039] 在实施例中,如果任何所述添加-分出对都没有满足所述第二路径要求,则步骤 b 包括对于每个所述候选路径标识可遍及路径连续使用的每个波长。步骤 c 包括选择具有最大数量的所述波长的候选路径。

[0040] 在实施例中,路径计算引擎安排成通过生成包括用于遍及光路的传送的标签集合的资源保留协议业务工程 RSVP-TE 信令协议信号来获得光路的每个链路的波长可用性,该标签集合安排成在遍及路径的传播期间利用每个所述链路的波长可用性来被更新。这可实现获得沿着所选择光路的每个链路的实际波长可用性。

[0041] 在实施例中,如果可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少一个的添加在第一节点处可用,则标签集合最初包括从第一节点出发的光路的第一链路上可用的所有波长,并且如果所述添加不可用,则标签集合最初包括固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一的添加在第一节点处对其可用的所有波长。因此可仅利用从第一节点已知可用的波长来初始化标签集合。

[0042] 在实施例中,路径计算引擎还安排成使用最先适合波长选择来选择用于路径的传送波长。

[0043] 在实施例中,路径计算引擎还安排成生成保留信号,该保留信号安排成保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第一分出要求的分出。第一分出要求要求所述分出是固定波长方向限制分插应答机的分出。路径计算引擎还安排成如果所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第一分出要求,则生成安排成保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第二分出要求的分出的保留信号。第二分出要求要求所述分出是固定波长无方向分插应答机的分出。路径计算引擎还安排成如果所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第二分出要求,则生成安排成保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第三分出要求的分出的保留信号。第三分出要求要求所述分出是可调谐波长方向限制分插应答机的分出。路径计算引擎还安排成如果所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第三分出要求,则生成安排成保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满

足第四分出要求的分出的保留信号。第四分出要求要求所述分出是可调谐波长无方向分插应答机的分出。

[0044] 因此可根据分插应答机类型的优选等级来保留分出,使得最先分配具有最少波长和输出方向灵活性的节点资源。

[0045] 在实施例中,路径计算引擎还安排成选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的添加。

[0046] 在实施例中,路径计算引擎还安排成生成控制信号,该控制信号安排成使第一节点保留所选择的添加。

[0047] 在实施例中,路径计算引擎还安排成生成控制信号,该控制信号安排成使第一节点选择在用于光路的所选择传送波长处的添加并且保留所选择的添加。

[0048] 在实施例中,路径计算引擎还安排成通过选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第一添加要求的添加来选择在所述第一节点处的所述添加。第一添加要求要求所述添加是固定波长方向限制分插应答机的添加。路径计算引擎还安排成如果所述第一节点处的任何所述添加都没有满足所述第一添加要求,则保留在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第二添加要求的添加。第二添加要求要求所述添加是固定波长无方向分插应答机的添加。路径计算引擎还安排成如果所述第一节点处的任何所述添加都没有满足所述第二添加要求,则保留在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第三添加要求的添加。第三添加要求要求所述添加是可调谐波长方向限制分插应答机的添加。路径计算引擎还安排成如果所述第一节点处的任何所述添加都没有满足所述第三添加要求,则保留在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第四添加要求的添加。第四添加要求要求所述添加是可调谐波长无方向分插应答机的添加。

[0049] 因此可根据分插应答机类型的优选等级来保留添加,使得最先分配具有最少波长和输出方向灵活性的节点资源。

[0050] 在实施例中,光通信网络包括波长交换光网络。PCE 因此可用来遍及网络配置双向光路。

[0051] 本发明的第三方面提供包括多个分插应答机和控制器的光通信网络节点。所述多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个,分插应答机每个包括添加和分出。控制器安排成选择跨越光通信网络从所述节点到第二节点的路径。第二节点包括多个分插应答机,该多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个,分插应答机每个包括添加和分出。控制器还安排成标识可遍及所述路径连续使用的每个波长。控制器安排成选择满足第一波长要求的所述波长作为用于所述光路的传送波长。第一波长要求要求可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。控制器安排成如果第一波长要求没有得到满足,则选择满足第二波长要求的所述波长作为传送波长。第二波长要求要求可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。控制器安排成如果第二波长要求没有得到满足,则选择所述波长作为传

送波长,对于其可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。

[0052] 节点因此可以操作成通过使用最不灵活的可用分插应答机来配置光路,从而留下更多灵活的分插应答机以供在以后资源约束较严格时使用。节点可以操作成实现其资源和第二节点处的资源的适当采用。节点可实现考虑其分插应答机和第二节点处的分插应答机的实际约束的情况下来配置光路。节点因此可以操作成降低由第二节点具有可操作在与节点自身的分插应答机安排成操作在其的波长不兼容的波长处的分插应答机引起的光路的配置被阻塞的概率。节点可因此操作成使得在配置光路之前能够考虑第二节点处可用的分插应答机的波长兼容性。

[0053] 在实施例中,分插应答机通过至少一个光分插复用器来提供。在实施例中,至少一个光分插复用器包括可重新配置光分插复用器。节点因此可在考虑其可重新配置光分插复用器和第二节点的可重新配置光分插复用器中的实际性能和约束的情况下来配置光路。

[0054] 在实施例中,控制器安排成通过这样来选择路径:

d. 获得从第一节点到第二节点的候选路径的集合。每个所述候选路径包括多个链路;

e. 对于每个候选路径,标识包括在所述第一节点处的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述分插应答机的分出的每个添加-分出对。所述添加和所述分出可操作在共享的波长;以及

f. 选择具有最大数量的所述添加-分出对的所述候选路径。

[0055] 在实施例中,控制器还安排成接收开放最短路径优先业务工程 OSPF-TE 路由协议信号。OSPF-TE 路由协议信号包括光通信网络中分插应答机的数量的指示。OSPF-TE 路由协议信号还包括将每个所述分插应答机标识为固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一的指示。节点因此可接收第二节点的分插应答机能力信息,使得节点能动态配置其中其它节点的分插应答机能力被改变的光网络中的光路。

[0056] 在实施例中,控制器还安排成获得每个所述分插应答机的每个添加和分出的可用性。步骤 b 包括标识包括在所述第一节点处的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述分插应答机的分出的每个添加-分出对。所述添加和所述分出可操作在共享的波长并且对于在所述共享的波长处的使用是可用的。节点因此可动态配置其中分插应答机可用性改变的光网络中的光路。

[0057] 在实施例中,步骤 b 包括标识包括在所述第一节点处的所述固定波长类型的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述固定波长类型的所述分插应答机的分出的每个添加-分出对。所述添加和所述分出安排成可操作在共享的波长。步骤 b 还包括如果所述添加-分出对不存在,则标识包括在所述第一节点处的所述可调谐波长类型的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述可调谐波长类型的所述分插应答机的分出的每个添加-分出对。节点因此可最先使用对其可用的最不灵活的分插应答机来配置光路,从而留下更多灵活的分插应答机以供在以后资源约束较严格时使用。节点因此可实现其资源和在第二节点处的资源的适当采用。

[0058] 在实施例中,OSPF-TE 路由协议信号还包括每个分插应答机的添加和分出的可用

性的指示。

[0059] 在实施例中,控制器还安排成获得每个所述链路的波长可用性。步骤 b 包括,对于每个候选路径:

标识满足第一路径要求的每个添加-分出对,第一路径要求即所述添加-分出对包括在所述第一节点处的所述固定波长类型的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述固定波长类型的所述分插应答机的分出。所述添加和所述分出安排成操作在共享的波长并且相应共享的波长在所述候选路径的每个所述链路上可用;以及

如果任何所述添加-分出对都不满足所述第一路径要求,则确定所述候选路径的所述链路是否共享可用波长,并且如果它们确实如此的话,则标识满足第二路径要求的每个添加-分出对,第二路径要求即所述添加-分出对包括在所述第一节点处的所述可调谐波长方向限制类型的所述分插应答机的添加和在所述第二节点处的所述可调谐波长方向限制的所述分插应答机的分出。

[0060] 在实施例中,OSPF-TE 路由协议信号还包括每个所述链路的波长可用性的指示。节点因此可在光路的配置期间应用连续约束。对于每个候选路径仅标识共享的波长在路径的所有链路上对其可用的分插应答机对。这可降低由所选择波长不是遍及整个路径可用引起的光路被阻塞的概率。

[0061] 在实施例中,如果任何所述添加-分出对都没有满足所述第二路径要求,则步骤 b 包括对于每个所述候选路径,标识可遍及路径连续使用的每个波长。步骤 c 包括选择具有最大数量的所述波长的候选路径。

[0062] 在实施例中,节点安排成通过生成并传送包括遍及光路的标签集合的资源保留协议业务工程 RSVP-TE 信令协议信号来获得光路的每个链路的波长可用性,该标签集合安排成在遍及路径传播期间利用每个所述链路的波长可用性来被更新。这可实现获得沿着所选择光路的每个链路的实际波长可用性。

[0063] 在实施例中,如果可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少一个的添加在节点处可用,则标签集合最初包括从节点出发的光路的第一链路上可用的所有波长,并且如果所述添加不可用,则标签集合最初包括固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一的添加在节点处对其可用的所有波长。因此可仅利用从节点已知可用的波长来初始化标签集合。

[0064] 在实施例中,控制器还安排成使用最先适合波长选择来选择用于路径的传送波长。

[0065] 在实施例中,控制器还安排成生成保留信号,该保留信号安排成保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第一分出要求的分出。第一分出要求要求所述分出是固定波长方向限制分插应答机的分出。控制器还安排成如果所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第一分出要求,则生成安排成保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第二分出要求的分出的保留信号。第二分出要求要求所述分出是固定波长无方向分插应答机的分出。控制器还安排成如果所述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第二分出要求,则生成安排成保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第三分出要求的分出的保留信号。第三分出要求要求所述分出是可调谐波长方向限制分插应答机的分出。控制器还安排成如果所

述第二节点处的任何所述分出都没有满足所述第三分出要求,则生成安排成保留在所述第二节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第四分出要求的分出的保留信号。第四分出要求要求所述分出是可调谐波长无方向分插应答机的分出。

[0066] 节点因此可根据分插应答机类型的优选等级来保留第二节点处的分出,使得最先分配第二节点处具有最少波长和输出方向灵活性的资源。

[0067] 在实施例中,控制器还安排成选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的添加。

[0068] 在实施例中,路径计算引擎还安排成生成控制信号,该控制信号安排成使第一节点保留所选择的添加。

[0069] 在实施例中,控制器还安排成生成控制信号,该控制信号安排成使第一节点保留在用于光路的所选择传送波长处的添加。

[0070] 在实施例中,控制器还安排成通过选择在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第一添加要求的添加来保留在所述第一节点处的所述添加。第一添加要求要求所述添加是固定波长方向限制分插应答机的添加。控制器还安排成如果所述第一节点处的任何所述添加都没有满足所述第一添加要求,则保留在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第二添加要求的添加。第二添加要求要求所述添加是固定波长无方向分插应答机的添加。控制器还安排成如果所述第一节点处的任何所述添加都没有满足所述第二添加要求,则保留在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第三添加要求的添加。第三添加要求要求所述添加是可调谐波长方向限制分插应答机的添加。控制器还安排成如果所述第一节点处的任何所述添加都没有满足所述第三添加要求,则保留在所述第一节点处可操作在所述传送波长的所述分插应答机的满足第四添加要求的添加。第四添加要求要求所述添加是可调谐波长无方向分插应答机的添加。

[0071] 节点因此可根据分插应答机类型的优选等级来保留其添加中的一个,使得最先分配其具有最少波长和输出方向灵活性的资源。

[0072] 在实施例中,光通信网络包括波长交换光网络。

[0073] 本发明的第四方面提供具有实施于其中的计算机可读指令的数据载体。所述计算机可读指令用于提供到处理器上可用的资源的访问。计算机可读指令包括使处理器执行配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法的任何以上步骤的指令。

[0074] 现在将参考附图仅以示例的方式来描述本发明的实施例。

## 附图说明

[0075] 图 1 示出根据本发明的第一个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法的步骤;

图 2 示出根据本发明的第二个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法中选择从第一节点到第二节点的路径的步骤;

图 3 示出根据本发明的第三个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法的步骤;

图 4 示出根据本发明的第四个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光

路的方法中选择从第一节点到第二节点的路径的步骤；

图 5 示出根据本发明的第五个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法中选择从第一节点到第二节点的路径的步骤；

图 6 示出根据本发明的第六个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法的步骤；

图 7 示出根据本发明的第七个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法中选择从第一节点到第二节点的路径的步骤；

图 8 示出根据本发明的第八个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法的步骤，选择光路的步骤在图 7 中示出；

图 9 示出根据本发明的第九个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法的步骤，选择光路的步骤在图 7 中示出；

图 10 示出根据本发明的第十个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法中选择从第一节点到第二节点的路径的步骤；

图 11 示出根据本发明的第十一个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法中选择从第一节点到第二节点的路径的步骤；

图 12 示出根据本发明的第十二个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法中选择从第一节点到第二节点的路径的步骤的部分；

图 13 示出根据本发明的第十三个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法中选择从第一节点到第二节点的路径的步骤的部分；

图 14 是从第一节点(源 S)到第二节点(目的地 d)的三个候选路径的示意性图示；

图 15 示出泛欧网络拓扑；

图 16 示出通过应用其中没有关于分插应答机遍及网络分布的信息的路径计算的已知方法(方块数据点)以及配置本发明的分插应答机能力(交叉数据点)、分插应答机可用性(菱形数据点)、分插应答机能力和链路的波长可用性(圆圈数据点)以及分插应答机可用性和链路的波长可用性(三角形数据点)的方法来获得的作为网络负载的函数的阻塞概率；

图 17 示出与基于对于分插应答机的数量和类型(亮交叉数据点)和分插应答机的数量和类型、以及链路的波长可用性(菱形数据点)的最先适合波长选择来配置光路的已知方法相比，应用利用分插应答机的数量和类型(黑体交叉数据点)以及分插应答机的数量和类型与链路的波长可用性(圆圈数据点)来配置的本发明的光路的方法来获得的作为网络负载的函数的阻塞概率；

图 18 是根据本发明的第十四个实施例的路径计算引擎的示意性表示；以及

图 19 是根据本发明的第十五个实施例的光通信网络节点的示意性表示。

## 具体实施方式

[0076] 本发明的第一个实施例提供配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法 10。每个节点包括多个分插应答机，多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个。

[0077] 可被称为有色和方向限制 (C-D) 分插应答机的固定波长方向限制是这样的分插

应答机 :对于其而言,添加和分出可操作在的波长是固定的,要添加的信道可被接收的方向是固定的、以及要分出的信道可被传递的方向是固定的。

[0078] 可被称为有色和无方向 (C-DL) 分插应答机的固定波长无方向分插应答机是这样的分插应答机 :对于其而言,添加和分出可操作在的波长是固定的,要添加的信道可被接收的方向可以是变化的以及要分出的信道可被传递的方向可以是变化的。

[0079] 可被称为无色和方向限制 (CL-D) 的可调谐波长方向限制分插应答机是这样的分插应答机 :对于其而言,添加和分出可操作在的波长可以是变化的,要添加的信道可被接收的方向是固定的以及要分出的信道可被传递的方向是固定的。

[0080] 可被称为无色和无方向 (CL-DL) 的可调谐波长无方向分插应答机是这样的分插应答机 :对于其而言,添加和分出可操作在的波长可以是变化的,要添加的信道可被接收的方向可以是变化的以及要分出的信道可被传递的方向可以是变化的。

[0081] 每个节点中有至少两个分插应答机,分插应答机包括分插应答机的四种类型 (C-D、C-DL、CL-D 和 CL-DL) 中任何类型的至少两个。每个节点因此可包括单个类型的至少两个应答机或者其中每个具有不同类型的至少两个应答机。

[0082] 方法 10 的步骤在图 1 中示出。方法 10 包括 :选择从第一节点到第二节点的路径 12 ;标识可遍及所述路径连续使用的每个波长 14 ;以及选择用于所述光路的传送波长 16。

[0083] 方法 10 包括选择满足第一波长要求的所述波长作为用于所述光路的传送波长 18、20、22。第一波长要求要求在每个所述节点处可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机是可用的 18。

[0084] 如果第一波长要求没有得到满足,则方法 10 包括选择满足第二波长要求的所述波长作为传送波长 22、24、26。第二波长要求要求在每个所述节点处可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机和可操作在所述波长的固定波长无方向分插应答机中之一是可用的 24。

[0085] 如果第二波长要求没有得到满足,则方法 10 包括选择满足这样的所述波长作为传送波长 :对于其而言,在每个所述节点处可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机和可操作在所述波长的可调谐波长无方向分插应答机中之一是可用的 22、28、30。

[0086] 在所述波长要求没有一个得到满足时,光路的配置被阻塞 32、34。

[0087] 该实施例因此实现考虑在第一和第二节点处分插应答机的添加 - 分出能力 (数量和类型) 的情况下配置光路。

[0088] 本发明的第二个实施例提供配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法。该实施例的方法类似于第一个实施例的方法 10,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0089] 该实施例的选择从第一节点到第二节点的路径 12 的步骤 40 在图 2 中示出。通过这样来选择路径 :

- a. 获得从第一节点到第二节点的候选路径的集合,每个候选路径包括多个链路 42 ;
- b. 对于每个候选路径,标识包括在第一节点处的分插应答机的添加和在第二节点处的分插应答机的分出的每个添加 - 分出对,并且对于其添加和分出可操作在共享的波长 44 ;以及
- c. 选择具有最大数量的所标识添加 - 分出对的候选路径 46。



[0090] 由于每个候选路径包括多个链路,所以将领会的是每个候选路径因此包括一个或多个中间节点。每个链路是双向链路并且要在第一节点与第二节点之间配置的路径因此将是双向路径,即路径将能够在每个添加-分出对的分插应答机之间从第一节点携带业务到第二节点并且反之亦然。将领会的是,在该方法包括标识包括在第一节点处的添加和在第二节点处的分出的添加-分出对的同时,作为结果,为从第二节点到第一节点的传送定义包括在第二节点处的相应添加和在第一节点处的相应分出的互补添加-分出对。

[0091] 将理解,尽管添加-分出对内的添加和分出可操作在同一波长,但每个添加-分出对可以可操作在不同波长。

[0092] 图 3 示出根据本发明的第三个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法 50 的步骤。该实施例的方法 50 类似于图 1 的方法 10,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0093] 在该实施例中,方法 50 还包括初始化步骤 52,该初始化步骤 52 包含生成开放最短路径优先业务工程 OSPF-TE 路由协议信号。将 OSPF-TE 路由协议扩展以广告网络中的分插应答机的数量和类型。生成的 OSPF-TE 路由协议信号包括网络中的分插应答机的数量的指示以及每个分插应答机的类型的指示,即将每个分插应答机标识为 C-D 分插应答机、C-DL 分插应答机、CL-D 分插应答机和 CL-DL 分插应答机中之一的指示。

[0094] 遍及光通信网络广告 OSPF-TE 路由协议信号使得遍及网络充满指示网络中分插应答机的数量和类型的信息。

[0095] 将领会的是,在该方法用来遍及通信网络配置多个不同路径时,OSPF-TE 路由协议信号不需要在配置每个路径之前被生成和广告,而是可仅在应用该方法的剩余步骤来配置每个路径之前被生成和广告。

[0096] 还将领会的是,在使用 OSPF-TE 路由协议中假定通用多协议标签交换协议 GMPLS 控制平面。

[0097] 本发明的第四个实施例提供配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法。该实施例的选择从第一节点到第二节点的路径的步骤 60 在图 4 中示出。该实施例的方法的剩余步骤与图 1 或图 3 中所示的那些步骤相同。

[0098] 该实施例的选择路径的方法 60 类似于图 2 中所示的选择路径的步骤 40,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0099] 在该实施例中,路径的选择开始于获得在第一和第二节点中每个节点处的每个分插应答机的每个添加和每个分出的可用性。在标识可操作在共享的波长的添加-分出对的步骤 64 中,该实施例中路径的选择还要求对中的添加和分出对于在共享的波长处的使用是可用的。该实施例因此实现在考虑分插应答机能力和可用性两者的情况下来配置光路。

[0100] 本发明的第五个实施例提供配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法。该实施例的选择从第一节点到第二节点的路径的步骤 70 通过获得在第一节点和第二节点处的每个分插应答机的每个添加和每个分出的可用性来初始化。选择路径的剩余步骤 70 在图 5 中示出。该实施例的方法的剩余步骤与图 1 或图 3 中所示的那些步骤相同。

[0101] 该实施例的选择路径的步骤 70 类似于图 2 中所示的选择路径的步骤 40,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0102] 选择路径的步骤 70 通过获得在第一节点和第二节点处的每个分插应答机的每个

添加和每个分出的可用性来初始化。选择路径的步骤 70 还包括：

- a. 获得从第一节点到第二节点的候选路径的集合,每个候选路径包括多个链路 42;
- b. 对于每个候选路径:

- i. 标识包括在第一节点处的固定波长(即 C-D 或 C-DL)分插应答机的添加和在第二节点处的固定波长分插应答机的分出的每个添加 - 分出对,添加和分出安排成操作在共享的波长 72;以及

- ii. 如果所述添加 - 分出对不存在,则标识包括在第一节点处的可调谐波长(即 CL-D 或 CL-DL)分插应答机的添加和在第二节点处的可调谐波长分插应答机的分出的每个添加 - 分出对 74;以及

- c. 选择具有最大数量的所标识添加 - 分出对的候选路径 46。

[0103] 该实施例的方法由此选择相对于包括可调谐波长对的添加 - 分出对而言更优选的包括固定波长分插应答机的添加 - 分出对。这可确保可调谐波长分插应答机保持对于在除了固定波长分插应答机操作在的波长之外的波长的使用是可用的。

[0104] 图 6 示出根据本发明的第六个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法 80 的步骤。该实施例的方法 80 类似于图 1 的方法 10,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0105] 在该实施例中,方法 80 还包括初始化步骤 82,该初始化步骤 82 包含生成开放最短路径优先业务工程 OSPF-TE 路由协议信号。将 OSPF-TE 路由协议扩展以广告网络中的分插应答机的数量、类型和可用性。生成的 OSPF-TE 路由协议信号包括网络中的分插应答机的数量的指示以及每个分插应答机的类型的指示,即将每个分插应答机标识为 C-D 分插应答机、C-DL 分插应答机、CL-D 分插应答机和 CL-DL 分插应答机中之一的指示。生成的 OSPF-TE 路由协议信号还包括每个分插应答机的添加和分出的可用性的指示,即每个添加和每个分出是否对于使用是可用的或其是否已经在使用中并且因此对于正被配置的路径的使用是不可用的。

[0106] 遍及光通信网络广告 OSPF-TE 路由协议信号使得遍及网络充满指示网络中分插应答机的数量、类型和可用性的信息。

[0107] 将领会的是,在该方法用来遍及通信网络配置多个不同路径时,OSPF-TE 路由协议信号不需要在配置每个路径之前被生成和广告,而是可仅在应用该方法的剩余步骤来配置路径的每个之前被生成和广告。

[0108] 还将领会的是,在使用 OSPF-TE 路由协议时假定通用多协议标签交换协议 GMPLS 控制平面。

[0109] 本发明的第七个实施例提供配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法。该实施例的选择从第一节点到第二节点的路径的步骤 90 在图 7 中示出。该实施例的选择路径的步骤 70 类似于图 2 中所示的选择路径的步骤 40,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字和字母。

[0110] 该实施例的方法的剩余步骤与图 1、图 3 或图 6 中所示的那些步骤相同。

[0111] 选择路径的步骤 90 包括：

获得在第一节点和第二节点处的每个分插应答机的每个添加和每个分出的可用性 92;

- a. 获得从第一节点到第二节点的候选路径的集合,每个候选路径包括多个链路 42 ;  
获得对于每个候选路径的每个链路的波长可用性 94 ;
- b. 对于每个候选路径 :
  - i. 标识满足第一路径要求的每个添加 - 分出对,第一路径要求即添加 - 分出对包括在第一节点处的固定波长(即 C-D 或 C-DL)分插应答机的添加和在第二节点处的固定波长分插应答机的分出,添加和分出安排成操作在共享的波长并且相应的共享的波长在候选路径的每个链路上可用 96 ;
  - ii. 如果任何添加 - 分出对都没有满足第一路径要求,则确定候选路径的链路是否共享可用波长,并且如果它们确实如此,则标识满足第二路径要求的每个添加 - 分出对,第二路径要求即添加 - 分出对包括在第一节点处的可调谐波长方向限制(即 CL-D)分插应答机的添加和在第二节点处的 CL-D 分插应答机的分出 98 ;以及
- c. 选择具有最大数量的所标识添加 - 分出对的候选路径 46。

[0112] 该实施例因此实现考虑在第一和第二节点处分插应答机的添加 - 分出可用性(数量、类型和可用性)和链路的波长可用性的情况下来配置光路。

[0113] 图 8 示出根据本发明的第八个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法 100 的步骤。该实施例的方法 100 类似于图 6 的方法 80,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0114] 在该实施例中,初始化步骤包括生成开放最短路径优先业务工程 OSPF-TE 路由协议信号 102。将 OSPF-TE 路由协议扩展以广告网络中的分插应答机的数量和类型以及每个链路的波长可用性。生成的 OSPF-TE 路由协议信号包括网络中的分插应答机的数量的指示以及每个分插应答机的类型的指示,即将每个分插应答机标识为 C-D 分插应答机、C-DL 分插应答机、CL-D 分插应答机和 CL-DL 分插应答机中之一的指示。生成的 OSPF-TE 路由协议信号还包括网络中每个链路的波长可用性的指示,即哪个波长或哪些波长对于在每个链路上的使用是可用的并且没有已经被另一路径使用。

[0115] 该实施例因此实现考虑在第一和第二节点处分插应答机的添加 - 分出能力(数量和类型)以及链路的波长可用性的情况下来配置光路。

[0116] 图 9 示出根据本发明的第九个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法 110 的步骤。该实施例的方法 110 类似于图 6 的方法 80,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0117] 在该实施例中,初始化步骤包括生成开放最短路径优先业务工程 OSPF-TE 路由协议信号 112,该 OSPF-TE 路由协议信号 112 另外包括网络中的每个链路的波长可用性的指示,即哪个波长或哪些波长对于在每个链路上的使用是可用的并且没有已经被另一路径使用。

[0118] 将 OSPF-TE 路由协议扩展以广告网络中的分插应答机的数量和类型以及每个链路的波长可用性。

[0119] 本发明的第十个实施例提供配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法。该实施例的选择从第一节点到第二节点的路径的步骤 120 在图 10 中示出。该实施例的选择路径的步骤 120 类似于图 7 中所示的选择路径的步骤 90,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字和字母。

[0120] 该实施例的方法的剩余步骤与图 1、图 3、图 6、图 8 和图 9 的任一个中所示的那些步骤相同。

[0121] 在该实施例中,步骤 b 还包括:

iii. 如果没有任何所述添加-分出对满足所述第二路径要求,则标识可遍及路径连续使用的每个波长 122。

[0122] 步骤 c 包括选择具有最大数量的所述波长的候选路径 124。

[0123] 图 11 示出根据本发明的第十一个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法 130 的步骤。该实施例的方法 130 类似于图 1 的方法 10,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0124] 在该实施例中,最先适合波长选择应用到选择波长作为用于光路的传送波长 132。

[0125] 在最先适合波长选择中,给通信网络内的每个波长分配波长索引(index),并且如果多个波长可用来从中选择并且其中每个波长满足连续约束,则最先选择具有最低索引的波长。最先适合波长选择将对本领域的技术人员是熟悉的,所以将不在此做进一步详细描述。

[0126] 图 12 示出根据本发明的第十二个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法 140 的步骤的部分。该实施例的方法 140 类似于图 1 的方法 10,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0127] 为了清楚起见,图 12 中仅示出步骤 12 和 22,但将领会该实施例的方法 140 另外包括如图 1 中全部示出的步骤 14-20 和 24-34。

[0128] 在该实施例中,方法 140 还包括:

i. 保留在所述第二节点处可操作在传送波长的分插应答机的满足第一分出要求的分出,第一分出要求即所述分出是 C-D 分插应答机的分出 142;

ii. 以及如果在第二节点处的任何分出都没有满足第一分出要求,则保留在第二节点处可操作在传送波长的分插应答机的满足第二分出要求的分出,第二分出要求即分出是 C-DL 分插应答机的分出 144;

iii. 以及如果在第二节点处的任何分出都没有满足第二分出要求,则保留在第二节点处可操作在传送波长的分插应答机的满足第三分出要求的分出,第三分出要求即分出是 CL-D 分插应答机的分出 146;

iv. 以及如果在第二节点处的任何分出都没有满足第三分出要求,则保留在第二节点处可操作在传送波长的分插应答机的满足第四分出要求的分出,第四分出要求即分出是 CL-DL 分插应答机的分出 148。

[0129] 方法 140 因此根据其中最先分配最不灵活的分出(C-D)而最后分配最灵活的分出(CL-DL)的优选等级来保留在第二节点处的分出。因此可通过仅在没有其它分出可用时保留最灵活的分出来最大化资源的利用。

[0130] 图 13 示出根据本发明的第十三个实施例配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路的方法 150 的步骤的部分。该实施例的方法 150 类似于图 12 的方法 140,具有以下修改。对于对应步骤保留相同的参考数字。

[0131] 在该实施例中,方法 150 还包括选择在第一节点处可操作在传送波长的分插应答机的添加 152。根据以上描述的不同优选等级(C-D, 然后 C-DL, 然后 CL-D, 然后 CL-DL)来

选择添加。

[0132] 方法 150 还可包括生成控制信号,该控制信号安排成使第一节点选择在光路的所选择传送波长处的添加并且保留该选择的添加。方法 150 还可备选地包括生成安排成使第一节点保留选择的添加的控制信号。

[0133] 现在将参考图 14 来描述根据本发明的第十四个实施例配置光通信网络中从第一(源)节点 s 到第二(目的地)节点 d 的光路的方法。

[0134] 在该示例中,第一节点 s 包括五个 C-D 分插应答机 160-168 和一个 C-DL 分插应答机 170。第一个分插应答机 60 可操作在第一波长 W1 并且其输出方向固定在将第一节点 s 与第一中间节点 x 连接的第一链路 172 上。第二个分插应答机 162 可操作在第二波长 W2,而第三个分插应答机 164 可操作在第三波长 W3。第二个和第三个分插应答机 162、164 每个具有到第一节点 s 与第二中间节点 z 之间的第二链路 174 上的固定输出方向。第五个分插应答机 166 可操作在第五波长 W5 而第六个分插应答机 168 可操作在第六波长 W6。第五个和第六个分插应答机 166、168 具有连接到第三链路 176 的方向上固定的输出,第三链路 176 将第一节点 S 连接到第三中间节点 i。第四个分插应答机 170 可操作在第四波长 W4 并且该输出的方向可变化使得可输出到连接到第一节点 s 的三个链路 172、174、176 中的任一个。

[0135] 第二节点 d 具有六个 C-D 分插应答机 178-188。第一个分插应答机 178 可操作在第一波长 W1 并且具有耦合到从第二节点 d 延伸到第四中间节点 y 的第四链路 190 的固定方向输出。在第二节点 d 处的第二个分插应答机 180 可操作在第二波长 W2,在第二节点处的第三个分插应答机 182 可操作在第三波长 W3,而在第二节点处的第四个分插应答机 184 可操作在第四波长 W4。第二个、第三个和第四个分插应答机 180、182、184 中的每个具有耦合到从第二节点 d 到第二中间节点 z 的第五链路 192 的固定方向输出。第二节点的第五个分插应答机 186 可操作在第五波长 W5,而在第二节点处的第六个分插应答机 188 可操作在第六波长 W6。第五个和第六个分插应答机 186、188 具有耦合到在第二节点 d 与第五中间节点 k 之间的第六链路 196 的固定方向输出。每个分插应答机包括添加和分出。该实施例中每个节点处的分插应答机通过在第一节点 s 和第二节点 d 中的每个节点处的可重新配置光分插复用器(ROADM)来提供。

[0136] 在该实施例中,通过使用已经被扩展以广告添加/分出能力的 OSPF-TE 路由协议信号来遍及整个网络广告分插应答机能力,即分插应答机的数量和每个分插应答机的类型(C-D、C-DL、CL-D 或 CL-DL)。向第一节点 s 和第二节点 d 提供它们的本地添加和分出的更新的可用性信息。

[0137] 该实施例的方法包括选择从第一节点 s 到第二节点 d 的路径。如果第一节点 s 没有可用的添加,则不能配置路径。否则,生成跨越网络的从第一到第二节点的候选路径的集合。对于每个候选路径,计算可操作在同一波长的可能的可用固定波长(C-)添加/分出对的数量 N。在该实施例中,假定在第二节点处的分出是可用的。

[0138] 添加/分出对的数量 N 包括四个贡献  $N_1+N_2+N_3+N_4$ 。N1 包括包含可操作在同一波长的 C-D 添加的添加/分出对的数量,N2 包括包含可操作在同一波长的 C-D 添加和 C-DL 分出的添加/分出对的数量,N3 包括包含可操作在同一波长的 C-DL 添加和 C-D 分出的添加/分出对,而 N4 包括包含可操作在同一波长的 C-DL 添加和分出的添加/分出对的数量。

[0139] 参考图 14, 从第一节点到第二节点的第一候选路径  $s-x-y-d$  经由第一中间节点  $x$  和第四中间节点  $y$  来延伸。路径  $s-x-y-d$  包括包含 C-D 添加 160 和 C-D 分出 178 的一个添加 / 分出对, 因此  $N_1=1$ 。不存在其它类型的添加 / 分出, 因此  $N_2$ 、 $N_3$  和  $N_4$  的每个是 0, 并且  $N=1$ 。

[0140] 从第一节点到第二节点的第二候选路径  $s-z-d$  具有包括添加和分出 (即在第二和第三波长  $W_2$  和  $W_3$  的添加和分出) 的两个添加 / 分出对。路径  $s-z-d$  还包括包含在第四波长  $W_4$  的 C-DL 添加和在第四波长  $W_4$  的 C-D 分出的一个添加 / 分出对。因此, 路径  $s-z-d$  具有  $N_1=2$  和  $N_3=1$ 。没有其它类型的添加 / 分出, 因此  $N=3$ 。

[0141] 从第一节点到第二节点的第三候选路径  $s-i-k-d$  具有包括 C-D 添加和分出的两个添加 / 分出对, 因此  $N_1=2$ 。在该候选路径上不存在其它类型的添加 / 分出, 因此  $N_2$ 、 $N_3$  和  $N_4$  的每个等于 0, 而  $N=2$ 。

[0142] 选择具有最大数量的添加 / 分出对的候选路径来用作从第一节点  $s$  到第二节点  $d$  的光路。因此在该实施例中选择第二候选路径  $s-z-d$ , 这是由于它具有  $N=3$ 。

[0143] 在候选路径中的每个都没有可操作在同一波长的固定波长 (C-) 添加 / 分出对 (即  $N=0$ ) 的情境中, 对于每个候选路径计算  $N$  作为在候选路径上可用的可调谐波长添加 / 分出 (CL-D 或 CL-DL) 的数量。

[0144] 在从第一节点到第二节点的路径的选择之后, 方法然后如下文地包括标识可遍及所选择路径连续使用的每个波长。如果至少一个 CL 添加在路径的第一链路上可用, 则生成包括在该第一链路上的可用波长的集合的标签集合。在该示例中, 第一链路是从第一节点  $s$  到第二中间节点  $z$  的链路, 而在该链路上没有 CL 添加可用。因此将标签集合初始化为包括在第一链路上可用的波长, 在该示例中是在第一节点处 C-D 或 C-DL 添加对其可用的  $W_2$  和  $W_3$ 。在该示例中, 对于  $W_2$  和  $W_3$  的每个存在可用的 C-D 添加, 因此利用波长  $W_2$  和  $W_3$  来初始化标签集合。

[0145] 然后遍及选择的路径  $s-z-d$  传送 RSVP-TE 信令协议信号, 传播并且利用沿着路径的每个链路上的实际波长可用性来更新标签集合。在标签集合到达第二节点  $d$  时, 可标识对于在路径的每个链路上的使用可用的满足连续约束的每个波长。在该实施例中, 存在满足沿着路径的连续约束的一个波长  $W_2$ , 这是由于该波长在链路 174、192 两者上均可用。

[0146] 然后对于实现 C-D 添加 / 分出的波长执行最先适合波长选择, 其在该示例中选择  $W_2$  作为用于路径的波长。

[0147] 在其中没有 C-D 添加 / 分出对其可用的满足连续约束的波长的情况下, 最先适合应用到 C-D 和 C-DL 添加 / 分出对其可用的满足连续约束的波长。如果没有此类波长可用, 则最先适合应用到 CL-D 和 CL-DL 添加 / 分出对其可用的满足连续约束的波长。

[0148] 一旦已经选择了用于所选择路径的波长, 就保留在第二节点  $d$  处的分出。在该示例中, 保留可操作在  $W_2$  的分插应答机的分出。

[0149] 在第二节点处有多于一个分插应答机对于所选择波长可用的情况下, 根据如以上描述的优选等级来保留分出, 在该优选等级中, 最优选选择 C-D 分插应答机, 然后是 C-DL、CL-D, 而最不优选 CL-DL。

[0150] 一旦在第二节点处已经保留分出, 就生成 RSVP-TE 保留信号并且将其跨越路径传送到第一节点  $s$ 。通过应用优选等级, 然后选择在第一节点处可操作在可选择的所选择波长

的添加。在该示例中,选择可操作在 W2 的 C-D 添加。

[0151] 在遍及网络广告分插应答机能力和可用性时,也可使用该实施例的方法。

[0152] 再次参考图 14,本发明的第十五个实施例提供配置光通信网络中从第一节点 s 到第二节点 d 的光路的方法。该实施例的方法类似于之前实施例的方法,具有以下修改。

[0153] 在该实施例中,遍及网络广告分插应答机能力和每个链路的波长可用性。

[0154] 在该实施例中,一旦已经标识候选路径的集合,选择从第一节点到第二节点的路径的过程就包括标识遍及路径可操作在满足连续约束的同一波长处的可能添加 / 分出对的数量 N。

[0155] 在该实施例中,路径 s-x-y-d 具有可操作在波长 W1 的一个 C-D 添加 / 分出对并且路径的链路的每个在 W1 处可用。波长 W1 因此满足遍及路径的连续约束并且路径 s-x-y-d 具有值 N=1。

[0156] 如针对之前实施例所论述的,路径 s-z-d 具有可操作在共享的波长的三个添加 / 分出对,然而仅波长 W2 在路径的链路 174、192 两者上均可用,并且因此路径 s-z-d 也具有值 N=1。路径 s-i-k-d 具有可操作在波长 W5 和 W6 两者的两个 C-D 分插应答机对并且路径的链路 176、194、196 的每个在波长 W5 和 W6 两者均可用,因此这些波长两者均满足连续约束并且路径 s-i-k-d 具有值 N=2。

[0157] 在该示例中,选择具有最大 N 值的候选路径 s-i-k-d 作为从第一节点到第二节点的路径。

[0158] 在每个候选路径具有值 N=0 时,方法则包括计算具有满足连续约束的至少一个波长的每个候选路径的 CL-D 添加 / 分出的数量。如果对于每个候选路径又有 N=0,则方法包括计算沿着每个候选路径的满足连续约束的波长的数量。然后选择具有最大 N 值的候选路径。

[0159] 在也遍及网络广告分插应答机可用性时,也可使用该实施例的方法。

[0160] 通过使用 C++ 事件驱动仿真器,已经执行了关于图 15 中所示的泛欧网络拓扑的路径计算的仿真。使用的网络拓扑包括 17 个节点、33 个链路和 40 个波长。

[0161] 假定在每个节点处可用的添加和分出的数量是从每个节点外出的链路中波长信道的总数的 30%。仿真假定在每个节点处 10 个添加和分出是 C-DL,而剩余的添加和分出是 C-D。假定光路径请求在节点对中均匀分布。假定光路径请求的到达间 (inter-arrival) 和保持时间分别是具有均值  $1/\lambda$  和  $1/\mu = 500\text{s}$  的指数分布。从第一节点到第二节点的候选路径的集合包括根据最短路径的一个路程段 (hop) 内的所有路径。

[0162] 对以下五个不同网络情境的每个,执行路径计算仿真:

1. 没有遍及网络分布分插应答机信息 (NoT) 并且从候选路径的集合中随机选择路径;
2. 遍及网络分布分插应答机能力 (例如,如本发明的第三个实施例中那样);
3. 遍及网络分布分插应答机可用性 (例如,如本发明的第六个实施例中那样);
4. 遍及网络分布分插应答机能力和链路的波长可用性 (例如,如本发明的第八个实施例中那样);
5. 遍及网络分布分插应答机可用性和链路的波长可用性 (例如,如本发明的第九个实施例中那样)。

[0163] 对于所仿真情境的每个,作为网络负载的函数的阻塞概率在图 16 中示出:NoT(方块数据点);分插应答机能力(交叉数据点);分插应答机可用性(菱形数据点);分插应答机能力和链路的波长可用性(圆圈数据点);分插应答机可用性和链路的波长可用性(三角形数据点)。

[0164] 在 NoT 情境中,从候选路径的集合中随机选择从第一节点到第二节点的路径,并且仅提供分出的操作波长。如能从图 16 看到的,根据本发明配置光路的方法的实施例(即,情境 2-5)比其中没有遍及网络分布分插应答机信息的第一个情境经历更低的阻塞。实际上,利用 NoT 情境,很快用尽灵活的添加和分出(例如,C-DL),这是因为路由没有考虑添加/分出信息。相反,根据本发明配置光路的方法优选使用 C-D 分插应答机并且仅在严格需要时仅选择其它类型的分插应答机(例如,CL-DL)以供使用。

[0165] 从图 16 中还能看到,利用相对于其中仅提供分插应答机能力或可用性的情境 2 和 3 而言其中另外提供波长可用性的情境 4 和 5,获得高的阻塞降低。对此存在两个原因。第一,情境 2 和 3 经历的主要阻塞是由于缺乏遍及路径满足连续约束的波长。该阻塞贡献在可调谐的波长添加在第一节点处不可用时尤其占主导,使得仅利用在第一节点处添加对其可用的在第一链路上的可用波长来初始化标签集合。比较起来,在情境 4 和 5 中,路径配置还考虑每个链路的波长可用性,因此增加了找到具有满足连续约束的波长的路径的概率。第二,链路上的波长可用性严格与添加/分出能力和可用性相关。例如,如果第二节点具有可操作在链路 j 上的波长  $W_i$  的 C-D 分出,并且链路 j 上的  $W_i$  被通过第二节点的光路径使用,则第一节点将知道不能使用该分出,因此该信息在路径配置期间被考虑。

[0166] 通过将情境 1 的结果与情境 2 的结果比较以及将情境 3 的结果与情境 4 的结果比较,能看到提供分插应答机可用性提供了优于仅提供分插应答机能力的优点。在提供分插应答机可用性时,标签集合初始化为仅包括路径上的可用添加的波长。为此原因,不能选择在第一节点处没有添加对其可用的波长。另外,给出广告的分插应答机能力信息,可选择较不灵活的分插应答机可操作在的波长,因此节省 CL-DL 和 C-DL 添加以供以后使用。

[0167] 根据控制平面负载,必须广告以下的 OSPF-TE LSA 更新 (Up)。在 NoT 情况下,没有生成更新 (Up=0)。对于情境 2,刷新分插应答机能力信息但是在光路径建立后没有触发更新 (Up=0)。因此,NoT 和情境 2 根据 RSVP-TE 包产生类似的控制平面负载。对于情境 3,要求添加和分出可用性更新 Up=2。对于情境 4, Up=hp,其中 hp 是已经配置的路径中路段的数量,广告路径的链路上的波长可用性的改变。对于情境 5, Up=2+hp,更新已经配置的路径的链路上的波长可用性和添加和分出可用性。根据 RSVP-TE 包在业务负载为 300 厄兰 (Erlang) 得到的控制平面负载对于 NoT 和情境 2 是 5 包/s,对于情境 3 是 120 包/s,对于情境 4 是 174 包/s 以及对于情境 5 是 298.8 包/s。

[0168] 图 17 示出对于利用使用最先适合波长选择来配置光路的已知方法的情境 2(黑体交叉数据点)和 4(圆圈数据点)的每个情境而言作为网络负载的函数的比较阻塞概率,其中提供分插应答机能力(亮交叉数据点)以及分插应答机能力和链路上的波长可用性(菱形数据点)。如图 17 中所示的,情境 2 和 4 使得能节省灵活的添加/分出资源用于以后使用,因此实现路径阻塞的大幅降低。

[0169] 参考图 18,本发明的第十四个实施例提供路径计算引擎 PCE 200。在该示例中,在网络管理系统 NMS 202 内提供 PCE 200。



[0170] PCE 200 安排成配置光通信网络中从第一节点到第二节点的光路。每个节点包括多个分插应答机,该多个分插应答机包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个。分插应答机每个包括添加和分出。

[0171] PCE 200 安排成选择从第一节点到第二节点的路径、标识遍及所述路径可连续使用的每个波长以及选择用于光路的传送波长。PCE 200 安排成选择满足第一波长要求的所标识波长中的一个作为传送波长,第一波长要求即可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。PCE 200 还安排成如果第一波长要求没有得到满足,则选择满足第二波长要求的所标识波长中的一个。第二波长要求要求可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。PCE 200 还安排成如果第二波长要求没有得到满足,则选择所标识波长中的一个,对于其可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。

[0172] 本发明的第十五个实施例提供包括控制器 212 和多个分插应答机 214、216 的光通信网络节点 210。

[0173] 在该示例中,为了清楚起见仅示出两个分插应答机 214、216,但是将领会的是可提供更多数量的分插应答机。分插应答机 214、216 包括 C-D 分插应答机、C-DL 分插应答机、CL-D 分插应答机和 CL-DL 分插应答机中的至少两个。在该示例中,节点 210 包括 C-D 分插应答机 214 和 CL-D 分插应答机 216。将领会的是,分插应答机 214、216 可备选地包括分插应答机的四种可能类型中的不同类型以及两个分插应答机可为同一类型。每个分插应答机 214、216 包括添加 218a 和分出 220。

[0174] 控制器 212 安排成选择包括多个分插应答机的跨越光通信网络的从节点到第二节点的路径。第二节点的每个分插应答机类似地包括固定波长方向限制分插应答机、固定波长无方向分插应答机、可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中的至少两个,分插应答机每个包括添加和分出。

[0175] 控制器 212 还安排成标识遍及所选择路径可连续使用的每个波长以及选择用于光路的传送波长。控制器 212 安排成选择满足第一波长要求的所标识波长中的一个作为传送波长,第一波长要求即可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。控制器 212 还安排成如果第一波长要求没有得到满足,则选择满足第二波长要求的所标识波长中的一个。第二波长要求要求可操作在所述波长的固定波长方向限制分插应答机和固定波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。控制器 212 还安排成如果第二波长要求没有得到满足,则选择所标识波长中的一个,对于其可操作在所述波长的可调谐波长方向限制分插应答机和可调谐波长无方向分插应答机中之一在第一节点和第二节点中的每个节点处可用。

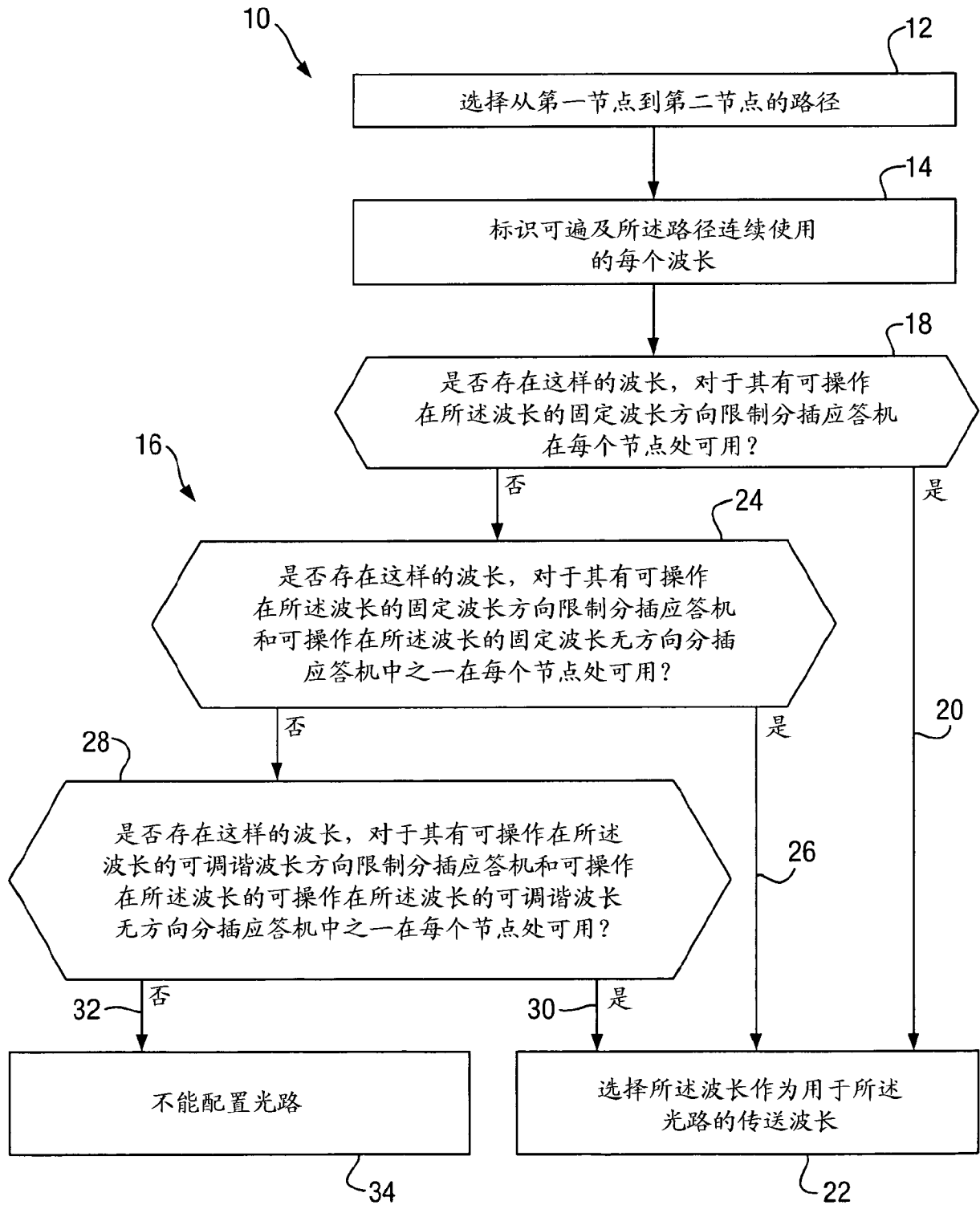


图 1

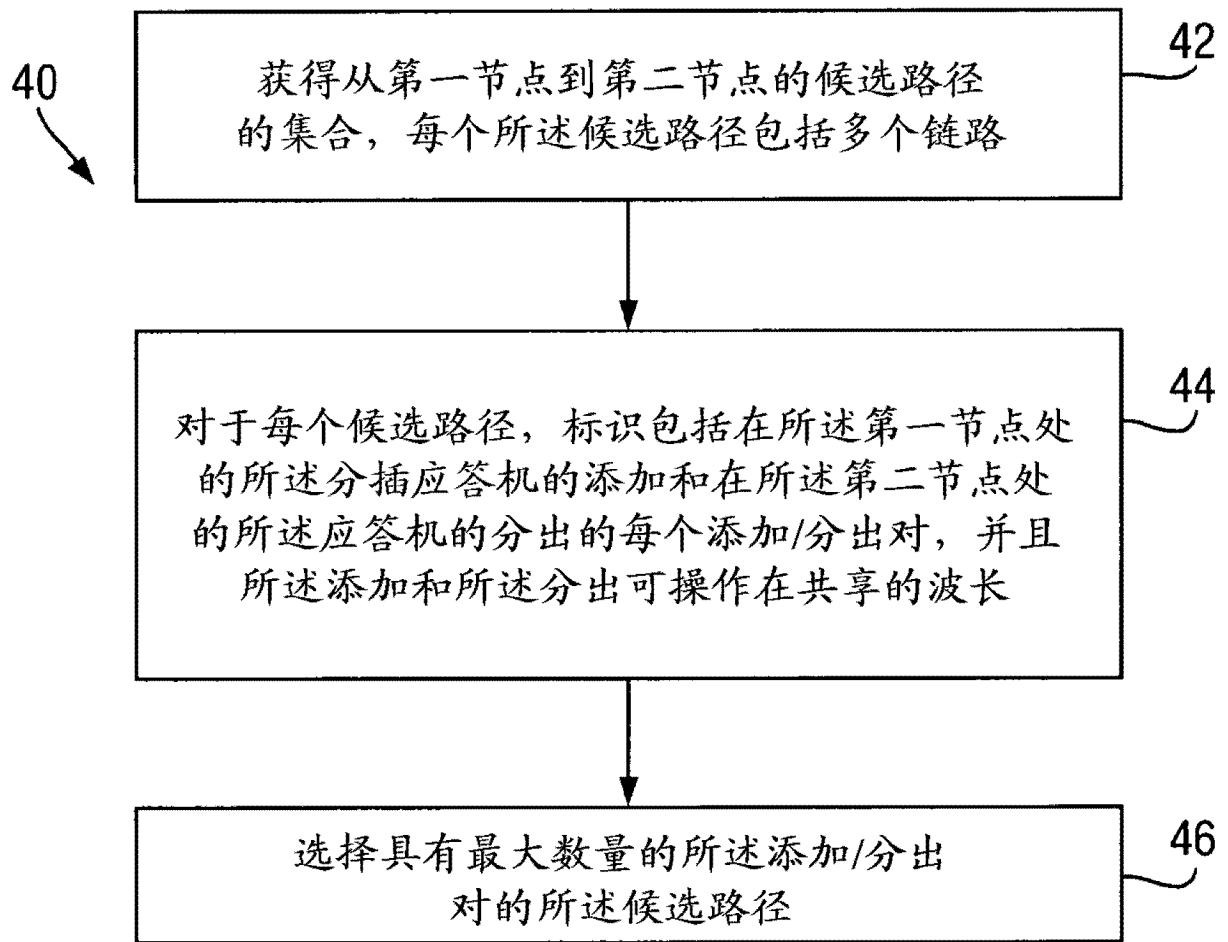


图 2

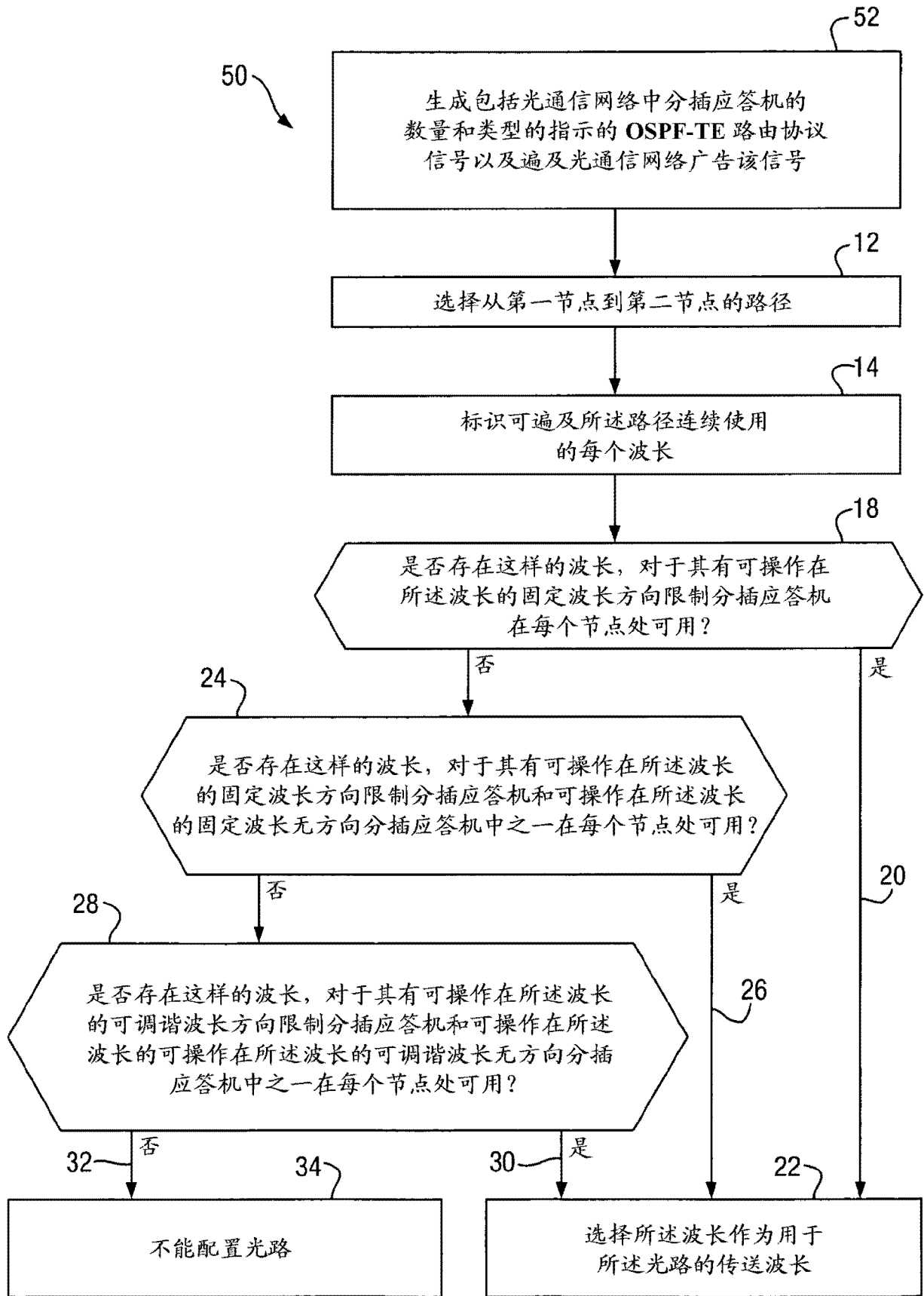


图 3

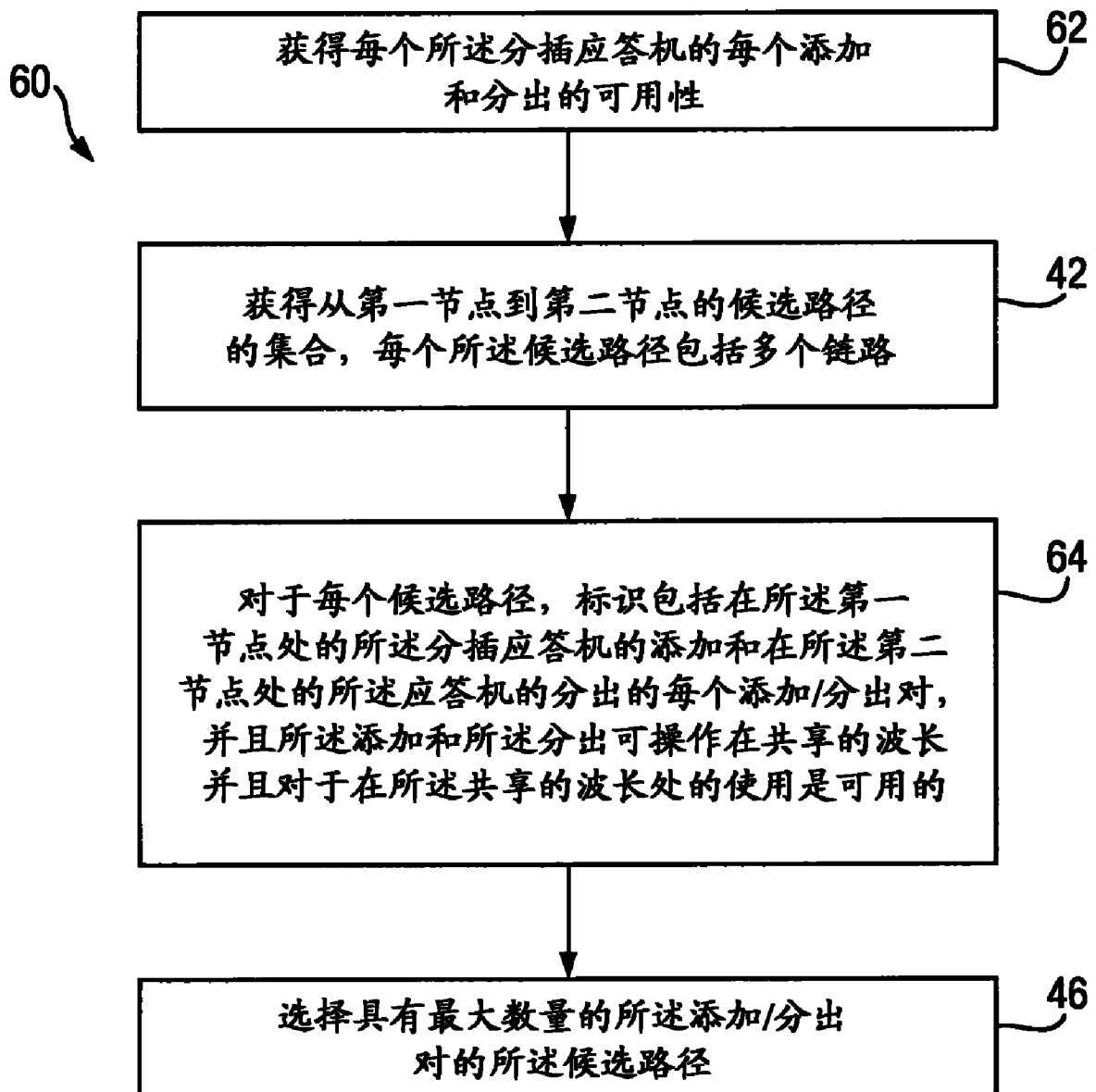


图 4

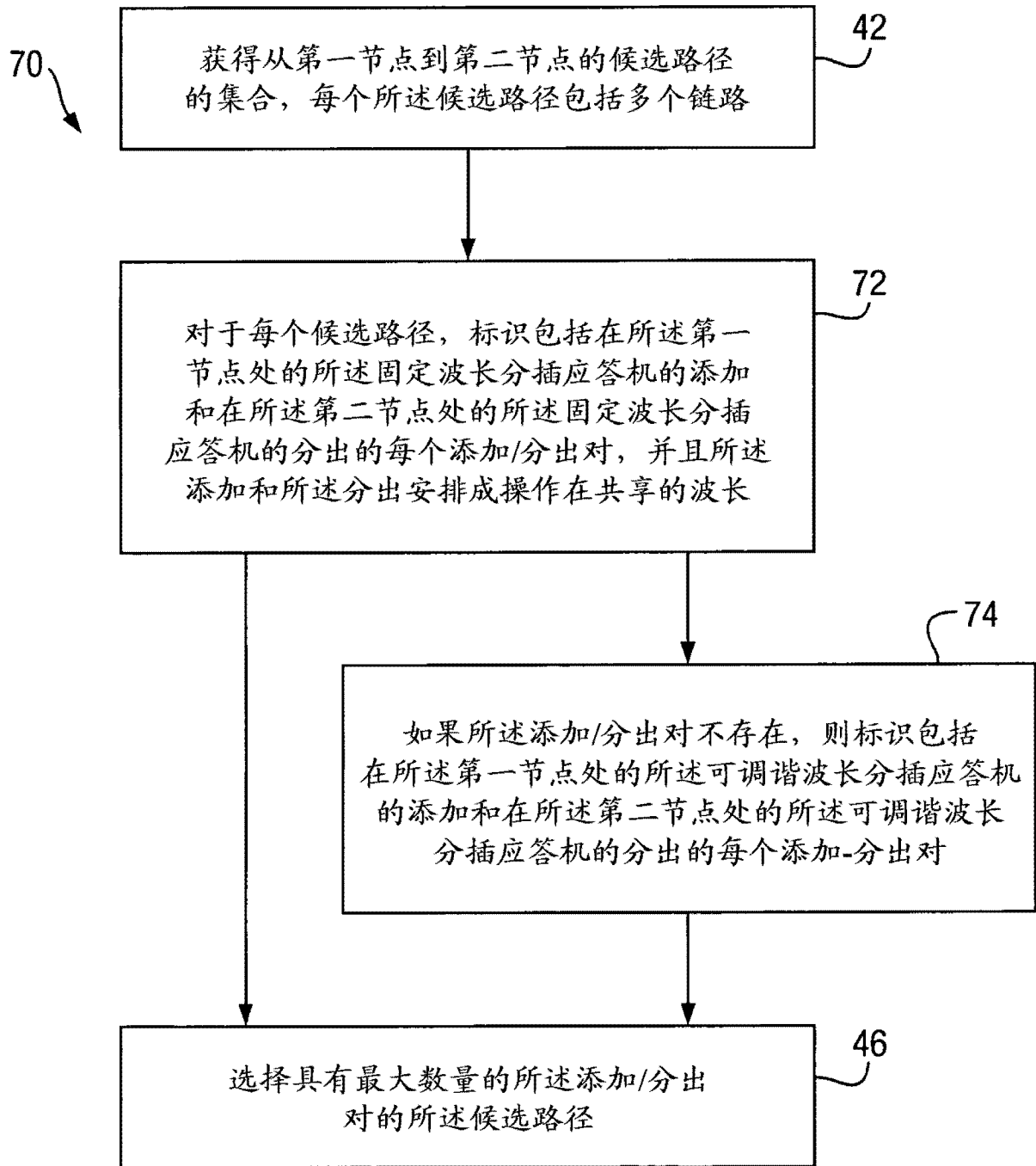


图 5

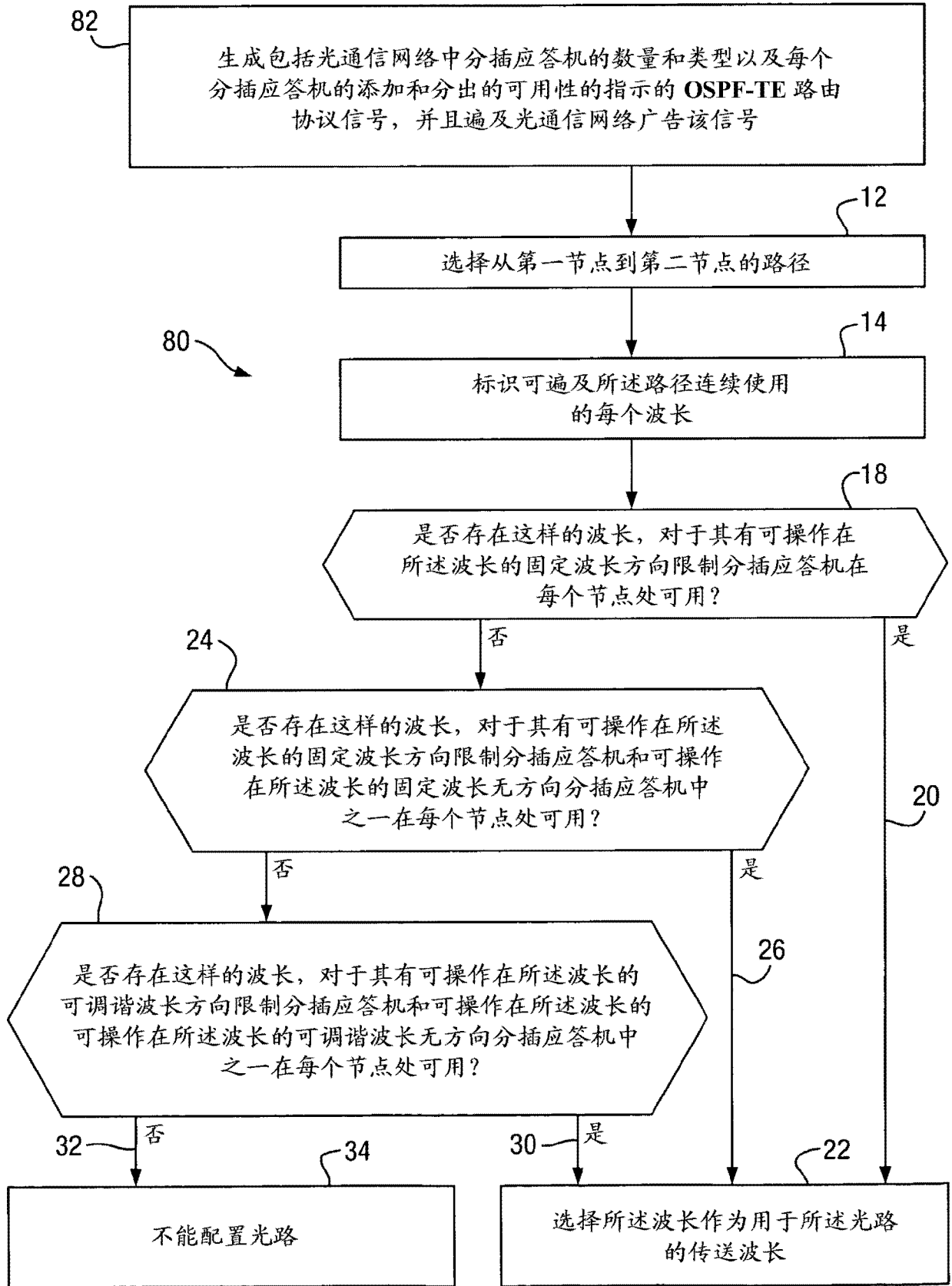


图 6

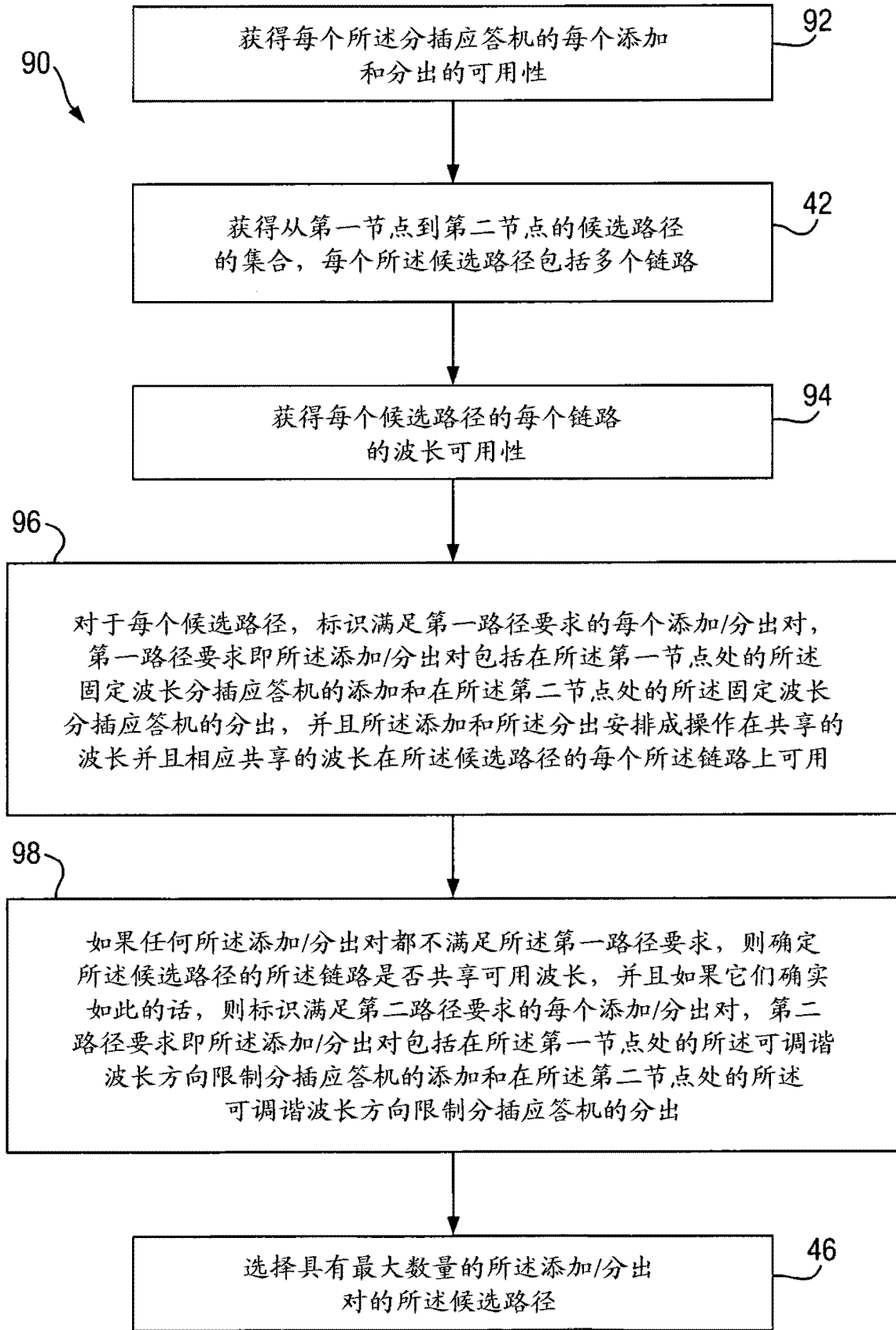


图 7



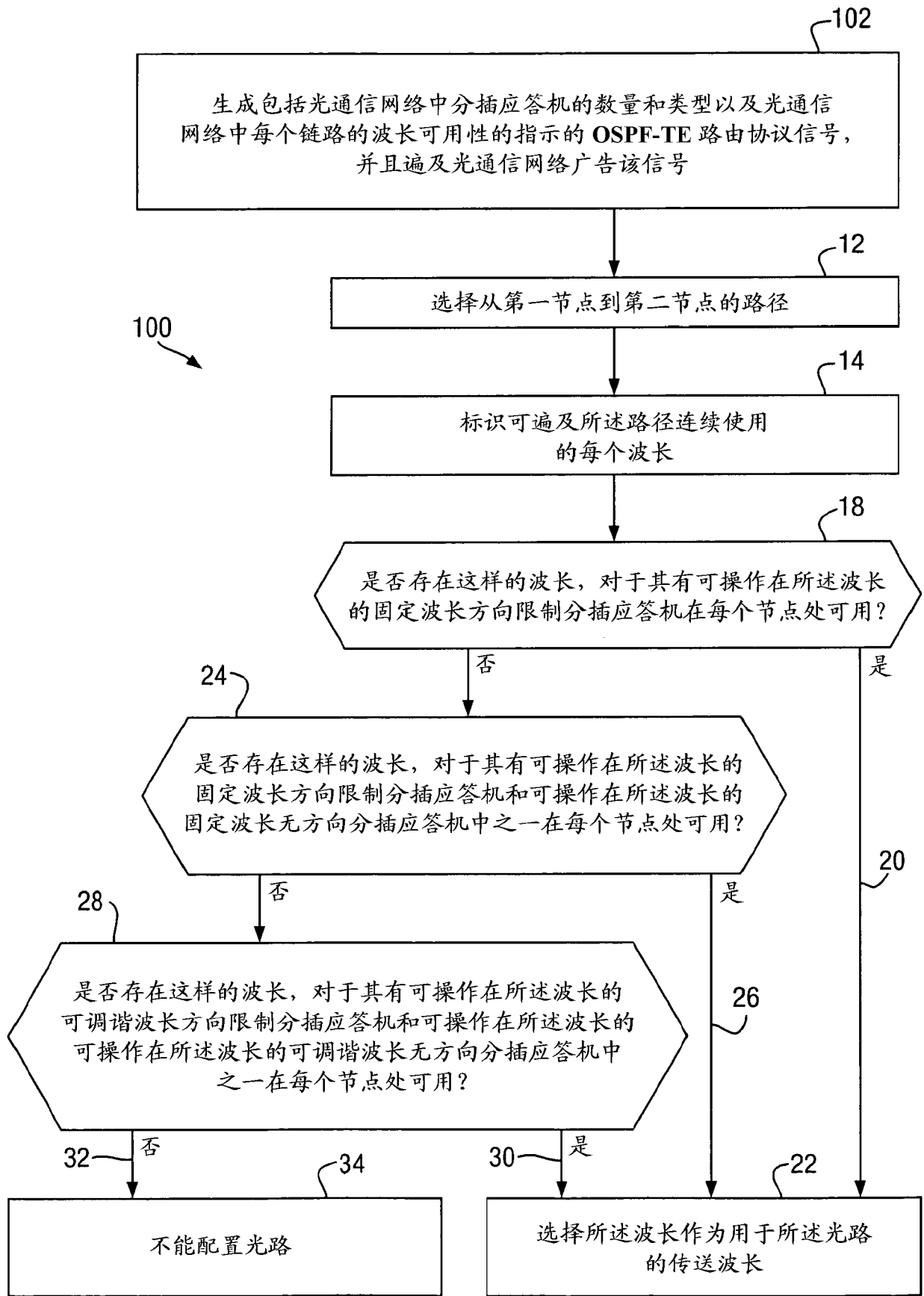


图 8

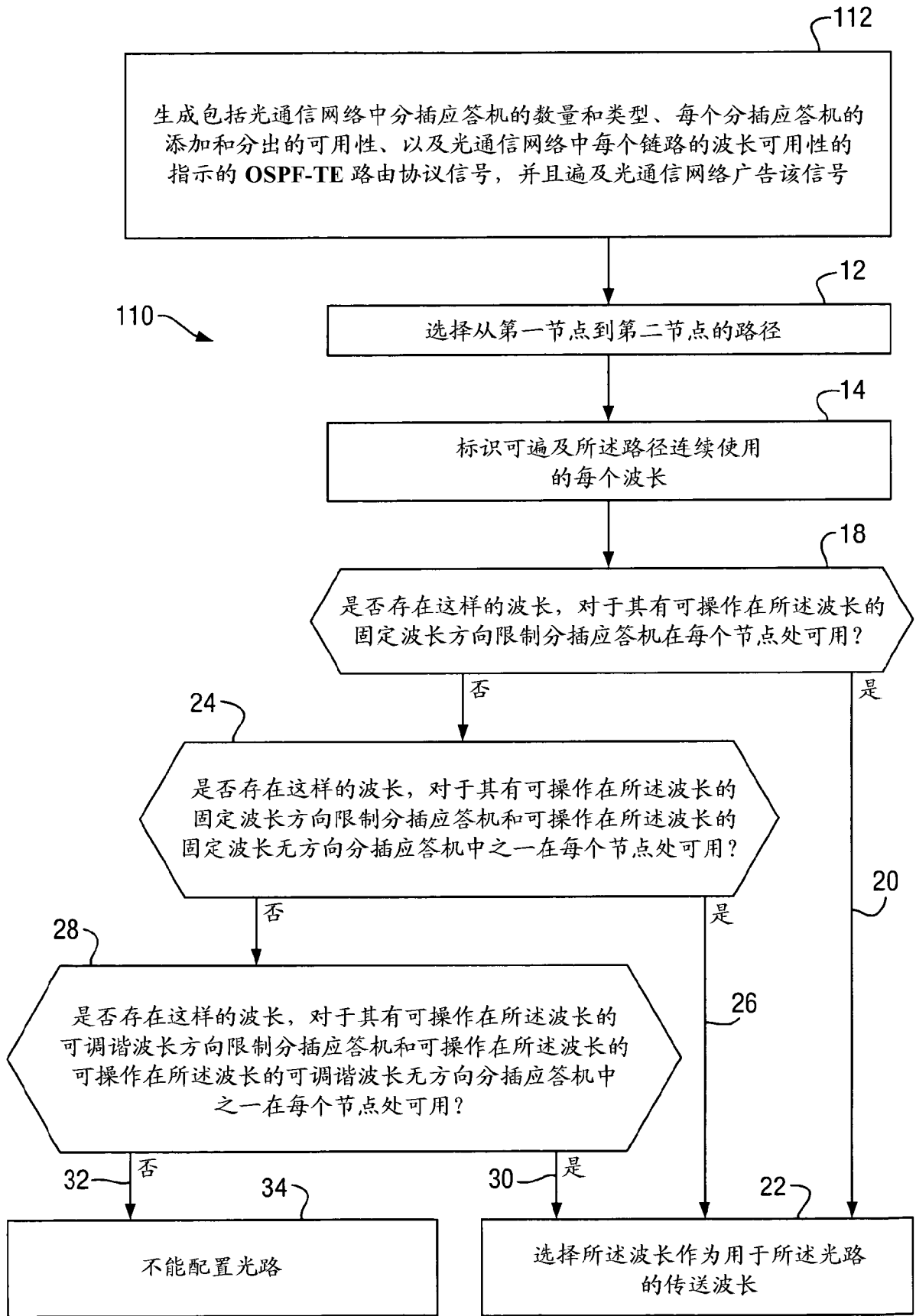


图 9

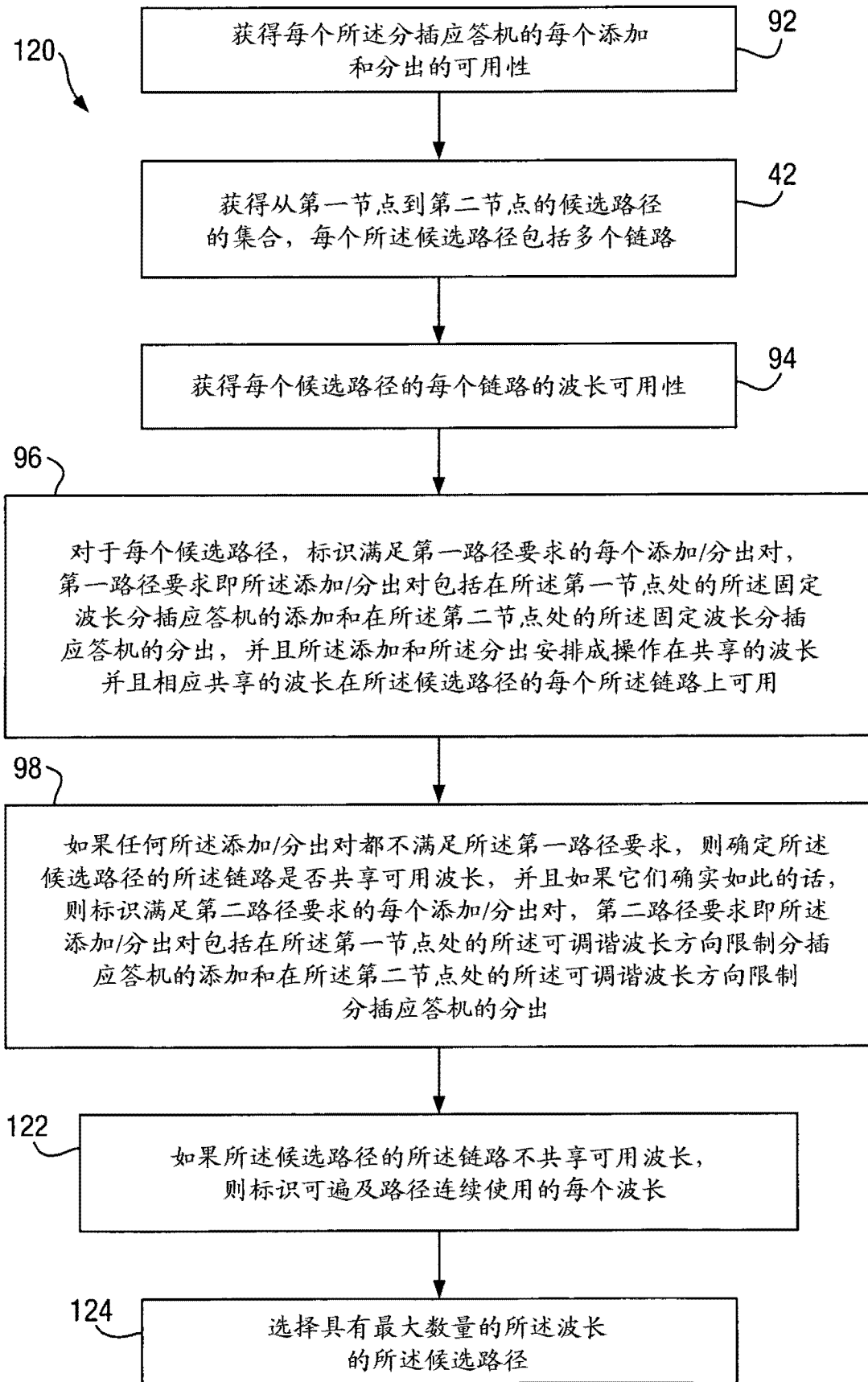


图 10

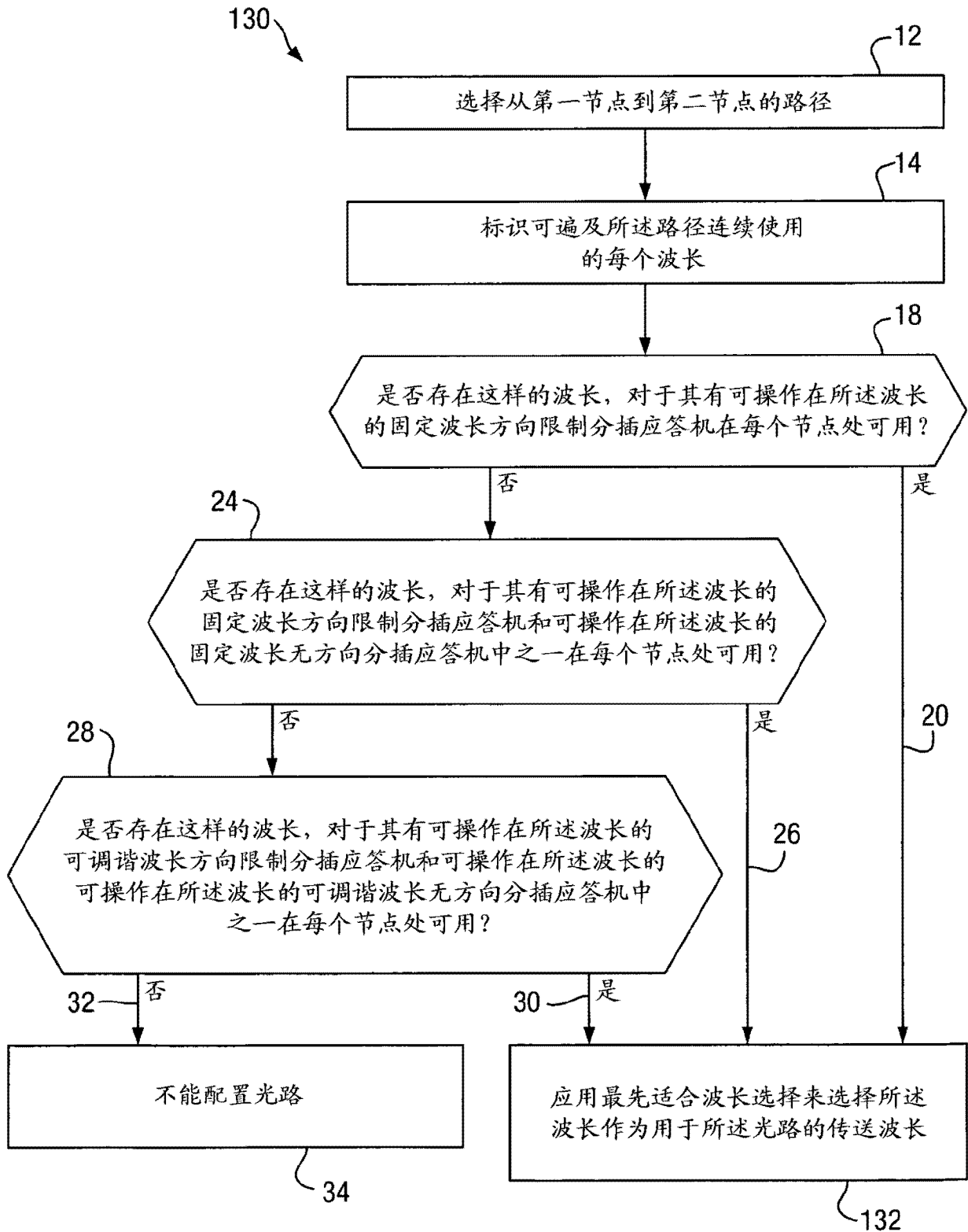


图 11

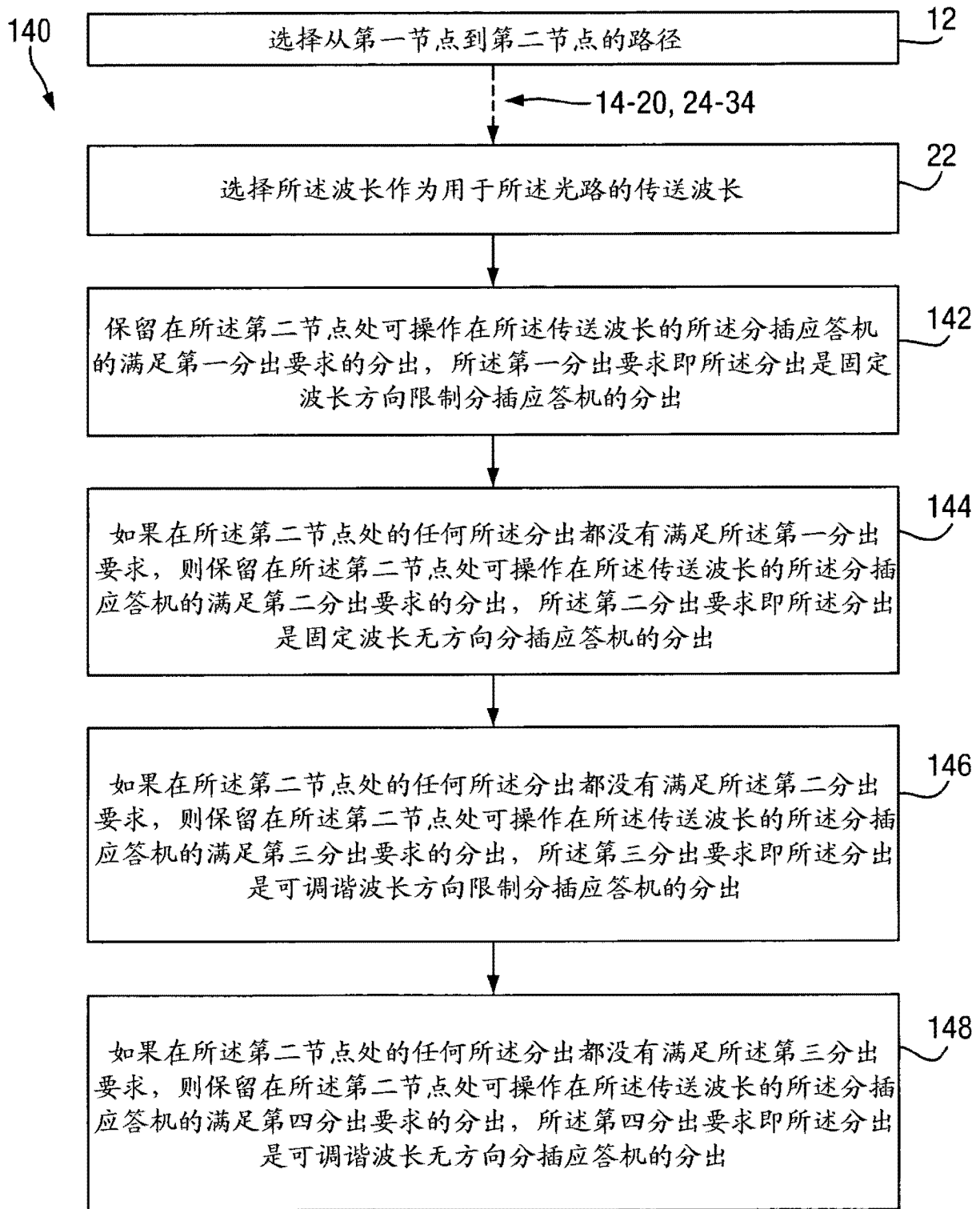


图 12

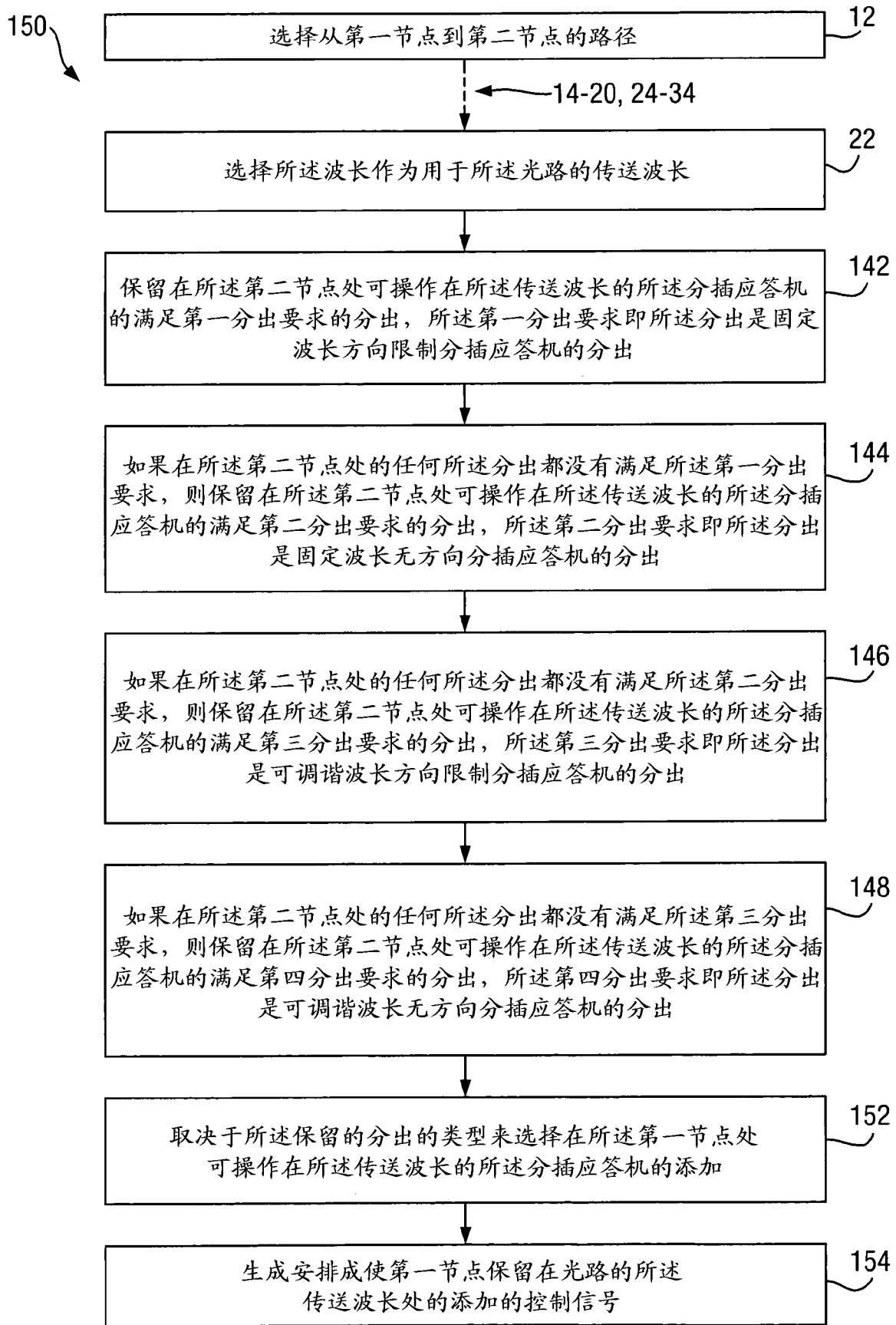


图 13

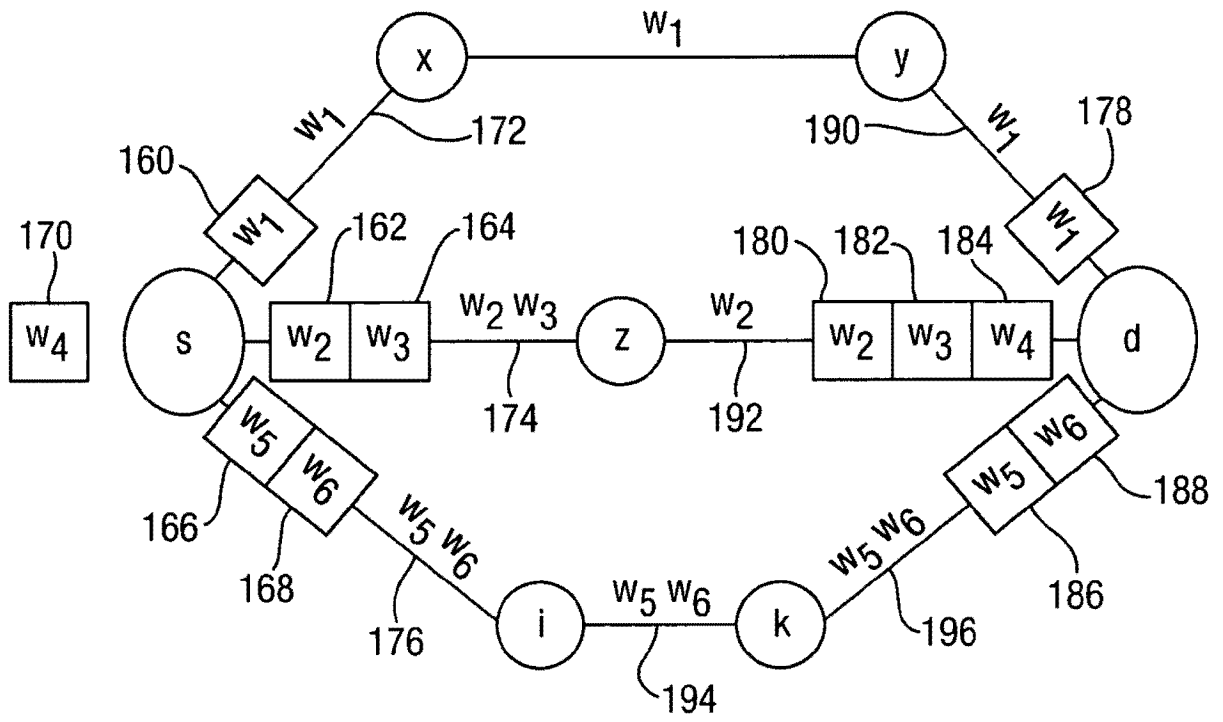


图 14

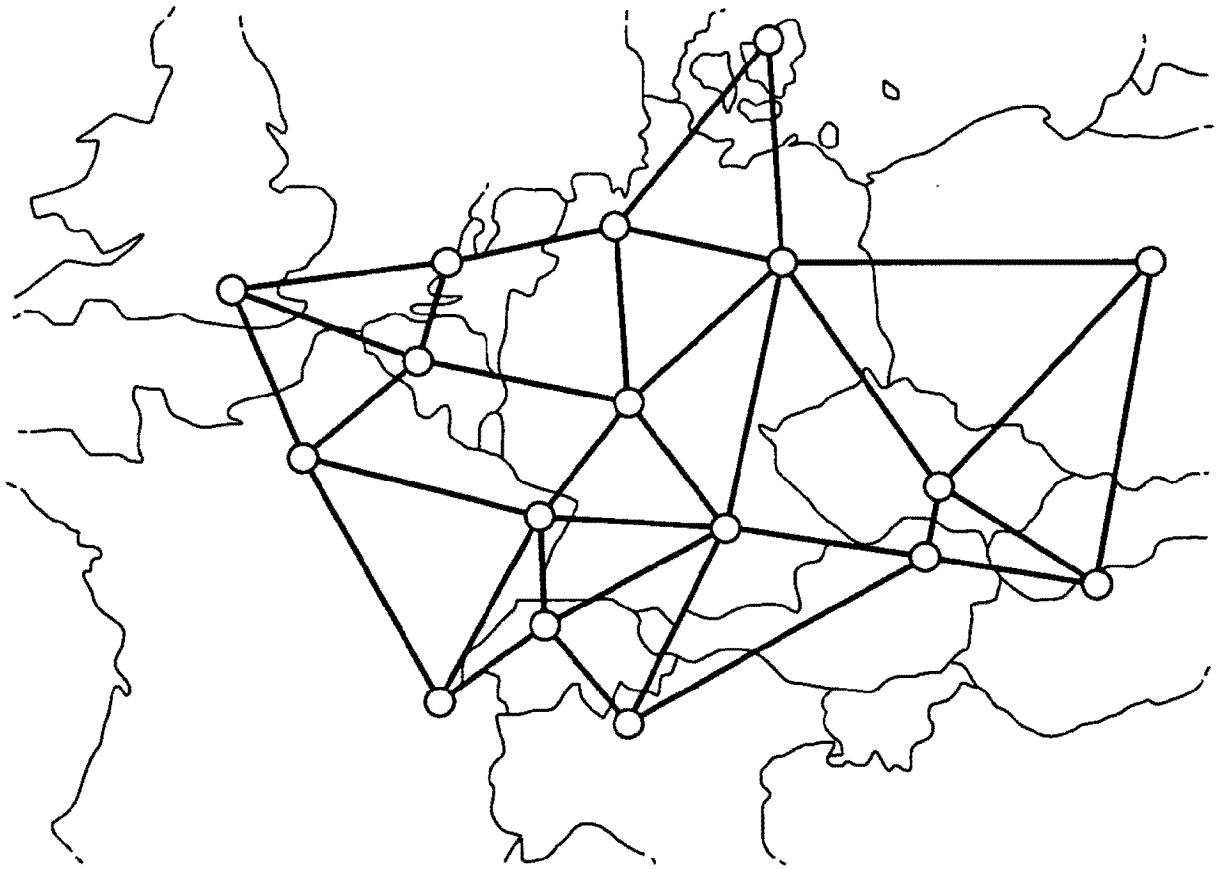


图 15



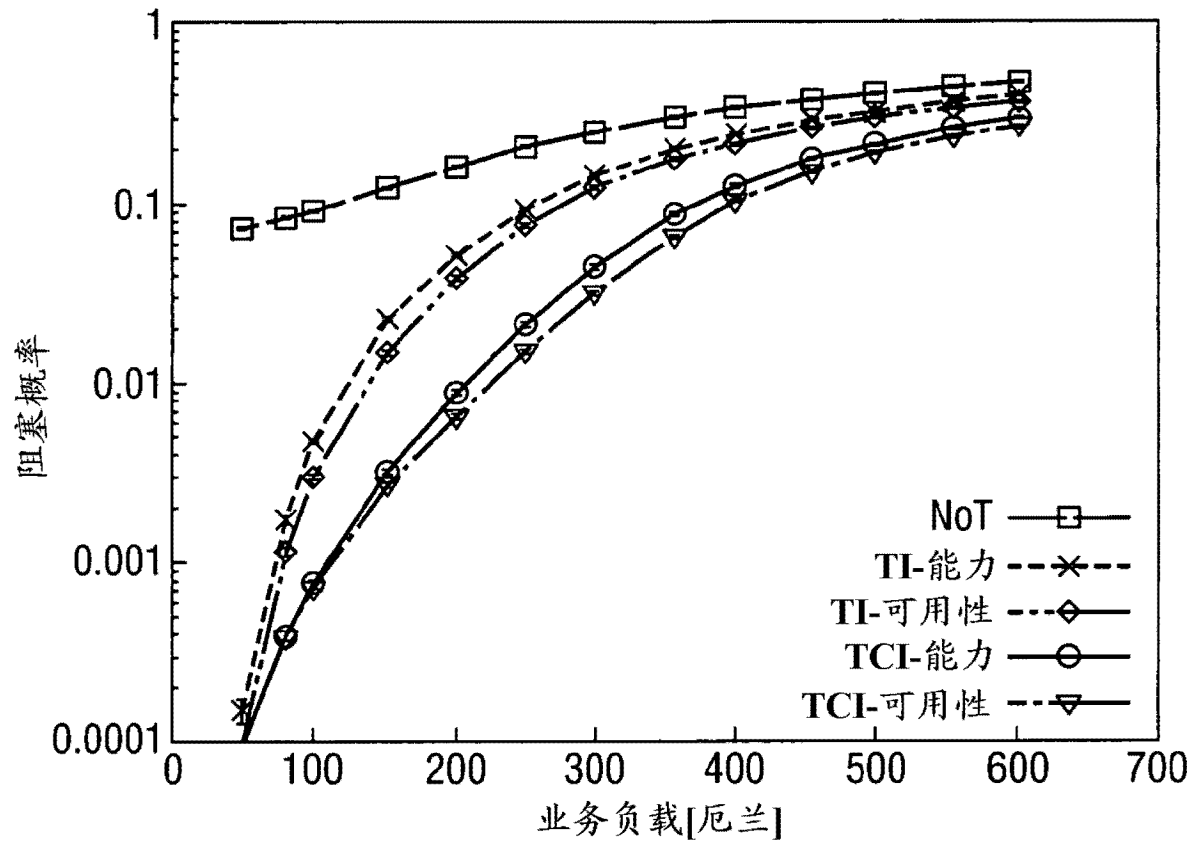


图 16

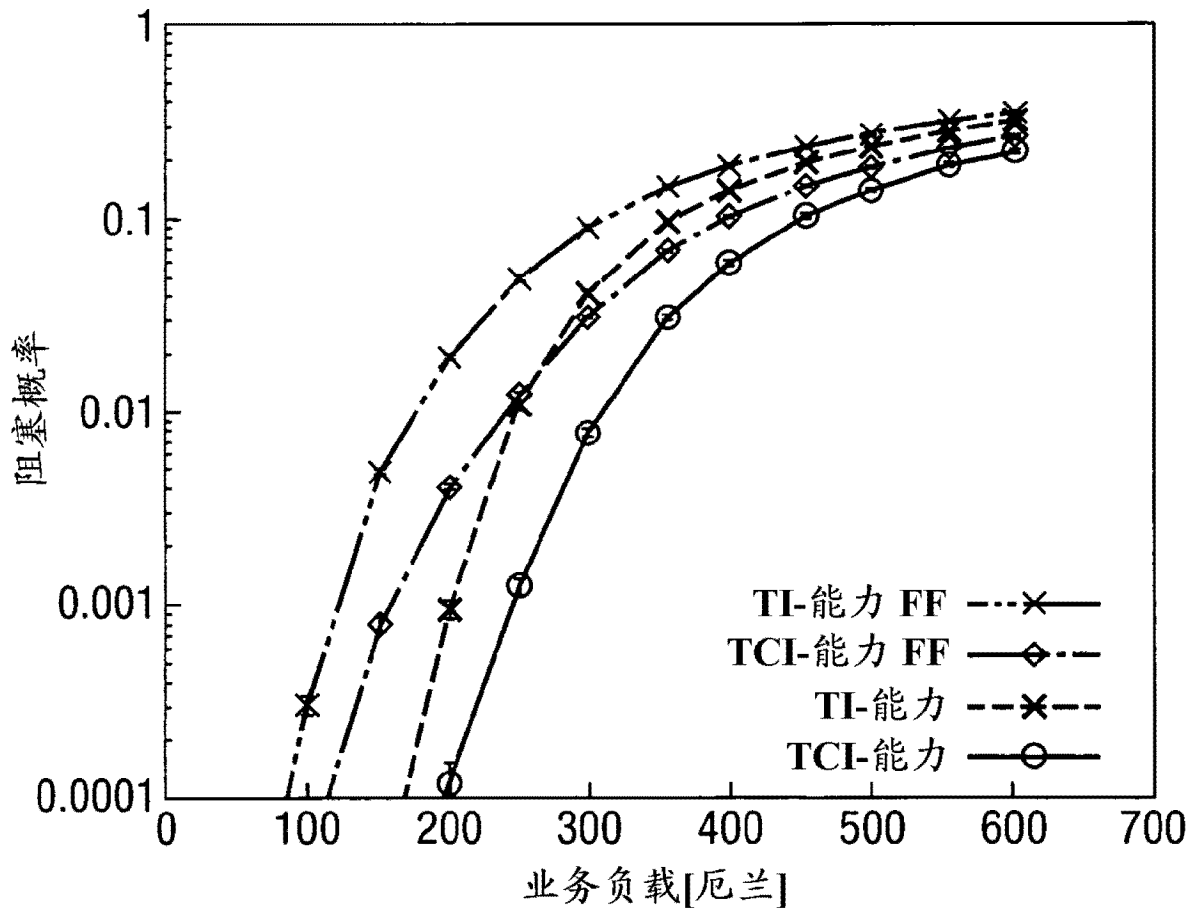


图 17

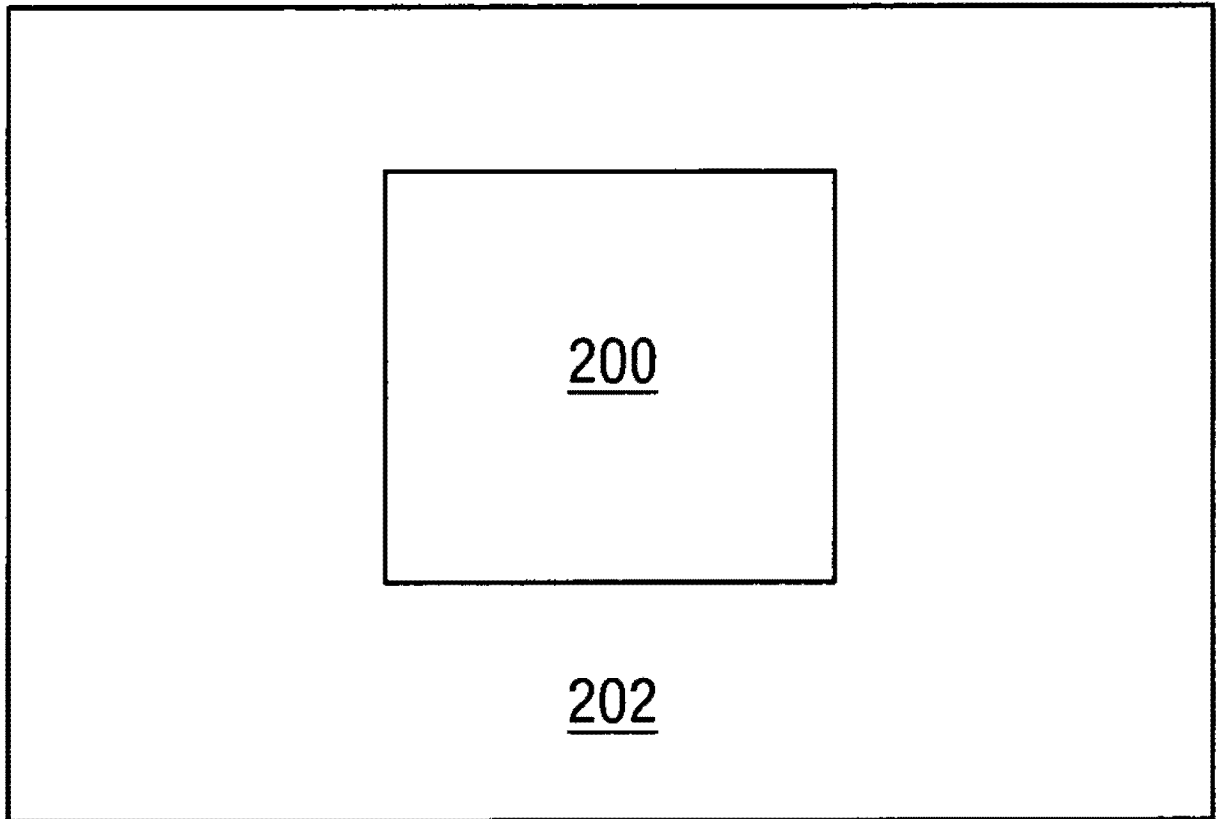


图 18

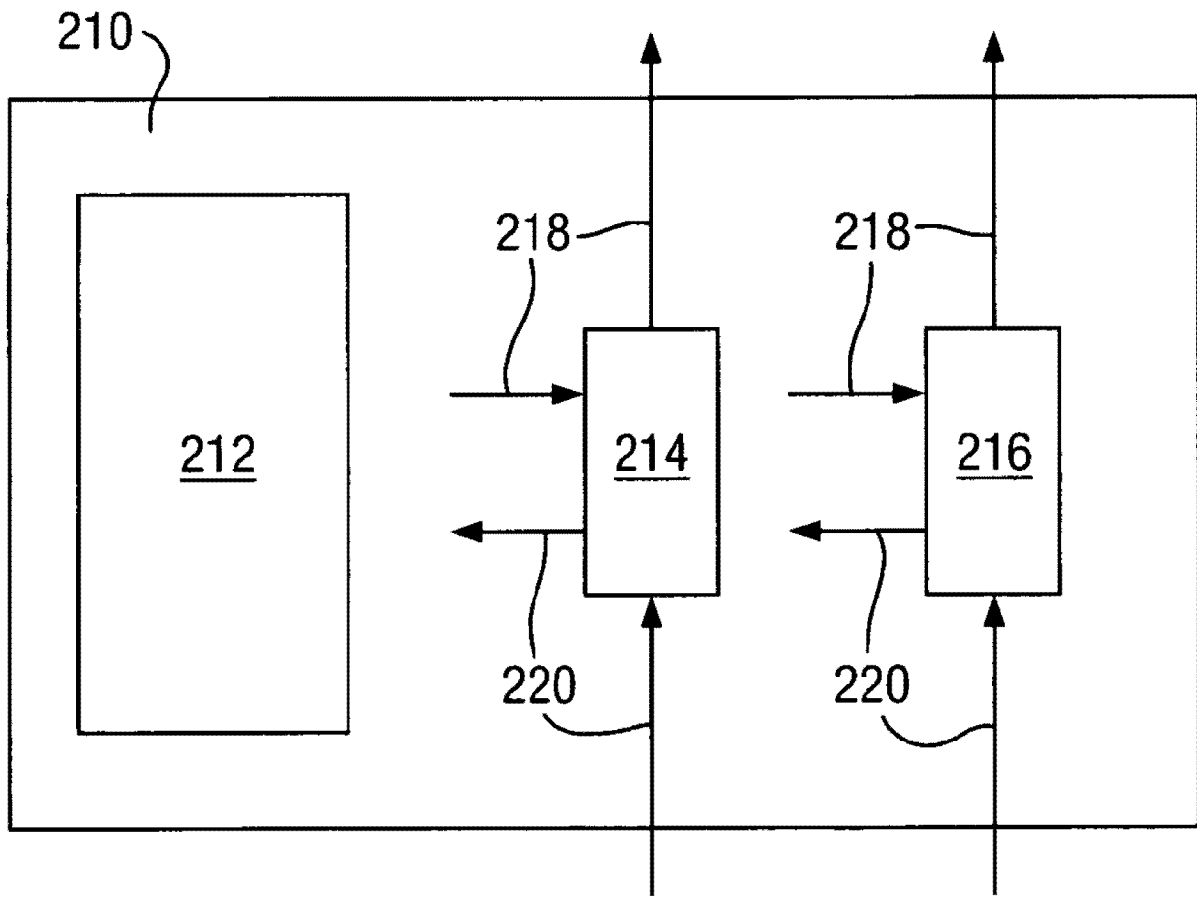


图 19