



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109257663 A
(43)申请公布日 2019.01.22

(21)申请号 201810972682.0

(22)申请日 2018.08.24

(71)申请人 中国科学院计算技术研究所
地址 100080 北京市海淀区中关村科学院
南路6号

(72)发明人 邵恩 张鹏 王展 元国军
谭光明 孙凝晖 安学军

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理
有限公司 11006
代理人 祁建国 梁挥

(51)Int.Cl.
H04Q 11/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

一种面向多轨网络的光路交换方法和系统

(57)摘要

本发明涉及一种面向多轨网络的光路交换方法和系统,包括:获取多个中继光路交换机、多个终端光路交换机和待光路通信的多个多轨服务器节点,终端光路交换机的总数为m;将多轨服务器节点的电交换节点作为终端,每个多轨服务器节点具有由k个终端构成的终端组,每个终端交换机通过其具有的N个终端互连端口与n个终端组相连;得到中继光路交换机的总数 $\frac{2N-k}{k}$,通

过将m个终端光路交换机的 $\frac{2N-k}{k}$ 个中继互连端口与 $\frac{2N-k}{k}$ 个中继光路交换机m个中继互连端口

进行互连,得到光路单轨互连系统;依次检查两终端互连端口间是否具有空闲的固定链路,以得到光路多轨互连系统;任意两终端间通过光路多轨互连系统进行光路交换,以完成光路通信。



CN 109257663 A

1. 一种面向多轨网络的光路交换方法,其特征在于,包括:

步骤1、获取多个中继光路交换机、多个终端光路交换机和待光路通信的多个多轨服务器节点,其中该终端光路交换机的总数为 m ;

步骤2、将多轨服务器节点的电交换节点作为终端,每个多轨服务器节点具有由 k 个终端构成的终端组,每个该终端交换机通过其具有的 N 个终端互连端口与 n 个终端组相连;

步骤3、得到该中继光路交换机的总数 $\frac{2N-k}{k}$,通过将 m 个该终端光路交换机的 $\frac{2N-k}{k}$ 个中继互连端口与 $\frac{2N-k}{k}$ 个该中继光路交换机 m 个中继互连端口进行互连,得到光路单轨互连系统;

步骤4、按照光路单轨互连系统中终端互连端口的优先级依次检查,检查两终端互连端口间是否具有空闲的固定链路,连接该固定链路得到光路多轨互连系统;

步骤5、任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换,以完成多轨服务器节点间的光路通信。

2. 如权利要求1所述的面向多轨网络的光路交换方法,其特征在于,步骤4中该检查的内容具体包括:若不同的两终端光路交换机间具有空闲的固定链路,则将终端互连端口与该固定链路的中继互连端口进行连通,若同一终端光路交换机内的两终端互连端口需要进行多轨互连,则直接将终端互连端口在该终端光路交换机内进行互连。

3. 如权利要求1或2所述的面向多轨网络的光路交换方法,其特征在于,该步骤3的互连过程具体为:将编号为“ j ”的该继光路交换机的编号为“ i ”的中继互连端口,与编号为“ i ”的该终端光路交换机的编号为“ j ”的中继互连端口进行互连。

4. 如权利要求3所述的面向多轨网络的光路交换方法,其特征在于,该步骤5中任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换具体包括:

判断两终端是否与同一终端光路交换机相连,若是,则通过控制该终端光路交换机的光交叉开关,将两终端所连接的终端互连端口进行互连,否则按序遍历中继互连端口,选择在两个终端光路交换机都空闲的中继互连端口,通过控制两个终端光路交换机的光交叉开关,分别将两个终端光路交换机内部的终端互连端口与所选择的中继互连端口进行光路互连。

5. 如权利要求1所述的面向多轨网络的光路交换方法,其特征在于,步骤4中该空闲的固定链路为满足单轨互连外,仍然可建立光路互连的资源。

6. 一种面向多轨网络的光路交换系统,其特征在于,包括:

终端连接模块,用于获取多个中继光路交换机、多个终端光路交换机和待光路通信的多个多轨服务器节点,其中该终端光路交换机的总数为 m ;将多轨服务器节点的电交换节点作为终端,每个多轨服务器节点具有由 k 个终端构成的终端组,每个该终端交换机通过其具有的 N 个终端互连端口与 n 个终端组相连;

单轨互连模块,用于得到该中继光路交换机的总数 $\frac{2N-k}{k}$,通过将 m 个该终端光路交换机的 $\frac{2N-k}{k}$ 个中继互连端口与 $\frac{2N-k}{k}$ 个该中继光路交换机 m 个中继互连端口进行互连,得到光路单轨互连系统;

多轨互连模块,用于,按照光路单轨互连系统中终端互连端口的优先级依次检查,检查两终端互连端口间是否具有空闲的固定链路,连接该固定链路得到光路多轨互连系统;

光路交换模块,用于使任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换,以完成多轨服务器节点间的光路通信。

7.如权利要求6所述的面向多轨网络的光路交换系统,其特征在于,多轨互连模块中该检查的内容具体包括:若不同的两终端光路交换机间具有空闲的固定链路,则将终端互连端口与该固定链路的中继互连端口进行连通,若同一终端光路交换机内的两终端互连端口需要进行多轨互连,则直接将终端互连端口在该终端光路交换机内进行互连。

8.如权利要求6或7所述的面向多轨网络的光路交换方法,其特征在于,该单轨互连模块的互连过程具体为:将编号为“j”的该继光路交换机的编号为“i”的中继互连端口,与编号为“i”的该终端光路交换机的编号为“j”的中继互连端口进行互连。

9.如权利要求8所述的面向多轨网络的光路交换方法,其特征在于,该光路交换模块中任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换具体包括:

判断两终端是否与同一终端光路交换机相连,若是,则通过控制该终端光路交换机的光交叉开关,将两终端所连接的终端互连端口进行互连,否则按序遍历中继互连端口,选择在两个终端光路交换机都空闲的中继互连端口,通过控制两个终端光路交换机的光交叉开关,分别将两个终端光路交换机内部的终端互连端口与所选择的中继互连端口进行光路互连。

10.如权利要求6所述的面向多轨网络的光路交换系统,其特征在于,该空闲的固定链路为满足单轨互连外,仍然可建立光路互连的资源。

一种面向多轨网络的光路交换方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及数据中心和计算机互连领域,特别涉及一种面向多轨(多平面)网络的光路交换方法和系统。

背景技术

[0002] 由于光互连具有动态可配置、传输带宽高、低误码率、低功耗的特点,全光互连网络(AON, All Optical Network)和光电混合网络(Electrical/optical Hybrid Switching Network)吸引了越来越多的研究。除了集群间网络互连设计,在片上网络的设计中,目前也有加入可配置光路互连器件的设计。

[0003] 目前运用于数据中心、超算集群或片上网络的光互连系统,无论是光电混合结构还是全光结构,常用的光互连方法主要是基于光交叉开关(OXC, Optical Cross Connection)将不同终端设备(包括网卡或电交换机)进行动态光路互连。

[0004] 当需要进行互连的端口数量增多时,需要更多端口的光交叉开关装置。因此,目前基于OXC的动态光互连网络,其建立和架设过程中,往往受限于光交叉开关这种装置的端口数量。目前设计和建造光交叉开关这种装置的主流技术分为DBS(改变发光源角度)技术和3D MEMS(改变反射镜面角度)技术两种。但无论是哪种技术,这种设备在端口数量都存在天花板问题。DBS技术所生产的光交叉开关设备目前仅可达384端口,而3D MEMS技术所生产的光交叉开关设备目前也仅可达320端口。该设备端口数量受限的主要原因源于目前现有的制作工艺,以DBS技术为例:利用对压电陶瓷的电压控制可以改变发光源的角度,由此实现光交叉开关内点对点选通的原理。但是如果需要集成越多的端口,光源倾斜角度的控制就需要更精确(有效角度范围会更小)。随着端口数量上升,对压电陶瓷所需的电压控制也就需要更加精确。如果希望构建384端口以上规模的“光路互连”网络时,使用一台多端口的光交叉开关装置是无法满足光互连的组网需求的,同时这种组建大规模光路互连系统的方法也不具有可扩展性。

[0005] 传统的“全联通”式光互连结构虽然可以用少量端口的光交叉开关,构建出工艺无法制造出的多端口光交叉开关,形成大规模光路互连系统。但是这种“全联通”式互连结构是以牺牲大量光路交换单元为代价所构建出来的,其本身会浪费大量潜在的光路路径。

[0006] 目前大量数据中心和超算中心都采用了“单服务器多路通信”的设计,这种设计结构被广泛称之为“多轨”或“多平面”互连结构。这种设计中,每个服务器与其他服务器要进行通信时,都有多于一条的通信路径。典型的物理实现方式是:服务器具有多块网卡、服务器的每块网卡具有多于一个的通信端口、服务器具有多块多端口的网卡。

发明内容

[0007] 具体地说,本发明公开了一种面向多轨网络的光路交换方法,其中包括:

[0008] 步骤1、获取多个中继光路交换机、多个终端光路交换机和待光路通信的多个多轨服务器节点,其中该终端光路交换机的总数为 m ;

[0009] 步骤2、将多轨服务器节点的电交换节点作为终端,每个多轨服务器节点具有由k个终端构成的终端组,每个该终端交换机通过其具有的N个终端互连端口与n个终端组相连;

[0010] 步骤3、得到该中继光路交换机的总数 $\frac{2N-k}{k}$,通过将m个该终端光路交换机的 $\frac{2N-k}{k}$ 个中继互连端口与 $\frac{2N-k}{k}$ 个该中继光路交换机m个中继互连端口进行互连,得到光路单轨互连系统;

[0011] 步骤4、按照光路单轨互连系统中终端互连端口的优先级依次检查,检查两终端互连端口间是否具有空闲的固定链路,连接该固定链路得到光路多轨互连系统;

[0012] 步骤5、任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换,以完成多轨服务器节点间的光路通信。

[0013] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中步骤4中该检查的内容具体包括:若不同的两终端光路交换机间具有空闲的固定链路,则将终端互连端口与该固定链路的中继互连端口进行连通,若同一终端光路交换机内的两终端互连端口需要进行多轨互连,则直接将终端互连端口在该终端光路交换机内进行互连。

[0014] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中该步骤3的互连过程具体为:将编号为“j”的该继光路交换机的编号为“i”的中继互连端口,与编号为“i”的该终端光路交换机的编号为“j”的中继互连端口进行互连。

[0015] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中该步骤5中任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换具体包括:

[0016] 判断两终端是否与同一终端光路交换机相连,若是,则通过控制该终端光路交换机的光交叉开关,将两终端所连接的终端互连端口进行互连,否则按序遍历中继互连端口,选择在两个终端光路交换机都空闲的中继互连端口,通过控制两个终端光路交换机的光交叉开关,分别将两个终端光路交换机内部的终端互连端口与所选择的中继互连端口进行光路互连。

[0017] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中步骤4中该空闲的固定链路为满足单轨互连外,仍然可建立光路互连的资源。

[0018] 本发明还公开了一种面向多轨网络的光路交换系统,其中包括:

[0019] 终端连接模块,用于获取多个中继光路交换机、多个终端光路交换机和待光路通信的多个多轨服务器节点,其中该终端光路交换机的总数为m;将多轨服务器节点的电交换节点作为终端,每个多轨服务器节点具有由k个终端构成的终端组,每个该终端交换机通过其具有的N个终端互连端口与n个终端组相连;

[0020] 单轨互连模块,用于得到该中继光路交换机的总数 $\frac{2N-k}{k}$,通过将m个该终端光路交换机的 $\frac{2N-k}{k}$ 个中继互连端口与 $\frac{2N-k}{k}$ 个该中继光路交换机m个中继互连端口进行互连,得到光路单轨互连系统;

[0021] 多轨互连模块,用于,按照光路单轨互连系统中终端互连端口的优先级依次检查,检查两终端互连端口间是否具有空闲的固定链路,连接该固定链路得到光路多轨互连系

统；

[0022] 光路交换模块,用于使任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换,以完成多轨服务器节点间的光路通信。

[0023] 该面向多轨网络的光路交换系统,其中多轨互连模块中该检查的内容具体包括:若不同的两终端光路交换机间具有空闲的固定链路,则将终端互连端口与该固定链路的中继互连端口进行连通,若同一终端光路交换机内的两终端互连端口需要进行多轨互连,则直接将终端互连端口在该终端光路交换机内进行互连。

[0024] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中该单轨互连模块的互连过程具体为:将编号为“j”的该继光路交换机的编号为“i”的中继互连端口,与编号为“i”的该终端光路交换机的编号为“j”的中继互连端口进行互连。

[0025] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中该光路交换模块中任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换具体包括:

[0026] 判断两终端是否与同一终端光路交换机相连,若是,则通过控制该终端光路交换机的光交叉开关,将两终端所连接的终端互连端口进行互连,否则按序遍历中继互连端口,选择在两个终端光路交换机都空闲的中继互连端口,通过控制两个终端光路交换机的光交叉开关,分别将两个终端光路交换机内部的终端互连端口与所选择的中继互连端口进行光路互连。

[0027] 该面向多轨网络的光路交换系统,其中该空闲的固定链路为满足单轨互连外,仍然可建立光路互连的资源。

[0028] 本发明具有的技术优势包括:本发明建立的光互连系统结构的具有端口可扩展性,可扩展性是指没有整体端口规模的限制上限,即可以组建任意端口规模的光互连系统;通过单轨和多轨互连可提高光路路径的利用率。

附图说明

[0029] 图1为面向多轨网络的大规模光互连系统示意图;

[0030] 图2为具有端口可扩展性的大规模光互连结构图;

[0031] 图3为两类“子光路交换机”的端口特征示意图;

[0032] 图4为光路互连系统的参数优化方法流程图;

[0033] 图5为多轨互连使用场景示意图;

[0034] 图6为终端间动态光互连实施方法流程图。

具体实施方式

[0035] 本发明提出一种面向多轨网络的大规模光路交换系统与构建方法,包含三个子模块:子光交换机选型与端口分类模块,单轨与多轨链路互连模块,终端间动态光链路互连模块。

[0036] 子光交换机选型与端口分类模块,主要负责对大规模光互连系统的子光交换机选型与互连端口分类。最终,由此模块可得到可选参数的大规模光互连系统,供单轨与多轨链路互连模块使用。其中,可选参数即下文中的大规模光路互连系统完成组网,还需要确定的“m”、“N”和“k”三个参数。

[0037] 单轨与多轨链路互连模块,以较少互连系统光端口总数为目的,优化的单轨互连的可选参数。除此之外,按照剩余资源,将子光交换机间固定互连链路或多轨链路进行互连。最终,由此模块可得到尚未选通动态互连链路的大规模光互连系统,供终端间动态光链路互连模块使用。其中,剩余资源是指除满足单轨互连外,仍然可建立的光路资源

[0038] 终端间动态光链路互连模块,按照终端节点间光互连需求,调整动态光互连链路连接关系,由此可完成完整的大规模光互连系统。

[0039] 具体来说,本发明公开了一种面向多轨网络的光路交换方法,其中包括:

[0040] 步骤1、获取多个中继光路交换机、多个终端光路交换机和待光路通信的多个多轨服务器节点,其中该终端光路交换机的总数为 m ;

[0041] 步骤2、将多轨服务器节点的电交换节点作为终端,每个多轨服务器节点具有由 k 个终端构成的终端组,每个该终端交换机通过其具有的 N 个终端互连端口与 n 个终端组相连;

[0042] 步骤3、得到该中继光路交换机的总数 $\frac{2N-k}{k}$,通过将 m 个该终端光路交换机的 $\frac{2N-k}{k}$ 个中继互连端口与 $\frac{2N-k}{k}$ 个该中继光路交换机 m 个中继互连端口进行互连,得到光路单轨互连系统;

[0043] 步骤4、按照光路单轨互连系统中终端互连端口的优先级依次检查,检查两终端互连端口间是否具有空闲的固定链路,连接该固定链路得到光路多轨互连系统;

[0044] 步骤5、任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换,以完成多轨服务器节点间的光路通信。

[0045] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中步骤4中该检查的内容具体包括:若不同的两终端光路交换机间具有空闲的固定链路,则将终端互连端口与该固定链路的中继互连端口进行连通,若同一终端光路交换机内的两终端互连端口需要进行多轨互连,则直接将终端互连端口在该终端光路交换机内进行互连。

[0046] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中该步骤3的互连过程具体为:将编号为“ j ”的该中继光路交换机的编号为“ i ”的中继互连端口,与编号为“ i ”的该终端光路交换机的编号为“ j ”的中继互连端口进行互连。

[0047] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中该步骤5中任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换具体包括:

[0048] 判断两终端是否与同一终端光路交换机相连,若是,则通过控制该终端光路交换机的光交叉开关,将两终端所连接的终端互连端口进行互连,否则按序遍历中继互连端口,选择在两个终端光路交换机都空闲的中继互连端口,通过控制两个终端光路交换机的光交叉开关,分别将两个终端光路交换机内部的终端互连端口与所选择的中继互连端口进行光路互连。

[0049] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中步骤4中该空闲的固定链路为满足单轨互连外,仍然可建立光路互连的资源。

[0050] 为了让本发明的上述特征和效果能阐述的更明确易懂,下文特举实施例,并配合说明书附图作详细说明如下。

[0051] 如图1所示,本发明包含三个子模块:子光交换机选型与端口分类模块,单轨与多

轨链路互连模块,终端间动态光链路互连模块。

[0052] 针对子光交换机选型与端口分类模块,本发明提出一种具有端口可扩展性的大规模光互连系统结构,可扩展性是指没有整体端口规模的限制上限,即可以组建任意端口规模的光互连系统,如图2所示。其特征有如下三个:

[0053] 1) 大规模光路互连系统的整体结构:整个光路互连系统是对多端口光交叉开关装置的替代品,由此避免由于制作工艺的限制而无法实现多端口光路互连的网络结构。与多端口光交叉开关相同,大规模光路互连系统能够通过改变内部光路连接关系,无论其他不相关终端端口是否发生互连的情况下,均能保证任意两外接终端能够建立光路互连。

[0054] 2) 子光路交换机的分类原则:大规模光路互连系统内部有数个具有少量端口的光路交换机(光交叉开关)组成。这些光路交换机都是组成大规模光路互连系统的重要部件,统称为“子光路交换机”。按照互连分工分为两类,即:中继光路交换机和终端光路交换机。前者作为中继装置,用于将不属于同一终端光路交换机的终端进行互连;后者作为连接终端的光路交换装置。当服务器采用多轨互连结构时,每个服务器将会与多个终端(电交换节点)相连。同时多个终端也将隶属于同一个服务器,形成一个“终端组”(Group)如图3所示。隶属于同一个服务器的组内,每个终端将作为该服务器的潜在的光路互连路径。

[0055] 3) 中继光路交换机的个数设置原则:为保证服务器间具有全联通互连特征,每个终端组内至少要有有一个终端能够建立光路。属于同类的光路交换机将具有相同的端口数目,且设共有“m”个终端光路交换机,每个终端光路交换机都具有“n”个终端互连端口连接的“终端组”。

[0056] 由于多轨互连结构往往要保证服务器间多轨链路数量的均衡性,各个“终端组”内的终端个数均设置为相同,如每个终端组内均具有“k”个终端。每个终端光路交换机共有“N”个终端互连端口,且有如下关系: $N=k \times n$ 。

[0057] 则整个大规模光路互连系统的可用于连接终端的光端口需求量为“C”,则有满足 $C = m \times \frac{N}{k}$, N和k是需要用户定义的组网可选配置项参数,而n是为了便于别人理解N和k间关系引入的“终端组”的概念。同时为保证在任何不相关终端端口的互连状态下,满足“全联通地进行光路互连”条件,即:在整个大规模光路互连系统内,任意两个终端互连端口都能建立光互连关系,则需要中继光路交换机的个数为“ $\frac{2N-k}{k}$ ”个。

[0058] 中继光路交换机的个数设置为“ $\frac{2N-k}{k}$ ”个,来满足“全联通地进行光路互连”条件的原因如下:对任意两个终端光路交换机,除需要互连的终端端口外,每个终端光路交换机都存在“ $\frac{N-k}{k}$ ”个与需要互连的终端端口不相关的终端端口。由于终端光路交换机的中继交换端口与中继光路交换机的中继交换端口具有一一对应关系,如图5所示。对任意两个不同的终端光路交换机,为满足不相关的终端端口都一定具有可互连的中继光路交换机,需要两倍的“ $\frac{N-k}{k}$ ”个中继光路交换机,即共“ $\frac{2N-2k}{k}$ ”个。而当前需要连接的两个终端还需要另一个单独的中继交换机,则共需要“ $\frac{2N-k}{k}$ ”中继光路交换机。

[0059] 本发明提出一种子光交换机选型与端口分类方法,如图3所示。其特征有如下两

个:

[0060] 1) 共有中继光路交换机和终端光路交换机,两种光路交换机作为组成大规模光路互联系统的“子光路交换机”。每个中继光路交换机均有“m”个中继互连端口。同时每个终端光路交换机具有“ $\frac{N}{k}$ ”个连接终端的终端互连端口和“ $\frac{2N-k}{k}$ ”个中继互连端口,共“ $\frac{3N-k}{k}$ ”个互连端口。

[0061] 2) 若组成大规模光路互连系统的“子光路交换”具有的最大端口数量为“Y”,则需要同时满足以下不等式条件(1)和(2):

$$[0062] \quad \begin{cases} m \leq Y & (1) \\ \frac{3N-k}{k} \leq Y & (2) \end{cases}$$

[0063] 所述单轨与多轨链路互连模块,其特征有如下三个:

[0064] a) 组网参数优化原则:大规模光路互连系统完成组网,还需要确定“m”、“N”和“k”三个参数。而这三个参数将决定该系统消耗光互连端口总数量“Z”。通常的认为光互连端口数量消耗越多,整体系统的设备开销将会越高。所以在满足连接终端端口的数量,且保证任意两终端间可无阻塞地进行光路互连的条件下,科学地选定“m”和“N”两个参数将有效降低整体光互连系统的开销,所有的限制条件和组网特点,有如下参数关系公式(3)(4):

$$[0065] \quad \begin{cases} m \times \frac{N}{k} = C & (3) \\ m \times \left(\frac{3N-k}{k}\right) + \left(\frac{2N-k}{k}\right) \times m = \left(\frac{5N-2k}{k}\right) \times m = Z & (4) \end{cases}$$

[0066] 由于终端端口需求“C”是不可改变,因此“m”与“ $\frac{N}{k}$ ”成倒数关系。将公式(3)代入公式(4)可得如下结果:

$$[0067] \quad 5C-2m=Z$$

[0068] 由此结果可知组网参数优化原则为:m值越大Z值越小。

[0069] b) 组网参数优化结果:根据上述组网参数优化原则以及不等式条件(1)可知,m值的最优化配置应该是“子光路交换”具有的最大端口数量为“Y”,即“m”与“ $\frac{N}{k}$ ”的最优化配置应该为:

$$[0070] \quad \begin{cases} m = Y & (5) \\ \frac{N}{k} = \frac{C}{Y} & (6) \end{cases}$$

[0071] 最后确定两类子光路交换机的端口数量:设置终端光路交换机端口数 $\frac{3N-k}{k}$ 为 $\frac{3C-Y}{Y}$,设置中继光路交换机端口数m为Y。

[0072] c) 两类“子光交换机”间固定链路的单轨“对位”互连规则:以中继光路交换机为参照,将其装置编号为“j”端口编号为“i”的中继互连端口,与装置编号为“i”端口编号为“j”的终端光路交换机中继互连端口进行互连,如图5(a)所示。遍历完全部中继光路交换机的

各个中继互连端口后,即可完成“子光交换机”间全部固定链路的“对位”互连。

[0073] d) “尽力而为”式多轨互连原则:

[0074] “子光交换机”间固定链路的连接设计是为了保证每个服务器节点间都能全联通。但是对“单轨”结构中(即每个终端组内只有一个终端互连端口),大部分“子光交换机”间固定链路将会被浪费。如图5(b,c)所示,当服务器采用“多轨”结构时,首先将每个终端组的首个终端互连端口进行互连,即优先进行服务器间的“单轨”互连。在图5(b,c)中编号为1~4终端互连端口,都是为了保证服务器间的全联通性进行的“单轨”互连。

[0075] 在单轨互连结束后,如果还有空闲的“子光交换机”间固定链路将进行“尽力而为”式的多轨互连,如图5(b)中编号为5~6终端端口。图5(b)中编号为5的终端端口是针对编号为2的终端互连端口的“多轨”互连。同理,图5(b)中编号为6的终端端口是编号为3的终端端口的多轨互连端口。

[0076] 在少数情况下,会出现空闲的“子光交换机”间固定链路无法进行互连的情况,如图5(c)所示。但这种情况发生时,往往伴随同一终端光路交换机内两终端组间需要互连的需求。如图5(c)所示,当同一终端交换机内两终端组间需要进行互连时,两终端组内各个终端互连端口间可按照端口顺序,进行多轨互连。

[0077] 本发明提出一种光路互连系统的参数优化方法,具体实施细节如图4所示,详细步骤如下:

[0078] 步骤11:确定光交换设备的参数。确定光互连端口数量需求 C ,以及可使用的光交叉开关端口数上限 Y 。 Y 是根据组网的资源限制决定的,例如根据本发明进行组网时,只能使用端口为32或小于32端口的光交换设备,那么 $Y=32$ 。

[0079] 步骤12:确定光路交换机端口数上限。以可使用的光交叉开关端口数上限 Y ,设置为终端光路交换机端口数 m 。

[0080] 步骤13:确定终端光路交换机连接终端的个数。根据 $\frac{C}{Y}$ 计算每个终端光路交换机连接终端的个数 n ,同时确定终端交换机的端口数 $(\frac{3N-k}{k})$ 。

[0081] 步骤14:准备构建光网络的两种光互连设备。准备 $(\frac{2N-k}{k})$ 个 m 端口的中继光路交换机与 m 个 $(\frac{3N-k}{k})$ 端口的终端光路交换机用于光互连组网,即具有 m 端口的中继交换机,这样的中继交换机的数量有 $(2N-k)/k$ 个,具有 $(3N-k)/k$ 个端口的终端光路交换机,这样的终端光路交换机数量有 m 个。

[0082] 步骤15:进行单轨“对位”互连。将 m 个终端光路交换机的 $(\frac{2N-k}{k})$ 个中继互连端口按照“子光交换机”间固定链路的“对位”互连规则,与 $(\frac{2N-k}{k})$ 个 m 端口的中继光路交换机进行互连。

[0083] 步骤16:进行“尽力而为”式多轨互连。在单轨互连结束后,如果还有空闲的“子光交换机”间固定链路,将进行“尽力而为”式的多轨互连。按照终端互连端口的优先级依次检查,两终端互连端口间是否具有空闲的固定链路,空闲的固定链路指的是除满足单轨互连

外,仍然可建立光路互连的资源。若不同的两终端光路交换机间具有空闲的固定链路,则将终端互连端口与可连通空闲固定链路的中继互连端口进行连通(参考图5b的例子)。若同一终端光路交换机内的两终端互连端口需要进行多轨互连,则直接将终端互连端口在该终端光路交换机内进行互连。(参考图5c的例子)

[0084] 所述终端间动态光链路互连模块,特征有两个:

[0085] 1) 任意终端间单轨光路互连的全联通特性:根据中继光路交换机的个数设置原则(即“ $\frac{2N-k}{k}$ 个中继光路交换机的个数和端口设计”),若需要互连的两个终端属于不同的两个终端光路交换机,通过按序遍历中继互连端口,一定能选出具有相同序号且在两个光路交换机都空闲的中继互连端口。

[0086] 2) 子光路交换机的端口间对应原则:根据“子光交换机”间固定链路的“对位”互连规则,当找到两个相同序号且在两个光路交换机都空闲的中继互连端口时,这两个互连端口一定连在同一个中继光路交换机上。因此,此中继光路交换机即可作为两终端光路交换机的中继光路。只需调整两个终端光路交换机的光交叉开关,将终端互连端口与所找到的中继互连端口进行互连,即可构建出互连两个终端的光路。相关的多轨互连方法同“尽力而为”式多轨互连原则。

[0087] 本发明提出一种对任意两终端间,建立动态光互连链路的实施方法,具体实施步骤如图6所述,详细步骤如下:

[0088] 步骤21:检查需要进行互连的两个终端所连接的终端互连端口,是否已经建立了链路。若已建立链路但两个终端之间已经没有互连需求,则将现有互连链路断开,并将与断开链路相关的端口标志为“空闲”。完成后,判断需要互连的两个终端是否属于同一终端光路交换机。即那些由于已经过期的互连需求而建立的链路,在这里需要进行检查。对这些无效链路要进行断路,并通过标记“空闲”标志,作为可进行互连的资源。

[0089] 步骤22:若需要互连的两个终端属于同一终端光路交换机,则控制此光路交换机的交叉开关,将两个终端所连接的终端互连端口进行互连。

[0090] 步骤23:若需要互连的两个终端属于不同的两个终端光路交换机,按序遍历中继互连端口,选出具有相同序号且在两个光路交换机都空闲的中继互连端口。其中序号如图5中(c)所示,终端光路交换机内的中继互连端口和终端互连端口均具有各自的序号,且序号为用户指定的预设值。

[0091] 步骤24:控制两个终端光交叉开关,将步骤23中两个终端光路交换机的终端互连端口与所选择的中继互连端口进行光路互连。

[0092] 步骤25:对通过控制光交叉开关,进行了互连操作的中继互连端口,标志为“非空闲”。

[0093] 以下为与上述方法实施例对应的系统实施例,本实施方式可与上述实施方式互相配合实施。上述实施方式中提到的相关技术细节在本实施方式中依然有效,为了减少重复,这里不再赘述。相应地,本实施方式中提到的相关技术细节也可应用在上述实施方式中。

[0094] 本发明还公开了一种面向多轨网络的光路交换系统,其中包括:

[0095] 终端连接模块,用于获取多个中继光路交换机、多个终端光路交换机和待光路通信的多个多轨服务器节点,其中该终端光路交换机的总数为m;将多轨服务器节点的电交换

节点作为终端,每个多轨服务器节点具有由k个终端构成的终端组,每个该终端交换机通过其具有的N个终端互连端口与n个终端组相连;

[0096] 单轨互连模块,用于得到该中继光路交换机的总数 $\frac{2N-k}{k}$,通过将m个该终端光路交换机的 $\frac{2N-k}{k}$ 个中继互连端口与 $\frac{2N-k}{k}$ 个该中继光路交换机m个中继互连端口进行互连,得到光路单轨互连系统;

[0097] 多轨互连模块,用于,按照光路单轨互连系统中终端互连端口的优先级依次检查,检查两终端互连端口间是否具有空闲的固定链路,连接该固定链路得到光路多轨互连系统;

[0098] 光路交换模块,用于使任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换,以完成多轨服务器节点间的光路通信。

[0099] 该面向多轨网络的光路交换系统,其中多轨互连模块中该检查的内容具体包括:若不同的两终端光路交换机间具有空闲的固定链路,则将终端互连端口与该固定链路的中继互连端口进行连通,若同一终端光路交换机内的两终端互连端口需要进行多轨互连,则直接将终端互连端口在该终端光路交换机内进行互连。

[0100] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中该单轨互连模块的互连过程具体为:将编号为“j”的该继光路交换机的编号为“i”的中继互连端口,与编号为“i”的该终端光路交换机的编号为“j”的中继互连端口进行互连。

[0101] 该面向多轨网络的光路交换方法,其中该光路交换模块中任意两终端间通过该光路多轨互连系统进行光路交换具体包括:

[0102] 判断两终端是否与同一终端光路交换机相连,若是,则通过控制该终端光路交换机的光交叉开关,将两终端所连接的终端互连端口进行互连,否则按序遍历中继互连端口,选择在两个终端光路交换机都空闲的中继互连端口,通过控制两个终端光路交换机的光交叉开关,分别将两个终端光路交换机内部的终端互连端口与所选择的中继互连端口进行光路互连。

[0103] 该面向多轨网络的光路交换系统,其中该空闲的固定链路为满足单轨互连外,仍然可建立光路互连的资源。

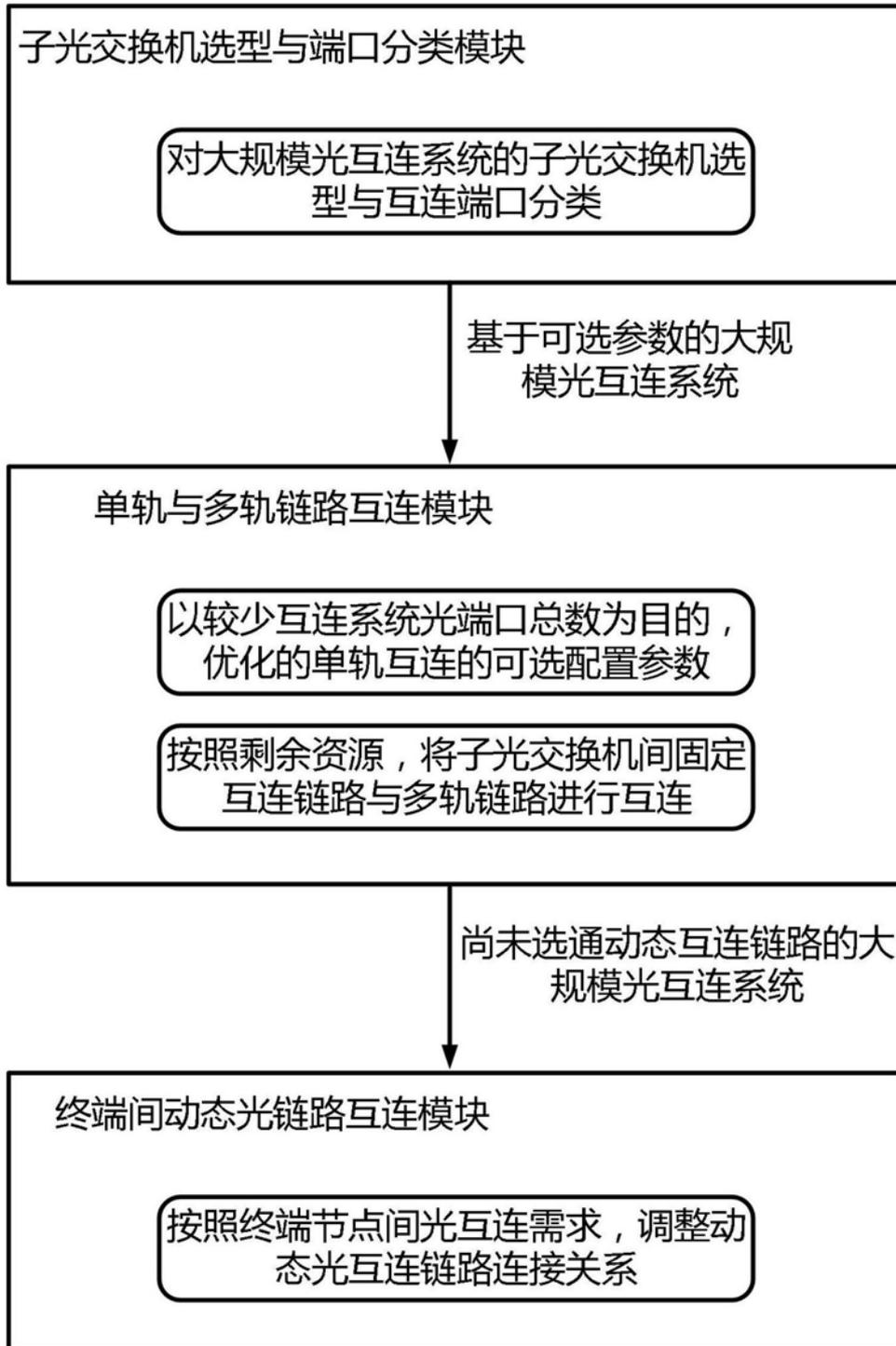


图1

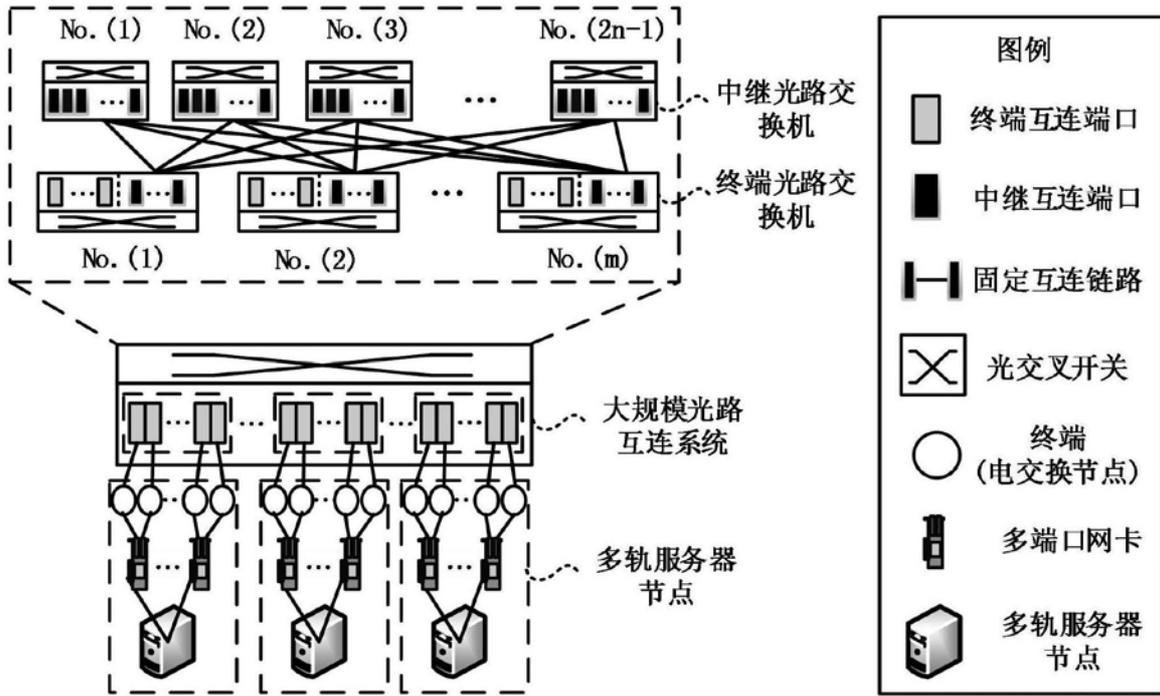


图2

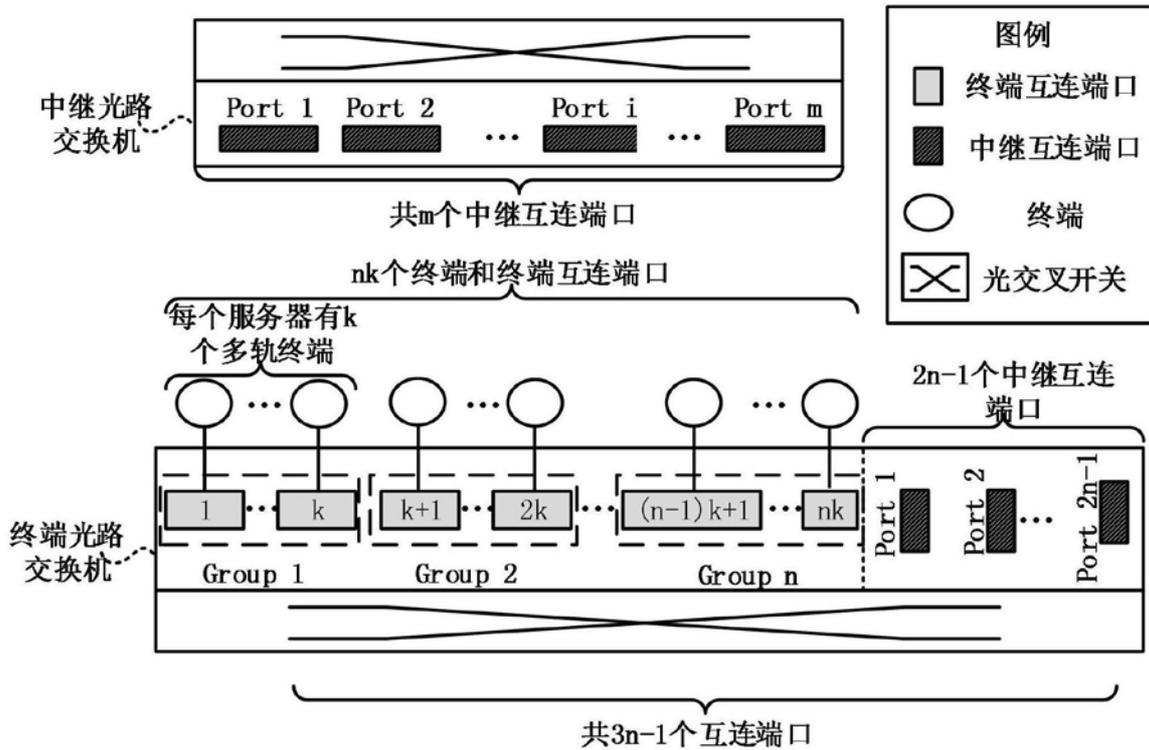


图3

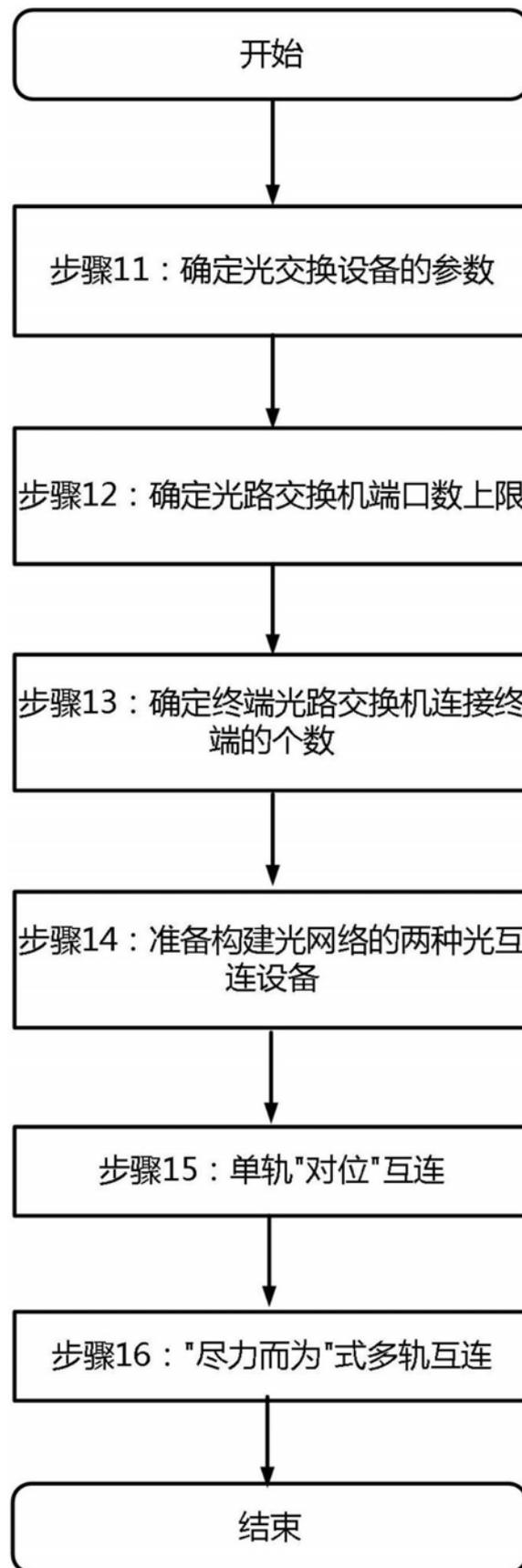
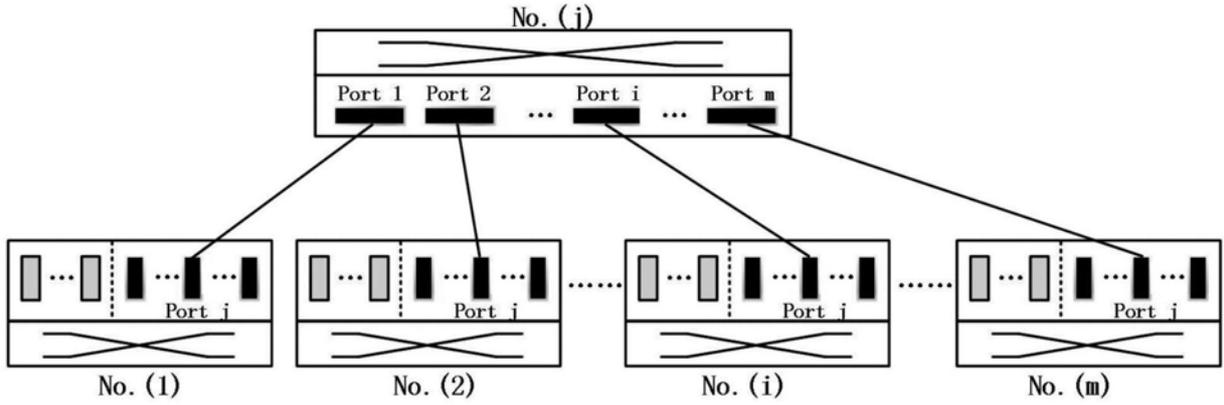
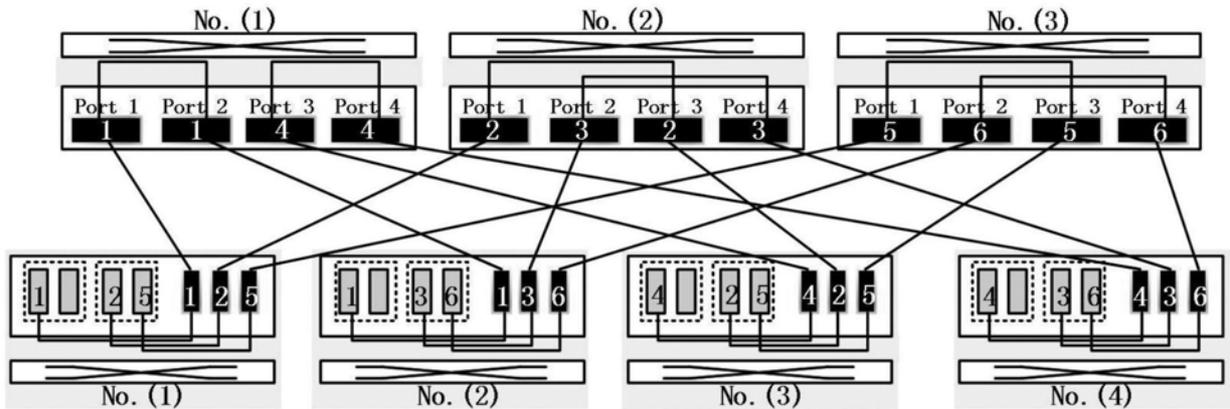


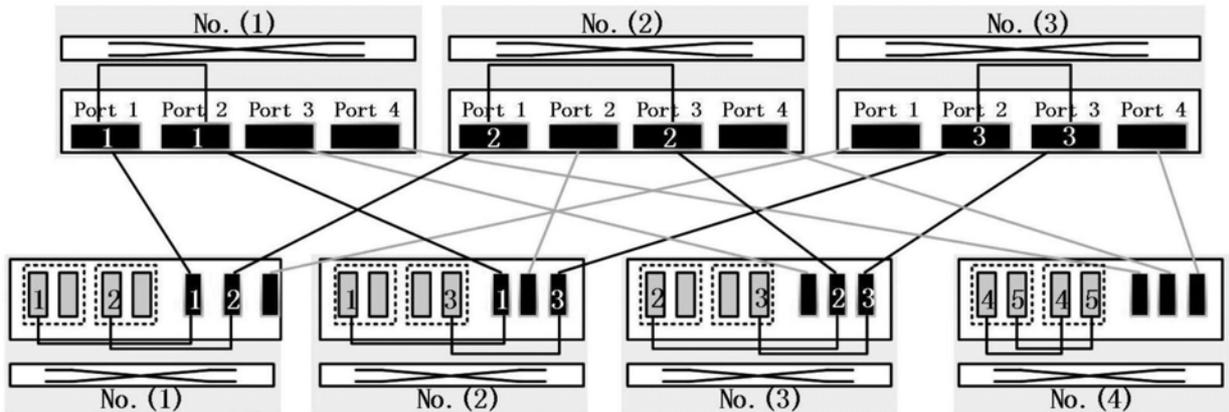
图4



(a) 中继光路交换机与终端光路交换机间线路连接方式



(b) 多轨使用场景一（中继与终端光路交换机间潜在光路利用率最高情况）



(c) 多轨使用场景二（终端光路交换机内多轨互连数量最高情况）

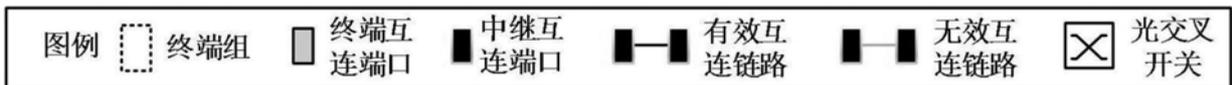


图5

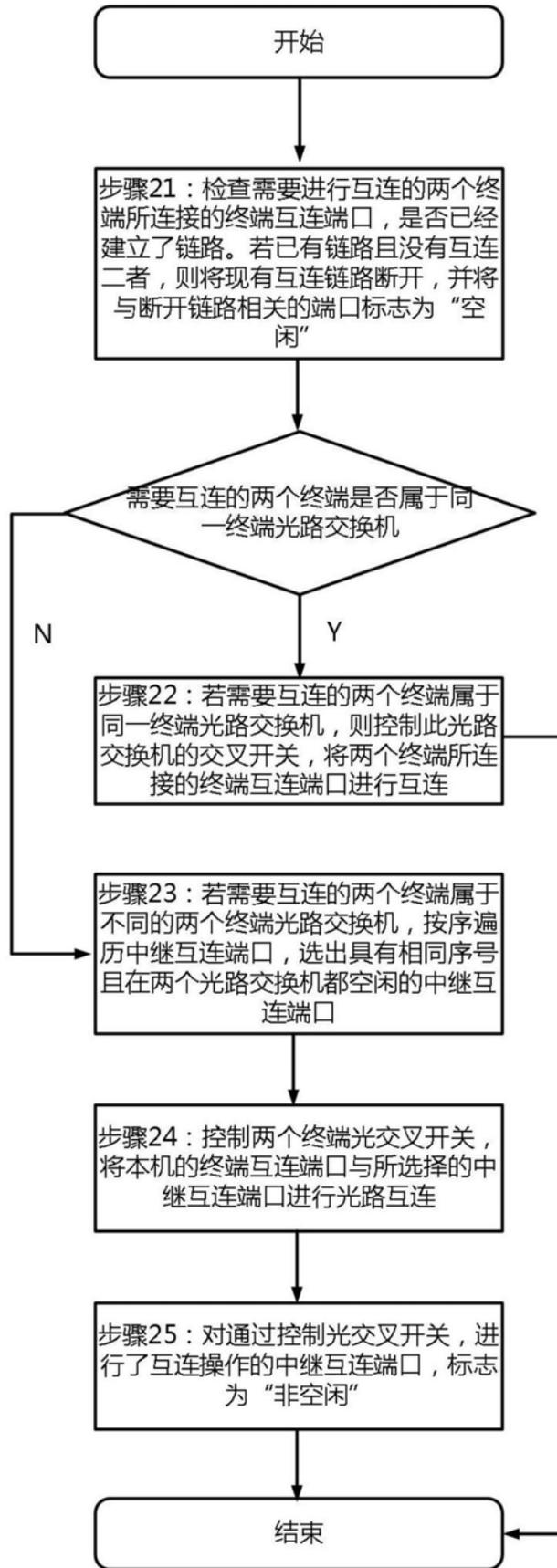


图6