

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03127924.4

H04L 12/28 (2006.01)

H04L 12/24 (2006.01)

H04Q 3/545 (2006.01)

H04Q 3/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年6月10日

[11] 授权公告号 CN 100499534C

[22] 申请日 2003.4.24 [21] 申请号 03127924.4

[73] 专利权人 华为技术有限公司

地址 518057 广东省深圳市科技园科发路  
华为用服大厦

[72] 发明人 敖奇 刘亮

[56] 参考文献

EP1146682A2 2001.10.17

US2003055918A1 2003.3.20

GB2332832B 1999.6.30

EP1264443A1 2002.12.11

CN1349698A 2002.5.15

审查员 任扬

[74] 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司

代理人 张颖玲

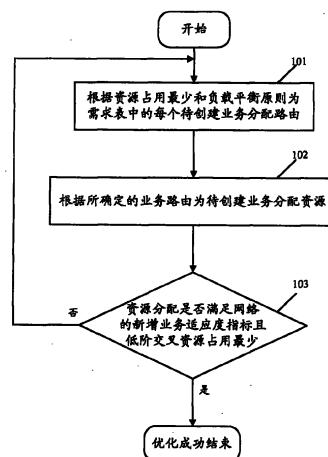
权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称

一种实现光同步数字传送网多业务优化的方法

[57] 摘要

本发明公开了一种实现光同步数字(SDH)传送网多业务优化的方法,其关键在于该方法包括以下步骤:A)预先将网络划分为环形子网;B)预先设置业务需求表,然后对表中待创建的业务按占用网络资源总量最少和负载平衡的原则分配路由,确定路由信息;C)根据步骤B所确定的路由信息,为待创建的业务分配资源;然后判断整个网络中的资源是否满足网络的新增业务适应度指标和低阶交叉资源占用最少,如果满足则结束,否则返回步骤B。本发明使其在兼顾优化效率和性能平衡的同时,保证占用网络资源总量最少、网络负载平衡、使网络中的剩余资源能够满足将来更多的业务增长以及使用低阶交叉资源最少,进而达到最佳业务优化的效果。



1、一种实现光同步数字传送网多业务优化的方法，其特征在于该方法包括以下步骤：

A. 预先将光同步数字传送网络划分为环形子网，并根据当前网络资源信息设置业务需求表；

B. 对需求表中待创建的每个业务计算初始路由，按占用网络资源总量最少和负载均衡的原则优化初始路由，确定路由信息；

C. 根据步骤 B 所确定的路由信息，按虚通道高阶为单位给业务分配时隙资源，检查已分配资源满足新增业务适应度指标且业务占用低阶交叉资源最少时，结束资源分配过程，否则规整相似路由的业务，在各子网内按虚通道低阶为单位给业务分配时隙资源；

D. 判断整个网络中的资源是否满足网络的新增业务适应度指标且低阶交叉资源占用最少，如果满足指标且占用低阶交叉资源最少，则结束，否则返回步骤 B。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，步骤 B 所述计算初始路由为：调用最短路径算法计算初始路由；

步骤 B 所述优化路由包括以下步骤：

B1. 分别对环形子网间和环形子网内链路资源的占用情况进行检查，对资源占用率超标链路上的所有业务，重新计算路由；

B2. 检查环形子网的负载均衡情况，对不满足负载均衡指标要求的环形子网内业务重新计算路由，然后检查环形子网内链路资源的占用情况；

B3. 将光同步数字传送网络再划分为核心子网和边缘子网，然后判断全网中核心子网的综合指标是否满足收敛条件，如满足，则结束路由分配，如不满足，则检查路由的计算次数是否达到门限，如果达到门限，则结束路由分配，否则，进行步骤 B1。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于步骤 C 所述规整相似路由的

业务为：将子网中任意两节点间不同低阶时隙所对应的业务，按高阶时隙级别合并到同一个高阶时隙中；

步骤 C 所述规整相似路由之后，在各子网内按虚通道低阶为单位给业务分配时隙资源之前进一步包括：匹配子网中一个以上高阶时隙所对应的业务。

4、根据权利要求 1 或 3 所述的方法，其特征在于：设定所述的网络新增业务适应度指标为每个子网中业务路由所占的节点个数与业务所占用低阶时隙资源数目的乘积之和。

## 一种实现光同步数字传送网多业务优化的方法

### 技术领域

本发明涉及网络多业务优化问题,尤其涉及一种实现光同步数字(SDH)传送网多业务优化的方法。

### 背景技术

对于一个运营的光传送网络而言,如何充分、有效地利用网络资源以接纳更多的业务,也就是如何进行业务配置的优化,一直以来都是一个十分关键的问题。这一优化问题是个非多项式完备(NP-Complete)的问题,可以通过整数线性规划(ILP)来进行描述,众所周知,在网络规模较大的情况下,求解这样优化问题的全局最优解几乎是不可能的。具体到光同步数字(SDH)传送网中,可以将其优化问题定性描述为:在已知物理网络和业务量矩阵的情况下,如何合理分配资源,以达到占用网络资源总量最少、网络负载平衡、使网络中的剩余资源能够满足将来更多的业务增长以及使用低阶交叉资源最少的四个优化目标。但是,由于在SDH传送网中存在一些复杂的约束条件,比如节点交叉能力方面的限制,特殊映射结构导致的链路资源不对称性等,将导致问题更加复杂化。

目前还没有专门针对SDH传送网中多业务优化问题的研究文献,与之最接近的只有密集波分复用(DWDM)光网络中多业务优化问题的解决方法,即静态路由与波长分配(RWA: Routing & Wavelength Assignment)问题的解决方法,在该方法中,由于考虑到优化问题的复杂性,通常将问题分解为两个子问题,分别为静态路由分配问题和波长分配问题,这两个问题各自也是NP困难的。其中,路由分配问题一般采用启发式算法,其思路是按一定的路由策略求出初始解,再根据全网的资源占用状态,对部分业务进行

重路由计算，直到指标达到预期值，或者计算结果收敛，或者计算到一定次数终止，然后给出一个较优解。而波长分配问题可以转化为一个图着色问题，此类问题已有成熟的标准图着色算法求解，但考虑到效率问题，通常也根据实际情况，采用启发式算法求出较优解。

一般来说，DWDM网络属于一般的网状网（Mesh网），这种网结构简单，内部只有节点之间的相互连接，而没有其他诸如环的连接结构，由于应用于DWDM网络上的启发式算法基于这种Mesh网，只考虑节点之间的简单连接，而不考虑具体的网络拓扑特征，所以优化效果的不确定性很大。另外，DWDM网络中的资源分配以波长为基本单位，而SDH传送网中的资源分配则以时隙为基本单位，并且具有特定的映射结构，故应用于DWDM网络的方法不适用于SDH传送网。此外，针对优化问题，还有遗传算法或者神经网络建模等方法，这些方法的思路是不对问题进行拆分，而直接进行求解。不过，遗传算法或者神经网络建模等方法一般仅适用于网络规模较小，约束条件简单的情况，随着网络规模的增加，尤其是在网络中的节点数目大于50个的时候，这些方法需要花费相当长时间求解，很可能不能满足运营网的时间效率要求，并且在大多数情况下可能无法求出最优解。

## 发明内容

为解决上述问题，发明人曾在另一专利申请中提出了一种实现SDH传送网多业务优化中路由分配的方法，该方法的实现思想是：根据SDH传送网由环构成的特点，将传送网按环划分为不同的子网，并将全网的负载平衡调整分解为各环形子网内调整和全网整体调整，从而使全网的调整更简单、高效，再通过进一步分析影响负载平衡的因素，将无法进行平衡的处于网络边缘且与网络只有一条链路相连的子网分离出去，保证占用网络负载最少和网络负载的平衡。

但是，该方法仅实现了SDH传送网多业务优化问题中前两个优化目标即占用网络资源总量最少和网络负载平衡，而对于后两个优化目标，即：使网络中

的剩余资源能够满足将来更多的业务增长以及使用低阶交叉资源最少却根本无法实现。

有鉴于此，本发明的主要目的是提供一种实现光同步数字（SDH）传送网多业务优化的方法，使其在兼顾优化效率和性能平衡的同时，保证占用网络资源总量最少、网络负载平衡、使网络中的剩余资源能够满足将来更多的业务增长以及使用低阶交叉资源最少，进而达到最佳业务优化的效果。

为了达到上述目的，本发明提供了一种实现 SDH 传送网多业务优化的方法，其关键在于该方法包括以下步骤：

A. 预先将光同步数字传送网络划分为环形子网，并根据当前网络资源信息设置业务需求表；

B. 对需求表中待创建的每个业务计算初始路由，按占用网络资源总量最少和负载均衡的原则优化初始路由，确定路由信息；

C. 根据步骤 B 所确定的路由信息，按虚通道高阶为单位给业务分配时隙资源，检查已分配资源满足新增业务适应度指标且业务占用低阶交叉资源最少时，结束资源分配过程，否则规整相似路由的业务，在各子网内按虚通道低阶为单位给业务分配时隙资源；

D. 判断整个网络中的资源是否满足网络的新增业务适应度指标且低阶交叉资源占用最少，如果满足指标且占用低阶交叉资源最少，则结束，否则返回步骤 B。其中，设定网络的新增业务适应度指标为各子网中业务路由所占的节点个数与业务所占用低阶时隙资源数目的乘积之和。

上述步骤 B 所述计算初始路由为：调用最短路径算法计算初始路由；

步骤 B 所述优化路由包括以下步骤：

B1. 分别对环形子网间和环形子网内链路资源的占用情况进行检查，对资源占用率超标链路上的所有业务，重新计算路由；

B2. 检查环形子网的负载平衡情况，对不满足负载平衡指标要求的环形子

网内业务重新计算路由，然后检查环形子网内链路资源的占用情况；

B3. 将光同步数字传送网络再划分为核心子网和边缘子网，然后判断全网中核心子网的综合指标是否满足收敛条件，如满足，则结束路由分配，如不满足，则检查路由的计算次数是否达到门限，如果达到门限，则结束路由分配，否则，进行步骤 B1。

上述步骤 C 中所述规整相似路由的业务为：将子网中任意两节点间不同低阶时隙所对应的业务，按高阶时隙级别合并到同一个高阶时隙中；

步骤 C 所述规整相似路由之后，在各子网内按虚通道低阶为单位给业务分配时隙资源之前进一步包括：匹配子网中一个以上高阶时隙所对应的业务。

由上述方案可以看出，本发明的关键在于：根据 SDH 网络的特点，将网络划分为环形子网，在路由分配实现的基础上，各子网内进行相对独立的资源分配，以提高进行资源分配的计算效率；然后在各子网中将业务需求映射到不同几何体，再进行匹配、合并，即按高阶或低阶细化分配，不仅较好地解决了低阶交叉资源限制的问题，而且很好地反映了在具有时隙连续性约束条件下，如何度量资源分配结果的优劣情况，从而完成优化目标。

因此，本发明所提供的实现 SDH 传送网多业务优化的方法具有以下的特点和优点：

1) 本发明根据 SDH 网络的特点，将网络划分为环形子网，通过在各子网内进行相对独立的资源分配，提高了在业务规模较大时进行资源分配的计算效率，并且在很短的时间内，可以给出相当好的近似最优解。

2) 本发明将业务需求映射到不同几何体上，在整个资源分配过程中，通过对几何体的合理堆积和组合，以及对业务路由相似性的分析，较好地解决了低阶交叉资源限制的问题，最后通过引入“新增业务适应度”指标，很好地反映了在具有时隙连续性约束条件下，如何度量资源分配结果的优劣情况，从而完成优化目标，

3) 将本发明运用于中小规模的网络并对其进行测试后，可以在 30 秒内

得到优化结果，这说明本发明可以很好地应用于工程中。

### 附图说明

- 图 1 为本发明实现的总体流程图；
- 图 2 为路由分配的实现流程示意图；
- 图 3 为核心子网和边缘子网划分的示意图；
- 图 4 为 SDH 传送网中 BLSR 的资源示意图；
- 图 5 为实现资源分配的流程示意图；
- 图 6 为 VC4 箱子合并的示意图；
- 图 7 为应用本发明的网络拓扑结构图。

### 具体实施方式

本发明是在一般的启发式算法基础上，通过对 SDH 网络拓扑形态做深入分析，提出来的有针对性的优化方法。考虑到问题的复杂性，同一般的解决方法相似，本方法也将问题拆解为两个子问题，分别为路由分配问题和资源分配问题来进行求解。其中，路由分配阶段确定四个优化目标中的前两个，即保证占用网络资源总量最少和网络负载平衡，这一阶段的解决方法与发明人在另一专利申请中提出的实现 SDH 传送网多业务优化中路由分配的方法完全相同，而资源分配阶段确定四个优化目标中的后两个，即使网络中的剩余资源能够满足将来更多的业务增长和使用低阶交叉资源最少。这里的低阶交叉资源指经过相同节点的业务所占用的低阶时隙资源，位于不同的高阶时隙资源中。

一般光传送网络由很多个网元（NE）互联组成，网元（NE）可看作节点，光纤可看作连接。建立一条业务，就是给定业务的源节点、宿（或称为目的）节点、带宽和其它的约束条件，确定业务需要经过的节点，这就是路由分配需要完成的事情；确定路由节点后的业务具体使用节点中的哪些资源，这就是资源分配需要完成的事情。

下面以本发明的优化流程为例，结合附图来说明本发明资源分配的实现过



程，如图 1 所示，本发明至少包括以下步骤：

步骤 101：由于本发明的业务优化方法是在路由分配的基础上完成的，因此，首先要进行业务路由的分配。那么，该路由分配的详细过程如图 2 所示：

a. 首先将 SDH 传送网按环划分为不同的子网；

b. 然后根据输入的网络资源信息，对业务需求表中所列出的待创建业务调用最短路径算法计算出其初始路由；

c. 再分别对环形子网间和环形子网内链路资源的占用情况进行检查，对资源占用率超标链路上的所有业务，重新计算路由；

d. 检查环形子网的负载平衡情况，对不满足负载平衡指标要求的环形子网内业务重新计算路由，然后再检查环形子网内链路资源的占用情况；

e. 再将网络划分为核心子网和边缘子网，然后判断全网中核心子网的综合指标是否满足收敛条件，如满足，则进入步骤 102，如不满足，则检查路由的计算次数是否达到门限，如果达到门限，则进入步骤 102，否则，重新计算路由。其中，所谓的边缘子网是指处在网络边缘且同其它子网间只有一条链路连接的子网部分，而核心子网即指全网中除去边缘子网的剩余子网部分。举个例子来说，如图 3 所示，对于实际应用中的一个网络拓扑结构 300，R 代表环形子网，L 代表链路，按环将该网划分为不同的子网 R1~R7 后，再进一步划分边缘子网和核心子网时，R4、R5、R6、R7、L5、L6 构成边缘子网，而 R1、R2、R3、L1、L2、L3、L4 则构成核心子网。所述的综合指标是通过计算路由优化后网络资源占用总量和整体负载平衡指标与各自权重系数乘积之和得到的。

步骤 102：进行资源分配。根据路由信息为待创建业务分配资源，也就是说，通过由路由分配确定的从源节点到宿节点的业务路径，具体选择源节点、宿节点以及每个中间节点所提供资源中的部分资源来实现资源的分配，其中路由信息包括业务从源节点到达宿节点的过程中所需经过的中间路径。

步骤 103：判断资源分配是否成功。成功的条件就是整个网络中的资源满足网络的新增业务适应度指标并且业务占用的低阶交叉资源最少，如果资源分

配成功，则结束优化过程，否则返回步骤 101 重新计算路由。

下面进一步具体介绍资源分配的实现过程。

首先介绍 SDH 链路资源的特点，正是由于这些特点，从而导致了 SDH 资源分配的复杂性。

SDH 的链路资源是以时隙为单位，按照一定映射结构组织的。简而言之，可以将资源分为两个主要的级别：VC4 级别和 VC12 级别。一条链路根据其速率级别可能包含多个 VC4 时隙资源，而每个 VC4 通道又包含 63 个 VC12 时隙。VC4 时隙在节点处一般可以任意交叉，即 VC4 时隙在通过一个节点时，没有连续性约束。但是，这一点在双向复用段倒换环（BLSR）上不成立，BLSR 是一种路径保护环，通过为字节定义面向比特的协议协同工作来完成保护倒换功能，可以是二纤，也可以是四纤，且工作在双向。由于需要保护节点失效，所以在 BLSR 上，VC4 时隙有连续性约束，这一点将在后面具体讨论。VC12 时隙的交叉则具有两方面的限制，首先是节点低阶交叉容量的限制，即不是全部链路资源都可以进行低阶交叉；另一方面是时隙号连续性约束。在实际的 SDH 网络中，可能只有部分节点具有时分交叉能力，这些节点具备时隙调整能力，无时隙号连续性约束，而其它无时分交叉能力的节点，则有时隙号连续性约束。

因为 BLSR 是最常用的保护方式，在 SDH 传送网中占有很大的比例，所以使网络中的剩余资源能够满足将来更多的业务增长的优化目标就是针对 BLSR 而言的。在 BLSR 中，因为有时隙号连续性限制，时隙资源的使用效率不仅与其物理容量总和有关，还与其分布状态有关。可以将 BLSR 的全部时隙资源看作一个资源池，图 4 示出了 BLSR 的资源示意图，其中，矩形 401 表示节点 NE1 到 NE2 的链路上 VC4-1 时隙中的第 1—20 个 VC12 时隙资源，矩形 402 表示节点 NE2 到 NE3 的链路上 VC4-2 时隙中的第 1—20 个 VC12 时隙资源，矩形 403 表示节点 NE1 过 NE2 到 NE3 的链路上 VC4-3 时隙中的第 1—20 个 VC12 时隙资源。从图中容易看出，矩形 401 与矩形 402 和矩形 403 的资源总量是相等的，但它们所能支持的业务是不同的。举例来说，现在有一个业务占

用从节点 NE1 经 NE2 到 NE3 的前 20 个 VC12 时隙资源，矩形 403 显然可以支持该业务，但矩形 401 或矩形 402 就不能支持，因为其在两段链路上的 VC4 时隙不同，受连续性约束，分配会失败。从这个例子可以看出，在水平方向上连续分布的资源块，其宽度越大，能够适应的业务就越多，因此，为了满足所定义的使网络中的剩余资源能够满足将来更多的业务增长的优化目标，就要在资源总量已定的前提下，使得空闲资源块尽可能连续。为了说明如何衡量这个目标，下面引入“新增业务适应度”指标的概念和计算方法。

一个资源块的新增业务适应度  $D$ ，可以定量的表示为：

$$D = N \times \sum_{i=1}^w i$$

其中  $N$  表示资源块中 VC12 的数目， $w$  表示资源块的宽度。全网的新增业务适应度指标就是所有资源块新增业务适应度的总和。

占用低阶交叉资源最少的优化目标是针对 SDH 网络的大多数节点有低阶交叉资源限制而设置的。要达到这个目标，需要将路由相似的业务，在经过同一个节点时，进行规整，为它们分配同一个 VC4 内的时隙，从而避免使用低阶交叉资源。

SDH 传送网主要由各种环构成，可以按环、链将全网划分为不同的子网，一旦环间业务折算为所经子网的环内业务，则资源分配问题就转化为在各个子网内分配时隙问题。在具体讨论解决方法之前，引入如下几个概念：

**业务单元：**SDH 传送网中任意两个节点间的全部业务称为一个业务单元，业务单元中 VC12 的数目称为业务单元的大小。

**Block 块：**用于装放一个或者一部分业务单元的矩形容器，它是根据业务单元的大小和长度定制的。Block 放在 VC4 箱子中，在对 Block 块的调整过程中，可能会对 Block 块从高度上进行拆分。

**VC4 箱子：**是一跳或者几跳长的未定 VC4 号的 VC4 管道，用来放置业务的恒高矩形容器。所谓跳的概念，举个例子来说：节点 NE1 到节点 NE2 之间的距离设为一跳长，则节点 NE1 到节点 NE3 间的距离为两跳长。将每个业务

单元按照 VC4 级别进行组装,不足 63 个 VC12 的业务单元按照含有 63 个 VC12 的业务单元处理,装进 VC4 中,称每个 VC4 级别的业务为 VC4 箱子。引入它的目的在于:在业务比较空闲的网络中,按照 VC4 箱子来调整业务就可以配通业务,而且还可以为许多相似的业务预留扩容的余地。

子网容器:把一个子网看作一个容器,称为子网容器。业务配置过程可形象的描述为把 VC4 箱子或 Block 块往子网容器里堆放。子网容器是分层的,每层有一个 VC4 编号,对应物理子网的一个 VC4 资源。子网容器的层数定义为子网容器的高度,在调整过程中,高度是任意的。

图 5 示出了实现资源分配的流程。下面结合每一步骤来具体说明资源分配的实现过程。

步骤 501: 在各子网内按 VC4 为单位给业务单元分配时隙资源。

将子网内的业务单元先组装成一个个 VC4 箱子,这些箱子等同于一个个矩形的几何体。对业务的优化配置问题就可以转化为对这些几何体,即 VC4 箱子的排列问题,也就是合理堆积、组合这些几何体从而达到如下目的:(1)堆积几何体的总高度最低;(2)剩余空间能够接纳的将来潜在的几何体最多。本步骤的功能就是根据上述优化目标完成 VC4 箱子的排列。如果分配成功,因为每个业务单元均独占一个 VC4,就不需要低阶交叉,自然满足使网络中的剩余资源能够满足将来更多业务增长的优化目标。

步骤 502: 判断已分配的资源是否满足整个网络的新增业务适应度指标要 和业务占用低阶交叉资源是否最少,若资源满足指标要求且低阶交叉资源占用最少,则直接结束资源分配过程,否则执行步骤 503 规整相似路由的业务。

步骤 503: 规整相似路由的业务。

因为业务单元放进 VC4 箱子时,不一定充满该箱子,会留下一些空隙。如果网络资源不满足,就需要将多个业务单元放进一个箱子里。但是,由于要减少低阶交叉的占用,需要尽可能将相似的业务单元放到同一个 VC4 箱子里,也就是进行业务的规整。本步骤通过对不同业务路由的相似性进行比较,把经过

同一个网络节点具有相似路由的业务分配给同一个高阶时隙内的低阶时隙资源来完成规整操作。

步骤 504: 在子网内部组合已规整的业务。

通过上一步的规整,使得在一个子网内,部分 VC4 箱子内部实际占用资源的形状不再是简单的矩形,而可能是由多个矩形重叠后形成的锯齿形。本步骤的功能就是尽可能将一些满足特定条件的 VC4 箱子对匹配起来,使之能够合并为一个箱子,从而减少 VC4 时隙的占用。图 6 示出了 VC4 箱子合并的示意图。从图中可看出,上下两个 VC4 箱子 601、602 均是锯齿形的,而且正好可以合并为一个 VC4 箱子。

步骤 505: 在各子网内按 VC12 为单位给业务分配时隙资源。

由于一个 Block 块包含若干个 VC12,因此,可以将以 VC12 为单位给业务分配时隙资源转化为对几何体,即 Block 块的堆积和组合。其具体的分配思想是:使已规整的 Block 块相对固定,而将未规整的 Block 块在子网容器的垂直方向上任意堆积。本步骤的优化目标同步骤 501 在各子网内按 VC4 为单位给业务单元分配资源,也是尽可能使得:(1)堆积几何体的总高度最低;(2)剩余空间能够接纳的将来潜在的几何体最多,只是这里的几何体由 VC4 箱子变为了 Block 块,虽然同样是矩形,但 Block 块的高度不相同,而且可以在高度上进行分解,即将一个 Block 拆分为两个 Block,这将导致方法复杂度的增加。

为了证明本发明所提供方法的有效性,利用实际运营网络,对该方法进行了计算机仿真测试。测试时所统计的主要优化指标如下:

· 占用资源总量 S

首先引入资源单位的概念,所谓资源单位(Resource Unit, RU)就是指一个复用段的一个 VC4 时隙中的一个 VC12 资源。

$$S = \sum_{i \in A} RU(i)$$

其中, A 为业务单元集, RU (i) 表示业务单元 i 占用的资源单位,其值由下式决定: RU (i) = 业务单元包含的 VC12 总数 × 所经链路跳数。

·低阶交叉资源占用率 C

$C = \text{实际占用 VC12 的数目} / \text{节点能提供 VC12 的总数。}$

·负载均衡情况

统计各条链路剩余的资源情况，算出每个子网内链路剩余资源的方差值。

$$\delta^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2$$

其中  $a_i$  表示环内第  $i$  条链路上的剩余资源， $n$  表示该环的链路总数。 $\bar{a}$  表示环内所有链路上剩余资源的平均值。

·新增业务适应度

对各子网的指标求和。

图 7 示出了所测试网络的拓扑结构。从图可看出，北安、齐齐哈尔、大庆、绥化和哈尔滨以及它们之间的链路 1、2、3、4、5 构成子网 701，绥化、伊春、哈尔滨、鹤岗和佳木斯以及它们之间的链路 6、7、8、9、10 构成子网 702，牡丹江、鸡西、七台河、佳木斯和哈尔滨以及它们之间的链路 11、12、13、14、15 构成子网 703，其中这三个子网均为 BLSR 网。

表 1 给出了测试网络中各地区间的业务需求表。从表中可以知道，测试网络中各地区之间的业务需求情况。比如哈尔滨和大庆之间的业务需求占用 189 个 VC12 时隙资源。

	哈尔滨	大庆	齐齐哈尔	北安	绥化	伊春	鹤岗	佳木斯	七台河	鸡西	牡丹江
哈尔滨	—	189	189	63	73	28	36	200	36	36	177
大庆	—	—	48	20	10	12	15	36	21	21	21
齐齐哈尔	—	—	—	60	20	20	21	42	20	20	23
北安	—	—	—	—	40	30	30	40	30	30	30
绥化	—	—	—	—	—	36	20	40	20	20	20
伊春	—	—	—	—	—	—	20	40	20	20	20
鹤岗	—	—	—	—	—	—	—	63	20	20	23
佳木斯	—	—	—	—	—	—	—	—	40	36	74
七台河	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	36
鸡西	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36

牡丹江	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

表 1

根据上述的业务需求表，将人工优化设计的测试结果和利用本发明得到的测试结果相比，从而可以更加清楚地看到本发明的优越性。表 2 给出了测试的实际结果。

测试项目		数据		
		人工优化	本发明优化	比较
负载平衡指标	子网701	366	497.85	
	子网702	250	457.06	
	子网703	665	321.49	
	Average	427	425.47	-0.4%
占用资源总量	子网701	1,874	1,801	
	子网702	1,761	1,536	
	子网703	1,301	1,508	
	Total	4,936	4,845	-1.8%
新增业务适应度	子网701	1,132	1,112	
	子网702	1,989	3,064	
	子网703	2,435	3,163	
	Total	5,556	7,339	32.1%
低阶占用率	绥化	37.5%	40.6%	
	哈尔滨	25.0%	40.6%	
	佳木斯	21.9%	43.8%	
	Average	28.1%	41.7%	48.1%

表 2

表 2 中数据列包括三部分：第一部分是经验丰富的工程师设计的结果，也

是网络实际运行时的配置，而第二部分的数据就是运用本发明中的方法所得到的结果，第三部分是前两者的比较。通过对比表中的数据，可以看出，网络负载均衡和资源占用总量基本相同；但新增业务适应度和低阶交叉占用率有很大的改善，分别提高了 32.1%和 48.1%。因此，经对表 2 中的数据分析后，可以认为本发明取得了很好的优化效果。

以上举了较佳实施例，对本发明的目的、技术方案和优点进行了进一步说明，所应理解的是，其并不用以限制本发明的保护范围。



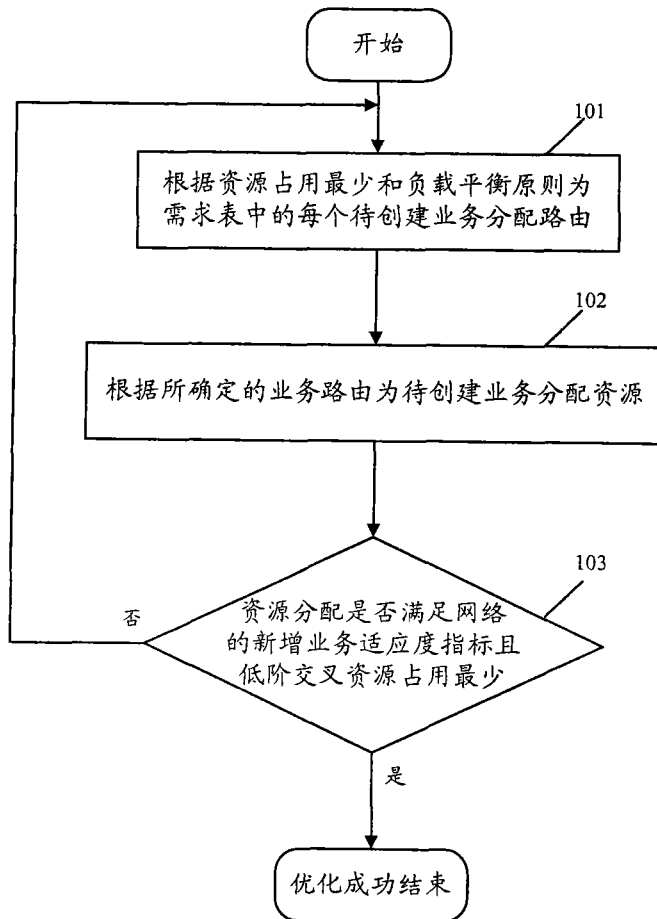


图 1

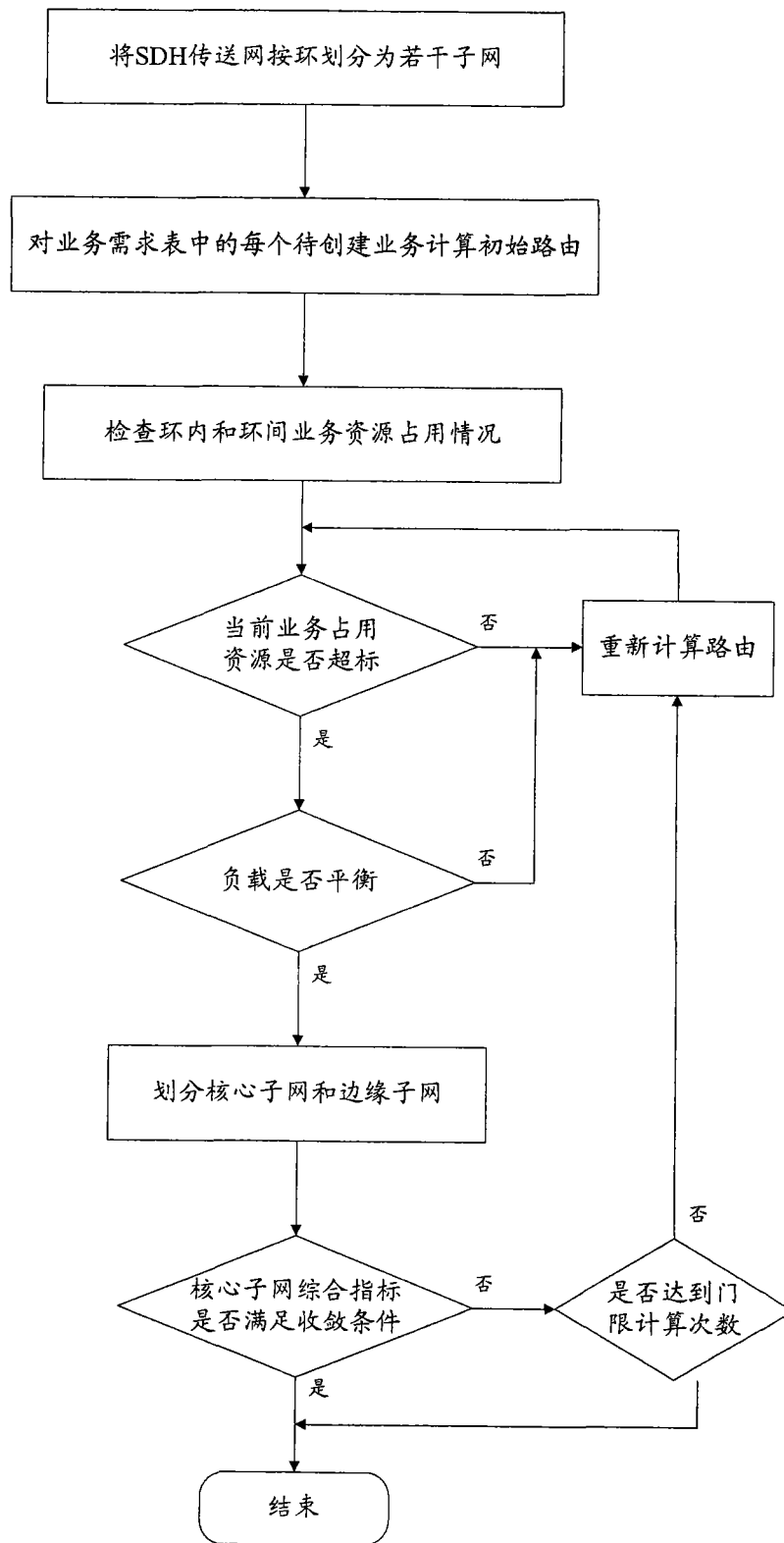


图 2

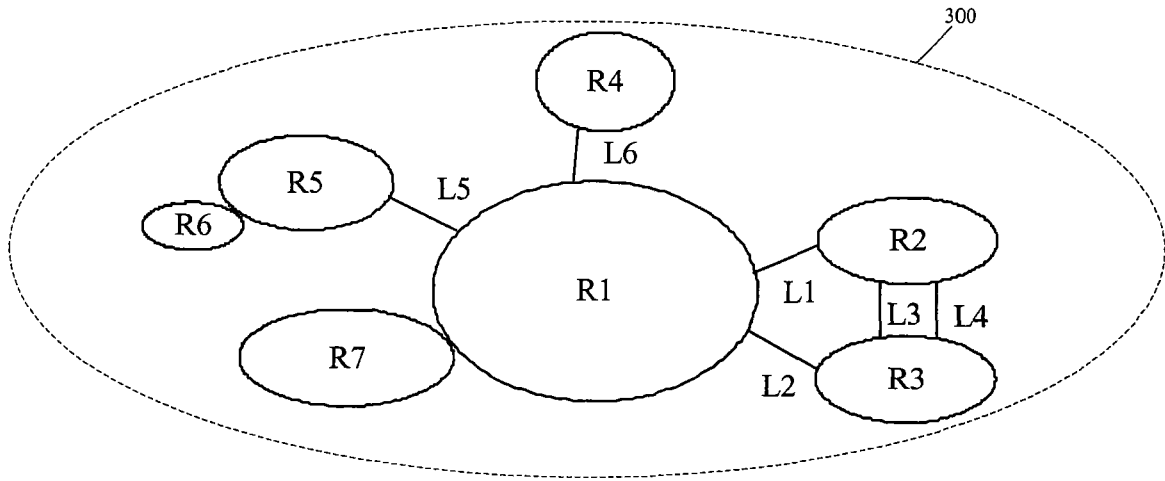


图 3

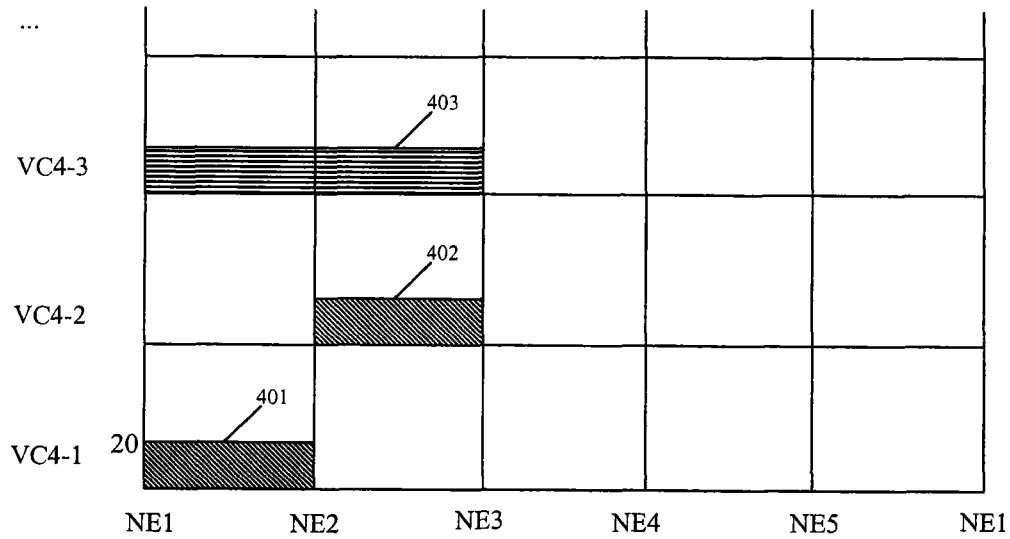


图 4

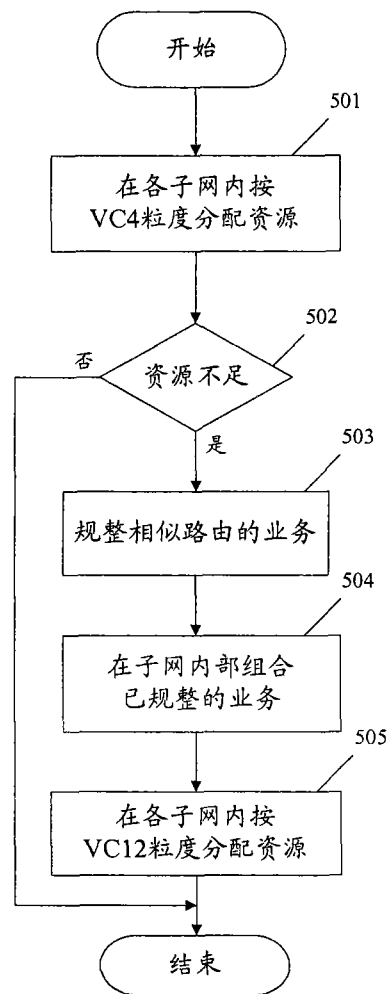


图 5

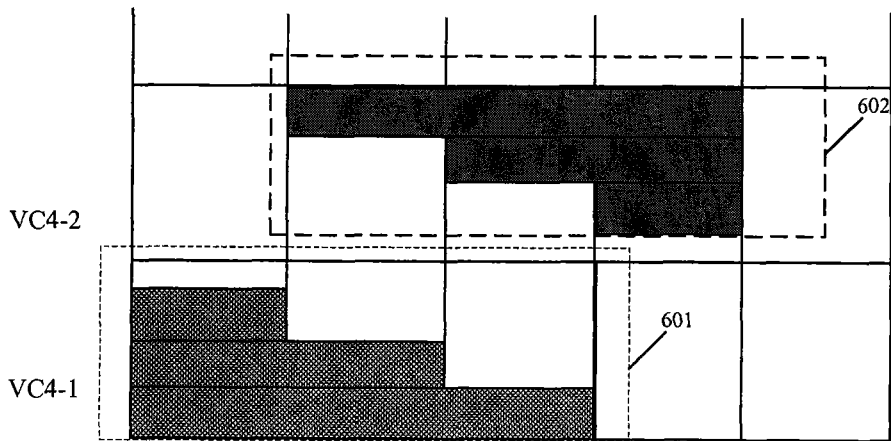


图 6

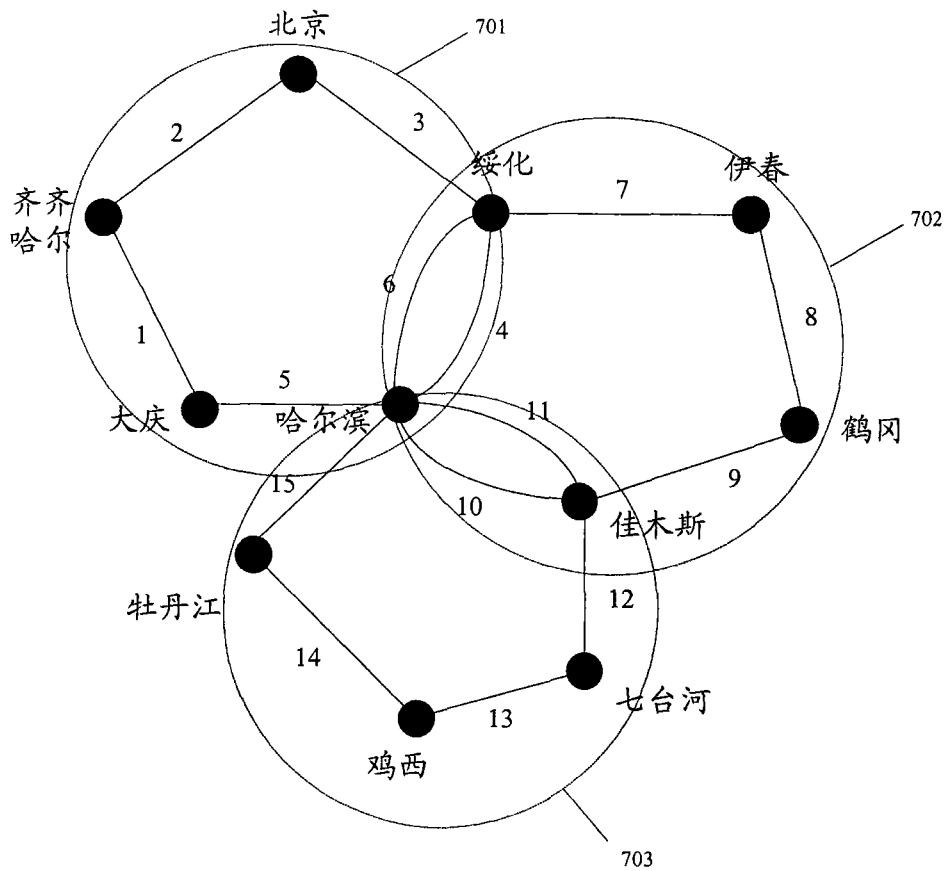


图 7