

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 6 月 4 日 (04.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/107498 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 17/50 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/118842

(22) 国际申请日: 2018 年 12 月 3 日 (03.12.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811426325.0 2018 年 11 月 27 日 (27.11.2018) CN

(71) 申请人: 苏州大学(SOOCHOW UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市相城区济学路 8 号, Jiangsu 215000 (CN)。

(72) 发明人: 李泳成(LI, Yongcheng); 中国江苏省苏州市相城区济学路 8 号, Jiangsu 215000 (CN)。
沈纲祥(SHEN, Gangxiang); 中国江苏省苏州市

相城区济学路 8 号, Jiangsu 215000 (CN)。 郭宁宁(GUO, Ningning); 中国江苏省苏州市相城区济学路 8 号, Jiangsu 215000 (CN)。

(74) 代理人: 苏州市中南伟业知识产权代理事务所(普通合伙)(CENTRAL SOUTH WELL INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国江苏省苏州市工业园区金芳路 18 号 B3 幢 2 层 214 室, Jiangsu 215000 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) **Title:** METHOD FOR REARRANGING OPTICAL AMPLIFIERS OF ELASTIC OPTICAL NETWORK AFTER OPTICAL FIBER UPGRADING

(54) 发明名称: 一种光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法

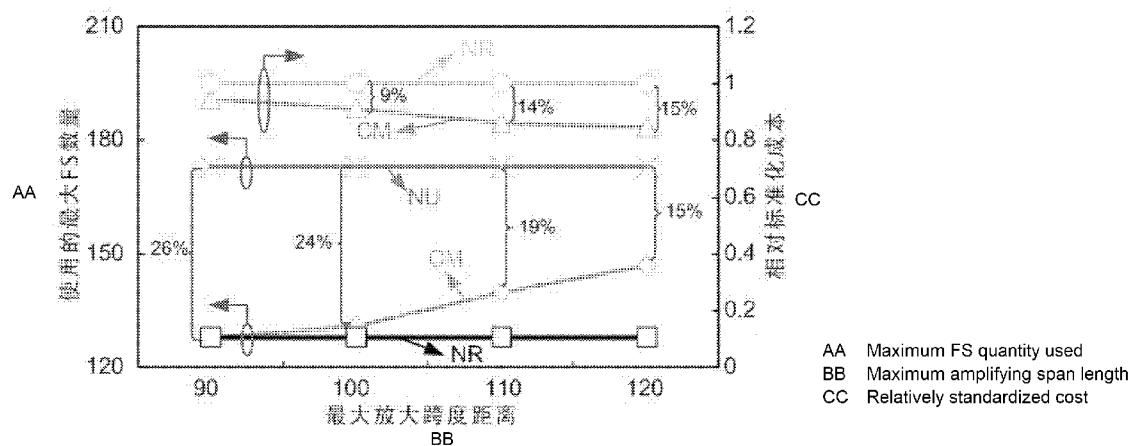


图 6

(57) **Abstract:** Disclosed is a method for rearranging optical amplifiers of an elastic optical network after optical fiber upgrading. The method comprises the following operations for a single upgrading link: using a redundancy removing mode to traverse amplifiers of the upgrading link, removing redundant EDFA in the upgrading link, and calculating to obtain the cost saved by redundancy removal; using a complete rearrangement mode to rearranging amplifiers of the upgrading link, rearranging all EDFA in the upgrading link, and calculating to obtain the cost saved by complete rearrangement; comparing the cost saved by redundancy removal with the cost saved by the complete rearrangement, and selecting the method which saves more cost as the method for rearranging optical amplifiers of the upgrading link; repeating the above steps and performing rearrangement operation on optical amplifiers of all upgrading links in sequence. The method can reduce the quantity of optical amplifiers to the maximum extent without obviously reducing the spectrum resource utilization rate, thereby improving the resource utilization rate at the same time of saving cost.

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法, 包括针对单根升级链路做如下操作: 使用去除冗余方式对升级链路的放大器进行遍历, 去除升级链路上多余的EDFA, 并计算获得去除冗余所节省的成本; 使用完全重排列方式对升级链路的放大器重新布置, 重新排列升级链路上的所有EDFA, 并计算获得完全重排列所节省的成本; 比较升级链路中的所述去除冗余方式所节省的成本和完全重排列方式所节省的成本, 选择节约成本较多的作为所述升级链路的光放大器重排列方法; 重复以上步骤, 依次对所有升级链路上的光放大器进行了重排列操作。所述方法能够最大限度地减少光放大器数量的同时, 不会明显降低频谱资源利用率, 在节约成本的同时提高资源利用率。

一种光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法

技术领域

5 本发明涉及光网络技术领域，具体涉及一种光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法。

背景技术

10 目前，制造超低损耗（ULL）光纤的技术已经成熟。ULL 光纤比标准单模光纤（SSMF）具有更低的衰减系数，这使得使用 ULL 光纤的网络信号传输质量更好，适合未来超大容量，超长距离的光网络使用。因此，ULL 光纤被认为是在未来的光传输网络中实现先进调制格式和高频谱效率的超级光通道所必需的技术。而且，随着上个世纪在骨干网中部署的许多 SSMF 即将达到使用寿命，使用 ULL 光纤来取代这些旧的 SSMF，将显著地改善当今光传输网络的传输性能，这种针对光传输网络的 ULL 光纤升级将在网络运营商中成为一种趋势。

15 目前，国内外研究都是基于光放大器（例如，EDFA）的位置不变，然而在使用 ULL 光纤升级网络链路之后，由于其较低的衰减系数，其光放大器的最大放大跨度距离可以极大增加。因此，为了节省包括硬件成本和维护成本的系统成本，网络运营商希望通过沿着链路最佳地重新布置光放大器以减少网络中使用光放大器的数量。然而，增加放大跨度距离可能需要更高的放大增益，这导致更高的放大器自发发射（ASE）噪声，因此也将降低光信号的传输质量。这将
20 导致光通道采用低级的调制格式，占用更多的频谱资源，从而影响网络的频谱使用效率。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法，其能够最大限度地减少光放大器数量的同时，不会明显降低频谱资源利用率，在节约成本的同时提高资源利用率。

5 为了解决上述技术问题，本发明提供了一种光纤链路的光放大器重排列方法，在光网络中光纤链路升级后，获得升级链路，针对单根所述升级链路做如下操作：尝试使用去除冗余方式对所述升级链路的放大器进行遍历，去除所述升级链路上多余的 EDFA，并计算获得去除冗余所节省的成本 C_{RR} ；尝试使用完全重排列方式对所述升级链路的放大器重新布置，重新排列所述升级链路上的所有 EDFA，并计算获得完全重排列所节省的成本 C_{FR} ；比较所述升级链路中的所述
10 去除冗余方式所节省的成本 C_{RR} 和所述完全重排列方式所节省的成本 C_{FR} ，选择节约成本较多的作为所述升级链路的光放大器重排列方法；重复以上步骤，依次对所有升级链路上的光放大器进行了重排列操作，完成所有升级链路的重排列。

15 作为优选的，所述尝试使用去除冗余方式对所述升级链路的放大器进行遍历，去除所述升级链路上多余的 EDFA，具体包括：

S11、设定升级链路的最大放大跨度距离 D ；

S12、对所述升级链路中每一个放大器的前后两个相邻放大跨度的距离求和，获得求和值 I ；

20 S13、比较求和值 I 和最大放大跨度距离 D ；当求和值 I 小于最大放大跨度距离 D 时，去除所述放大器；当求和值 I 大于最大放大跨度距离 D 时，保留所述放大器。

作为优选的，所述尝试使用完全重排列方式对所述升级链路的放大器重新布置，重新排列所述升级链路上的所有 EDFA，具体包括：

S21、移除所述升级链路上所有的放大器；

S22、沿所述升级链路重新放置 EDFA。

作为优选的，所述沿所述升级链路重新放置 EDFA，使得相邻两个 EDFA 之间的放大跨度距离为 M ，而放大跨度距离 M 满足： $l/\left(\frac{l}{D}\right)-10 \leq M \leq l/\left(\frac{l}{D}\right)+10$ ，其中， l 为放大器的前后两个相邻放大跨度的距离和， D 为升级链路的最大放大跨度距离。

作为优选的， $l/\left(\frac{l}{D}\right)+10 \leq D$ 。

作为优选的，所述计算获得去除冗余所节省的成本 C_{RR} ，其中， $C_{RR} = N_e \cdot (C_e + C_p)$ ， C_e 为硬件成本， C_p 为 EDFA 供电和维护的总成本。

作为优选的，所述计算获得完全重排列所节省的成本 C_{FR} ，其中， $C_{FR} = N_e \cdot (C_e + C_p) - \phi_r \cdot C_r$ ， C_e 为硬件成本， C_p 为 EDFA 供电和维护的总成本， ϕ_r 为新建的放置空间数， C_r 为构建新的放置空间的成本， N_e 是链路上减少的放大器数量。

本发明的有益效果：通过对比去除冗余方式和完全重排列方式，选取节约成本较多的方式对光纤链路中的放大器进行重排列，在最大限度地减少光放大器数量的同时，不会明显降低频谱资源利用率，在节约成本的同时提高资源利用率。

附图说明

图 1 是本发明的移除超低损耗光纤链路上光放大器的示意图；

图 2 是本发明的去除冗余 EDFA 策略和 EDFA 重排列策略的示意图；

图 3 是本发明对 USNET 网络的不同 EDFA 重排策略性能；

图 4 是本发明对 NSFNET 网络的不同 EDFA 重排策略性能；

图 5 是本发明通过不同的 EDFA 重排策略节省成本示意图；

图 6 是不同放大跨度距离下 CM 策略的性能示意图。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明，以使本领域的技术人员可以更好地理解本发明并能予以实施，但所举实施例不作为对本发明的限定。

所理解的是，本申请中所出现的以下名词，掺铒光纤放大器即为 EDFA，标准单模光纤即为 SSMF，超低损耗光纤即为 ULL 光纤，均为本领域专有技术名词。

在使用 ULL 光纤升级网络链路之后，其较低的衰减特性允许网络运营商增加链路上两个相邻 EDFA 之间的放大跨度距离。图 1 显示了 EDFA 的移除如何改变所使用的 EDFA 的数量和光通道的光信噪比 (OSNR) 的示例。该示例中包括两个链路：A-B 与 B-C。它们都使用了 ULL 光纤进行升级。在每个链路的两端，有一对前置和后置放大器，中间有线路放大器。前置放大器和后置放大器由节点设备托管在相同的设备室中。通常建立独立空间用于放置和管理每个线路放大器。对于 SSMF 链路，放大跨度距离通常不大于 80 km。升级后，由于 ULL 光纤的衰减系数较低，其放大跨度距离最大可以扩展到 120 km。因此，链路上的某些 EDFA 变得多余并且可以被移除。比较两个重排列方案 R1 和 R2，其中 R1 去除光放大器 OA2 和 OA7，R2 去除更多的 EDFA，包括 OA2，OA6 和 OA8。随着这些 EDFA 的移除，通过这些链路的 OSNR 也相应地减小。例如，在 R1 中，光信道 A-C 的 OSNR 从 18dB 降低到 17.5dB，但是仍然满足 QPSK 的 OSNR 要求。因此，在其初始调制格式为 QPSK 的情况下，信道使用的 FS 数量没有变化。相反，在 R2 中，光信道的 OSNR 从 18dB 降低到 16.9dB，不满足 QPSK 的 OSNR 容限要求。这就必须使用较低级别的调制格式（即 BPSK），这需要使用更多的 FS。该示例表明，不同的重新排列方案可导致所使用的 EDFA 数量与消耗的频谱资源之间的不同折衷。

参照图 1 所示, 本发明的公开了一种光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法, 在光网络中光纤链路升级后, 获得升级链路, 针对单根所述升级链路做如下操作:

(1) 去除冗余 (简称 RR 策略): 尝试使用去除冗余方式对所述升级链路的放大器进行遍历, 去除所述升级链路上多余的 EDFA, 并计算获得去除冗余所节省的成本 C_{RR} ; 所述计算获得去除冗余所节省的成本 C_{RR} , 其中, $C_{RR} = N_e \cdot (C_e + C_p)$, C_e 为硬件成本, C_p 为 EDFA 供电和维护的总成本, N_e 是链路上减少的放大器数量。

所述尝试使用去除冗余方式对所述升级链路的放大器进行遍历, 去除所述升级链路上多余的 EDFA, 具体包括:

S11、设定升级链路的最大放大跨度距离 D ;

S12、对所述升级链路中每一个放大器的前后两个相邻放大跨度的距离求和, 获得求和值 l ;

S13、比较求和值 l 和最大放大跨度距离 D ; 当求和值 l 小于最大放大跨度距离 D 时, 去除所述放大器; 当求和值 l 大于最大放大跨度距离 D 时, 保留所述放大器。

例如, 在图 2 (a) 中, 放大器 E_1 前后两个相邻放大跨度的距离求和为 l_1 , 由于 l_1 小于 D , 因此可以移除 E_1 ; 放大器 E_2 前后两个相邻放大跨度的距离求和为 l_2 , 而由于 l_2 大于 D , 所以不能进一步去除 E_2 , 因此 E_3 也是如此。因此, 我们可以减少一个 EDFA。

(2) 完全重排列 (简称 FR 策略): 尝试使用完全重排列方式对所述升级链路的放大器重新布置, 重新排列所述升级链路上的所有 EDFA, 并计算获得完全重排列所节省的成本 C_{FR} ; 所述计算获得完全重排列所节省的成本 C_{FR} , 其中, $C_{FR} = N_e \cdot (C_e + C_p) - \phi_r \cdot C_r$, C_e 为硬件成本, C_p 为 EDFA 供电和维护的总成本, ϕ_r 为

新建的放置空间数， C_r 为构建新的放置空间的成本。

所述尝试使用完全重排列方式对所述升级链路的放大器重新布置，重新排列所述升级链路上的所有 EDFA，具体包括：

S21、移除所述升级链路上所有的放大器；

5 S22、沿所述升级链路重新放置 EDFA，相邻两个 EDFA 之间的放大跨度距离为 M ，使得放大跨度距离 M 满足： $l/\left(\frac{l}{D}\right)-10 \leq M \leq l/\left(\frac{l}{D}\right)+10$ ，其中， l 为放大器的前后两个相邻放大跨度的距离和， D 为升级链路的最大放大跨度距离，并且上限 $l/\left(\frac{l}{D}\right)+10 \leq D$ 。

例如，在图 2 (b) 中，如果 $l=170$ km 和 $D=120$ km，则放大跨度距离 M 分布
10 在 $[l/\left(\frac{l}{D}\right)-10, l/\left(\frac{l}{D}\right)+10]$ 范围内，可以去除两个 EDFA。与 RR 策略相比，FR 策略可以减少一个 EDFA。

(3) 基于成本最小化（简称 CM 策略）：比较所述升级链路中的所述去除冗余方式所节省的成本 C_{RR} 和所述完全重排列方式所节省的成本 C_{FR} ，选择节约成本较多的作为所述升级链路的光放大器重排列方法。

15 例如，我们将 EDFA 的硬件成本 C_e 的标准化为 1.0 单位，并且 EDFA 构建新的放置空间的成本 C_r 也是 1.0 单位。生命周期内为 EDFA 供电和维护的总成本 C_p 为 7.0 单位，如图 2 (a) 和 (b) 所示，RR 策略的成本节省为 8 个单位，FR 的成本节省为 15 个单位。因此，我们选择 FR 策略来重新排列 EDFA。

(4) 重复以上步骤 (1) (2) (3)，依次对所有升级链路上的光放大器
20 进行了重排列操作，完成所有升级链路的重排列。

在另一示例中，该光网络包括两个测试网络，即 14 节点，21 链路 NSFNET 网络和 24 节点，43 链路美国骨干网络 (USNET) 进行改进。例如 ULL 光纤的衰减系数为 0.168 dB / km。对于基于 SSMF 链路的初始 EDFA 放置，初始设置的

最大放大跨度距离为 $D = 80 \text{ km}$ 。基于此初始放置，通过本发明中的方法对升级的 ULL 光纤链路的网络执行 EDFA 的重新布置。此外，每条光纤链路上有 320 个 FS，每个 FS 的带宽为 12.5 GHz。四种调制格式（即 BPSK，QPSK，8-QAM 和 16-QAM）用于光路建立。每个节点对之间的流量需求随机分布在 $[10, 400] \text{ Gb/s}$ 的范围内。

图 3 显示了不同 EDFA 重排策略在所使用的 EDFA 数量和 USNET 网络中使用的最大 FS 数量方面的性能，其中 $D = 100 \text{ km}$ 。图例“NR”对应于没有 EDFA 重排的情况。图例“RR”，“FR”和“CM”分别对应于 RR，FR 和 CM 的策略。我们可以看到 NR 策略需要的 EDFA 数量最多，但其最大使用的 FS 数最小。相反，FR 策略需要的 EDFA 数量最少，但最大使用的 FS 数最多。这是因为 FR 策略尽可能的减少了使用的 EDFA 数量，这显著地影响了光通道上链路的 OSNR。这会降低部分光通道的调制格式，从而影响频谱效率，最终增加网络中最大使用的 FS 数。RR 策略的结果与 NR 接近。最后，CM 策略是最好的，在实现接近 NR 和 RR 策略的最大使用的 FS 数。但是，其使用的 EDFA 数量接近 FR 策略的数量。这是因为 CM 策略具备 RR 和 FR 策略的优点。此外，与使用 SSMF 的场景（即图例“NU”）相比，当在所有策略下将所有链路升级到 ULL 光纤时，使用的 FS 的数量显著减少。我们对 NSFNET 网络进行了类似的研究，其结果如图 4 所示，与之前一样，CM 策略在使用的 EDFA 数量和消耗的频谱资源方面达到了最佳性能。

我们也评估了不同策略节省的总成本。节省的成本由 $C_{RR} = N_e \cdot (C_e + C_p)$ 和 $C_{FR} = N_e \cdot (C_e + C_p) - \phi_r \cdot C_r$ 计算。如图 5 所示，CM 策略在节约成本方面的表现最佳，在 USENET 和 NSFNET 网络中，其节约的成本分别高达 9% 和 10%。该现象的原因与减少的使用的 EDFA 数量的原因一致。

如图 6 所示，CM 策略的性能随着不同放大跨度距离增加而改变。该图显示了在 CM 策略下最大放大跨度距离如何 USNET 网络的性能。此处，将 NR 策略部署和运行 EDFA 的总成本标准化为 1.0，随着最大放大跨度距离的增加，CM 策略

的优势变得更强。然而，这是以使用的最大 FS 数的潜在增加为代价的。当最大放大跨度距离为 100 km 时，CM 策略使用的最大 FS 数略大于 NR 情况下，约为 2%（并且仍远小于 NU 策略的使用的最大 FS 数，约 24%）。然而，在该最大放大跨度距离下，CM 策略的总成本节省高达约 9%。因此，在这种情况下，100 km 是 CM 策略最大限度地获得其益处的最佳放大跨度距离。

以上所述实施例仅是为充分说明本发明而所举的较佳的实施例，本发明的保护范围不限于此。本技术领域的技术人员在本发明基础上所作的等同替代或变换，均在本发明的保护范围之内。本发明的保护范围以权利要求书为准。

权 利 要 求 书

1. 一种光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法，其特征在于，在光网络中光纤链路升级后，获得升级链路，针对单根所述升级链路做如下操作：

尝试使用去除冗余方式对所述升级链路的放大器进行遍历，去除所述升级
5 链路上多余的 EDFA，并计算获得去除冗余所节省的成本 C_{RR} ；

尝试使用完全重排列方式对所述升级链路的放大器重新布置，重新排列所述升级链路上的所有 EDFA，并计算获得完全重排列所节省的成本 C_{FR} ；

比较所述升级链路中的所述去除冗余方式所节省的成本 C_{RR} 和所述完全重排列方式所节省的成本 C_{FR} ，选择节约成本较多的作为所述升级链路的光放大器
10 重排列方法；

重复以上步骤，依次对所有升级链路上的光放大器进行了重排列操作，完成所有升级链路的重排列。

2. 如权利要求 1 所述的光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法，其特征在于，所述尝试使用去除冗余方式对所述升级链路的放大器进行遍历，去除所
15 述升级链路上多余的 EDFA，具体包括：

S11、设定升级链路的最大放大跨度距离 D ；

S12、对所述升级链路中每一个放大器的前后两个相邻放大跨度的距离求和，获得求和值 l ；

S13、比较求和值 l 和最大放大跨度距离 D ；当求和值 l 小于最大放大跨度距离 D 时，去除所述放大器；当求和值 l 大于最大放大跨度距离 D 时，保留所述放
20 大器。

3. 如权利要求 1 所述的光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法，其特征在于，所述尝试使用完全重排列方式对所述升级链路的放大器重新布置，重新排列所述升级链路上的所有 EDFA，具体包括：

S21、移除所述升级链路上所有的放大器；

S22、沿所述升级链路重新放置 EDFA。

4. 如权利要求 3 所述的光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法，其特征在于，所述沿所述升级链路重新放置 EDFA，具体包括：

5 沿所述升级链路重新放置 EDFA，使得相邻两个 EDFA 之间的放大跨度距离为 M ，而所述放大跨度距离 M 满足： $l/\left(\frac{l}{D}\right)-10 \leq M \leq l/\left(\frac{l}{D}\right)+10$ ，其中， l 为放大器的前后两个相邻放大跨度的距离和， D 为升级链路的最大放大跨度距离。

5. 如权利要求 4 所述的光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法，其特征在于， $l/\left(\frac{l}{D}\right)+10 \leq D$ 。

10 6. 如权利要求 1 所述的光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法，其特征在于，所述计算获得去除冗余所节省的成本 C_{RR} ，其中， $C_{RR} = N_e \cdot (C_e + C_p)$ ， C_e 为硬件成本， C_p 为 EDFA 供电和维护的总成本， N_e 是链路上减少的放大器数量。

7. 如权利要求 1 所述的光纤升级后弹性光网络的光放大器重排列方法，其特征在于，所述计算获得完全重排列所节省的成本 C_{FR} ，其中，
15 $C_{FR} = N_e \cdot (C_e + C_p) - \phi_r \cdot C_r$ ， C_e 为硬件成本， C_p 为 EDFA 供电和维护的总成本， ϕ_r 为新建的放置空间数， C_r 为构建新的放置空间的成本。

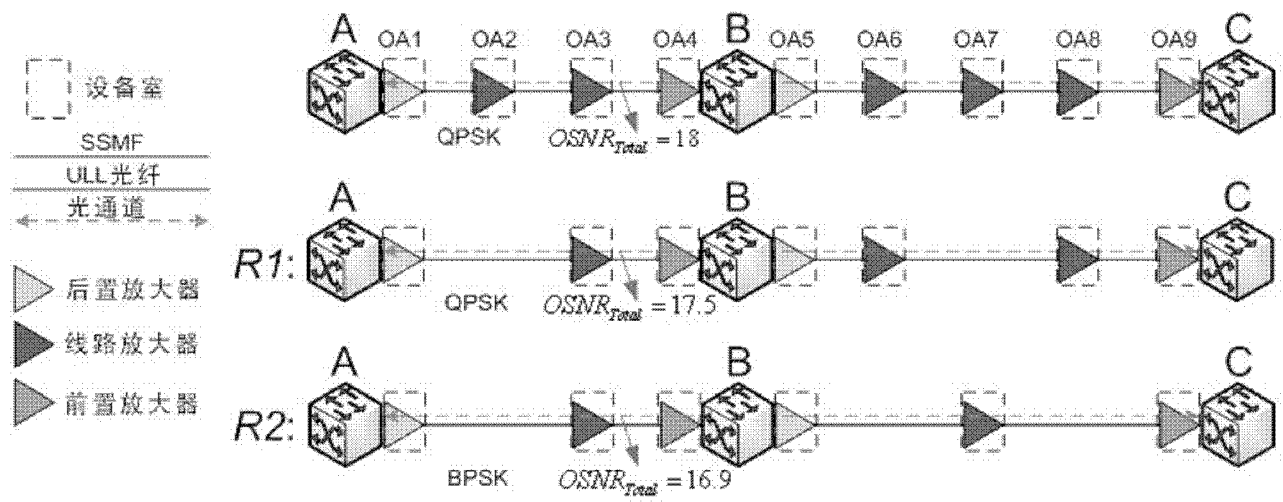


图 1

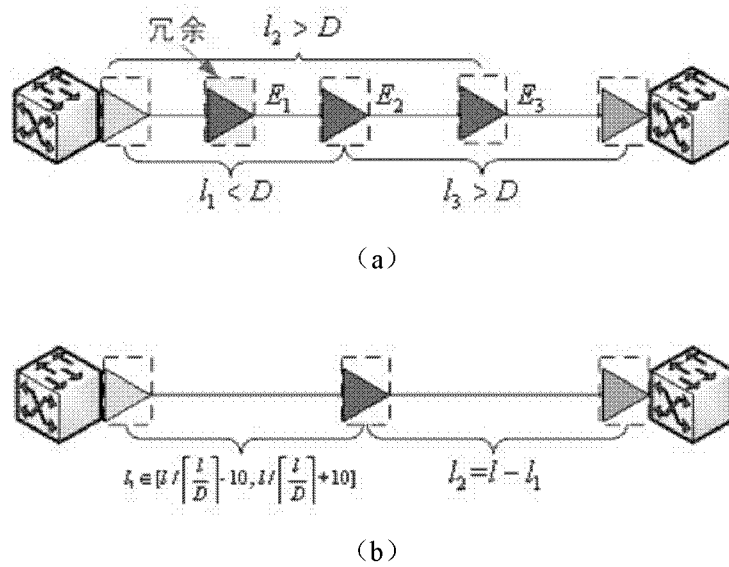


图 2

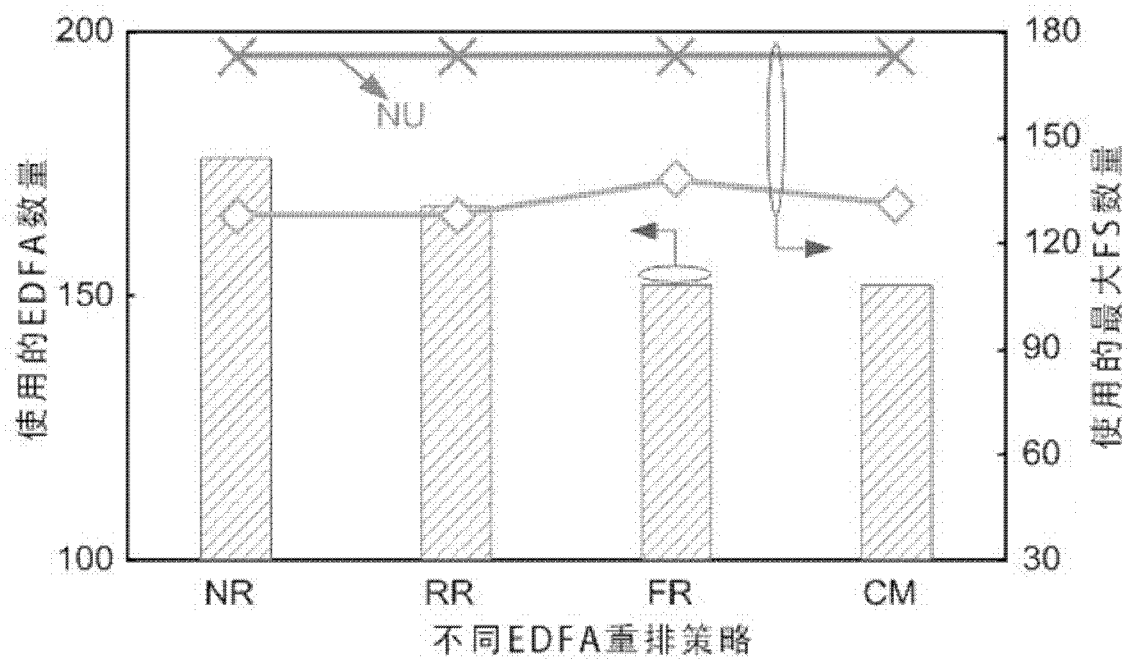


图 3

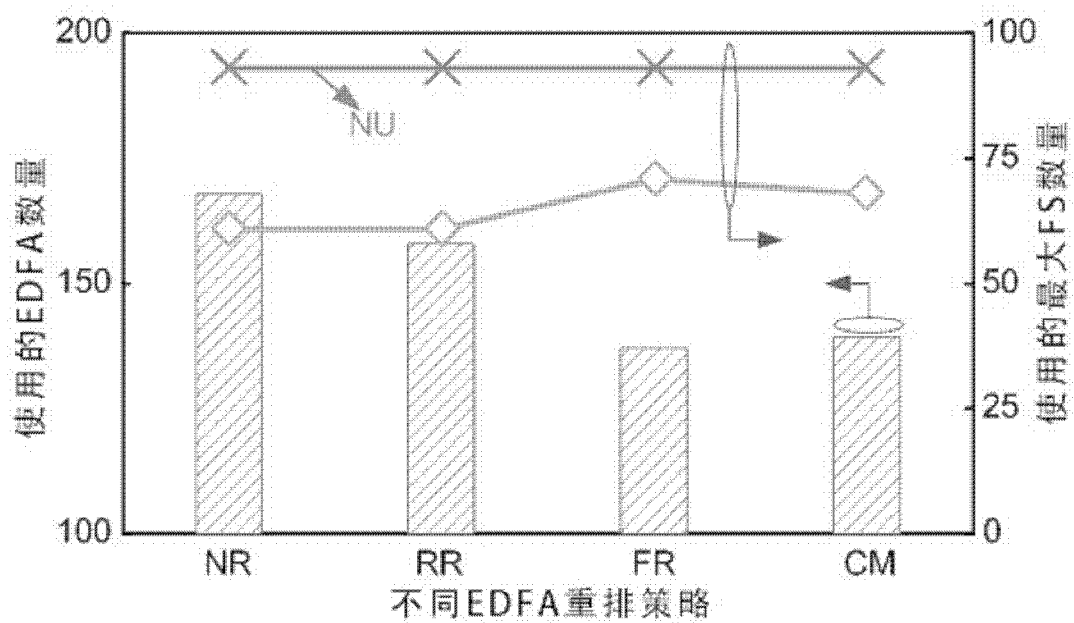


图 4

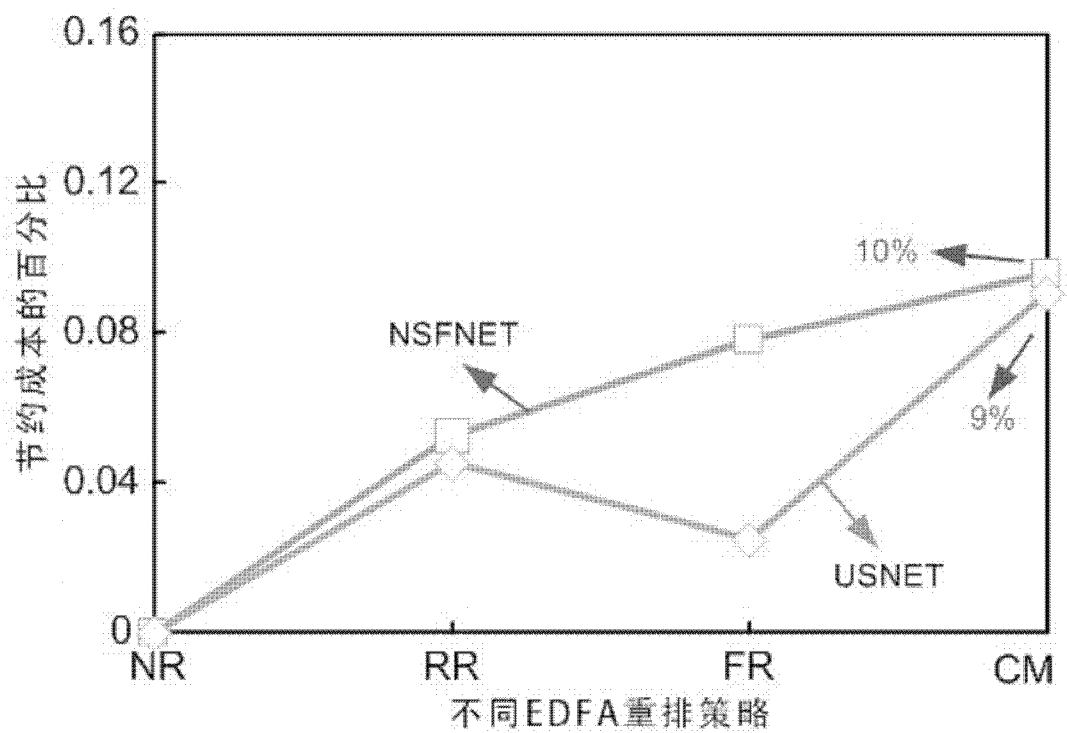


图 5

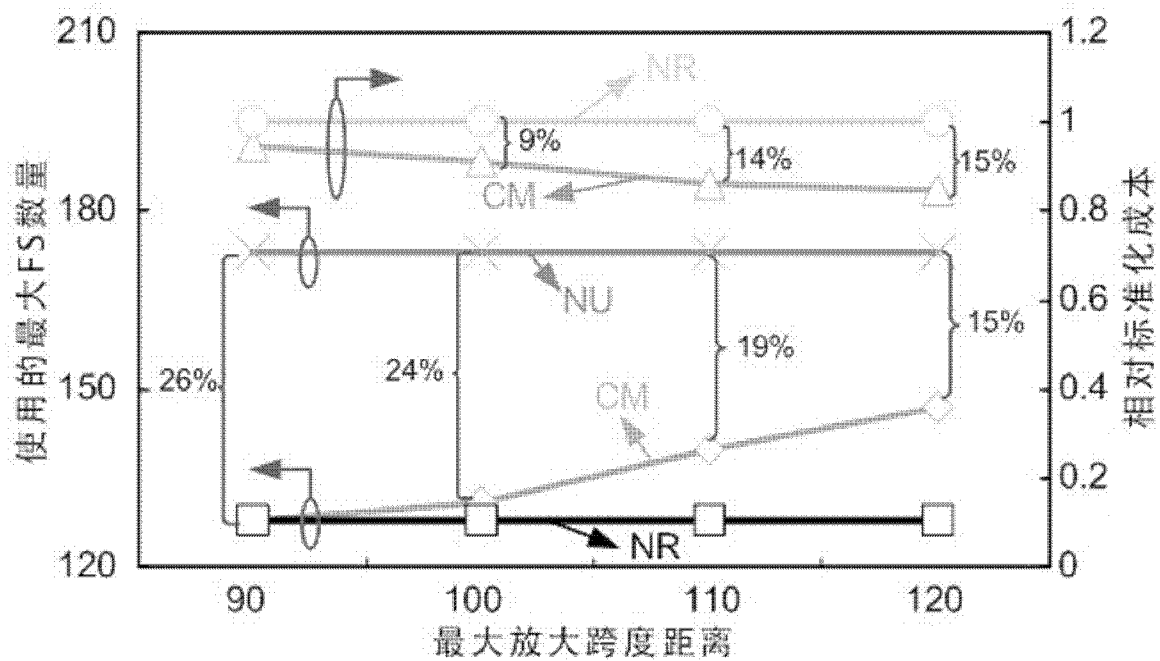


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/118842

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06F 17/50(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, IEEE: 弹性光网络, 升级, 优化, 光纤, 放大器, 排列, 策略, 成本, 支出, elastic optical network, EONs, upgrad+, optimiz+, fiber, amplifier, EDFA, arrang+, strategy, cost, CapEx		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	姜利民 等 (JIANG, Limin et al.). "超低损耗光纤在量子保密通信中的应用研究 (Ultra Low Loss Fiber and Its Application in Quantum Key Distribution System)" 电力信息与通信技术 (<i>Electric Power Information and Communication Technology</i>), Vol. 16, No. 4, 30 April 2018 (2018-04-30), ISSN: 2095-641X, p. 26	1-7
Y	李瑶 等 (LI, Yao et al.). "基于多芯光纤的最小成本增长型网络设计 (CapEx-minimized Incremental Network Design Based on Multi-core Fibers)" 清华大学学报(自然科学版)(<i>Journal of Tsinghua University (Science and Technology)</i>), Vol. 56, No. 9, 30 September 2016 (2016-09-30), ISSN: 1000-0054, pp. 937 and 939	1-7
A	马晓亮 (MA, Xiaoliang). "ULL与LL光纤在干线光缆网中的应用研究 (Non-official translation: Application Research of ULL and LL Optical Fibers in Trunk Optical Cable Network)" 电信快报 (<i>Telecommunications Information</i>), No. 4, 30 April 2014 (2014-04-30), ISSN: 1006-1339, entire document	1-7
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 15 August 2019		Date of mailing of the international search report 28 August 2019
Name and mailing address of the ISA/CN National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/118842**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108199881 A (SOOCHOW UNIVERSITY) 22 June 2018 (2018-06-22) entire document	1-7
A	CN 106487685 A (SOOCHOW UNIVERSITY) 08 March 2017 (2017-03-08) entire document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/118842

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108199881	A	22 June 2018	WO	2019127699	A1	04 July 2019
CN	106487685	A	08 March 2017	US	2018138972	A1	17 May 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/118842

A. 主题的分类 G06F 17/50 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G06F 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EP0D0C, IEEE:弹性光网络, 升级, 优化, 光纤, 放大器, 排列, 策略, 成本, 支出, elastic optical network, EONs, upgrad+, optimiz+, fiber, amplifier, EDFA, arrang+, strategy, cost, CapEx		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	姜利民 等. "超低损耗光纤在量子保密通信中的应用研究" 电力信息与通信技术, 第16卷, 第4期, 2018年 4月 30日 (2018 - 04 - 30), ISSN: 2095-641X, 第26页	1-7
Y	李瑶 等. "基于多芯光纤的最小成本增长型网络设计" 清华大学学报 (自然科学版), 第56卷, 第9期, 2016年 9月 30日 (2016 - 09 - 30), ISSN: 1000-0054, 第937, 939页	1-7
A	马晓亮. "ULL与LL光纤在干线光缆网中的应用研究" 电信快报, 第4期, 2014年 4月 30日 (2014 - 04 - 30), ISSN: 1006-1339, 全文	1-7
A	CN 108199881 A (苏州大学) 2018年 6月 22日 (2018 - 06 - 22) 全文	1-7
A	CN 106487685 A (苏州大学) 2017年 3月 8日 (2017 - 03 - 08) 全文	1-7
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2019年 8月 15日		2019年 8月 28日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		曹妹妹
		电话号码 86-(10)-53961315

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/118842

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108199881	A	2018年 6月 22日	WO	2019127699	A1	2019年 7月 4日
CN	106487685	A	2017年 3月 8日	US	2018138972	A1	2018年 5月 17日