



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610156434.6

[43] 公开日 2007年7月11日

[11] 公开号 CN 1996921A

[22] 申请日 2006.12.31
 [21] 申请号 200610156434.6
 [71] 申请人 华为技术有限公司
 地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为
 总部办公楼
 共同申请人 北京邮电大学
 [72] 发明人 汪广泽 李 彬 顾晓仪

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司
 代理人 逯长明

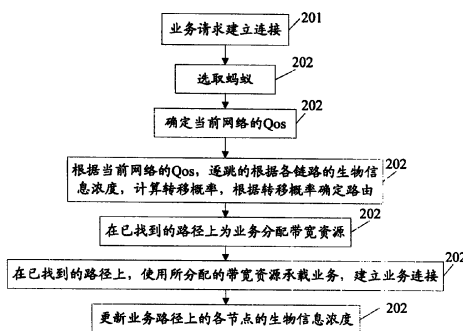
权利要求书 5 页 说明书 24 页 附图 5 页

[54] 发明名称

建立业务连接的方法、路由设备、业务网络

[57] 摘要

本发明涉及通信领域，本发明实施例公开了一种建立业务连接的方法、路由设备、业务网络，本发明实施例方法包括：在业务的源节点到目的节点之间的各节点逐跳地根据网络的 Qos、本节点到各邻居节点的链路的生物信息浓度，确定本节点到各邻居节点的转移概率，选取转移概率最高的路由作为业务在该本节点到下一跳节点的路由，其中该各邻居节点为所述本节点的邻居节点，并且所述各邻居节点属于未搜索过的节点的集合；将由源节点到目的节点之间的各节点到下一跳节点的路由组成的路径，作为业务的路径；在该路径上为业务建立连接。本发明实施例实现了在分布式规划的网络中使用蚁群算法，使得业务的路由建立更加合理，路由策略与网络的实际网络情况相符。



1、一种建立业务连接的方法，其特征是，包括：

在业务的源节点到目的节点之间的各节点逐跳地，根据网络的服务质量Qos、本节点到各邻居节点的链路的生物信息浓度，确定本节点到所述各邻居节点的转移概率，并选取转移概率最高的路由作为所述业务在所述本节点到下一跳节点的路由，其中所述各邻居节点为所述本节点的邻居节点，并且所述各邻居节点属于未搜索过的节点的集合；

将由所述源节点到目的节点之间的各节点到其下一跳节点的路由所组成的路径，作为所述业务的路径；

在所述路径上为所述业务建立连接。

2、根据权利1所述的方法，其特征是，在选取所述业务在所述本节点到下一跳节点的路由之前，还包括：

确定与所述业务的等级相对应的蚁群，在所述蚁群中选取任意蚂蚁作为用于为所述业务选取路径的蚂蚁。

3、根据权利要求1或2所述的方法，其特征是，所述的根据当前网络的Qos及生物信息浓度确定所述转移概率的步骤具体包括：

确定本节点*i*到所述本节点*i*的各邻居节点*j*的链路的生物信息浓度 φ_{ij} ；

根据当前的网络服务质量构建多约束函数 $\vec{f}(e) = \begin{bmatrix} f_1(e) \\ f_2(e) \\ \dots \\ f_i(e) \\ \dots \\ f_n(e) \end{bmatrix}$ ，并根据所述的多

约束函数确定可达性信息参数 $d_{ij} = \frac{1}{\vec{c} \cdot \vec{f}(e)}$ ，其中 $f_i(e)$ 表示量化的网络服务质量

参数, \bar{c} 表示调整向量: $\bar{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{bmatrix}$, i 为不小于零且不大于 n 的整数;

根据所述生物信息浓度 φ_{ij} 、可达性信息参数 d_{ij} , 确定所述转移概率为:

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{r_{ij}^k(t) \varphi_{ij}^\alpha(t) d_{ij}^\beta}{\sum_{j \in allowed_k} r_{ij}^k(t) \varphi_{ij}^\alpha(t) d_{ij}^\beta} & , j \in allowed_k, \text{ 其中 } \alpha、\beta \text{ 分别为控制参} \\ 0 & \text{, 其他} \end{cases}$$

数, $r_{ij}^k(t)$ 表示网络物理拓扑变更对所述转移概率影响的权重因子, 集合 $allowed_k$ 表示可行节点的集合; 所述 $allowed_k$ 为: 所述本节点 i 的邻居节点的集合与所述已搜索过的节点的集合的差, 再减去不符合所述业务的限制要求的节点的集合。

4、根据权利要求 3 所述的方法, 其特征是, 在确定所述转移概率 p_{ij}^k 之前, 进一步包括:

确定所述业务的等级, 并根据所述业务的等级、所述本节点 i 到所述本节点 i 的邻居节点 j 的链路上已建立的业务等级, 确定等级修正因子 γ_{ij} ;

所述转移概率 p_{ij}^k 根据所述等级修正因子 γ_{ij} 确定, 具体是:

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{r_{ij}^k(t) \gamma_{ij} \varphi_{ij}^\alpha(t) d_{ij}^\beta}{\sum_{j \in allowed_k} r_{ij}^k(t) \gamma_{ij} \varphi_{ij}^\alpha(t) d_{ij}^\beta} & , j \in allowed_k \\ 0 & \text{, 其他} \end{cases}$$

5、根据权利 3 所述的方法, 其特征是, 在确定所述生物信息浓度 φ_{ij} 时,

将所述生物信息浓度 φ_{ij} 的取值范围限制在数值区间 $[\varphi_{\min}, \varphi_{\max}]$ 内, 其中

$\varphi_{\max} = \frac{1}{1 - \rho} \frac{1}{f_{\text{best}}}$, $\varphi_{\min} = \varphi_{\max} / 2n$, 其中 n 为节点个数, f_{best} 表示最优路径花费的目标值, ρ 为生物信息残留因子。

6、根据权利要求 3 所述的方法, 其特征是, 所述网络被划分为至少两个搜索子区域, 在选取所述业务在本节点到下一跳节点的路由时, 该方法具体包括:

在所述源节点到目的节点之间的各搜索子区域内, 为所述业务选取在所述本节点 i 到其下一跳节点的路由, 各搜索子区域的边缘路由设备协商区域间的路由。

7、根据权利 1 或 2 所述的方法, 其特征是, 在所述路径上为所述业务建立连接, 该方法具体包括:

在所述路径上逐跳地为所述业务分配资源;

所述业务在所述路径上, 使用所分配的资源建立连接。

8、根据权利要求 1 或 2 所述的方法, 其特征是, 在所述路径上为所述业务建立连接之后, 所述方法还包括:

更新所述业务的路径上各链路的生物信息浓度。

9、一种路由设备, 其特征是, 所述路由设备为网络中的节点, 所述路由设备包括:

转移概率确定单元, 用于根据网络的服务质量 Qos、以及本节点到各邻居节点的链路的生物信息浓度, 确定本节点到所述各邻居节点的转移概率, 其中所述邻居节点为所述本节点的邻居节点, 并且所述邻居节点属于未搜索过的节点的集合;

路由选择单元, 用于根据所述转移概率确定单元确定的各转移概率, 选取所述转移概率最高的路由作为所述业务在所述本节点到下一跳节点的路由;

业务路由单元, 用于在由所述源节点到目的节点之间的各节点到其下一

跳节点的路由所组成的路径上，为所述业务建立连接。

10、根据权利要求9所述的路由设备，其特征是，所述路由设备还包括：
生物信息存储单元，用于存储当前的本节点*i*到所述本节点*i*的各邻居节点*j*的链路的生物信息浓度 φ_{ij} ；

所述转移概率确定单元根据所述生物信息存储单元存储的生物信息浓度 φ_{ij} ，确定所述转移概率。

11、根据权利要求9或10所述的路由设备，其特征是，所述转移概率确定单元包括：

多约束函数构建单元，用于根据当前网络的服务质量 Qos 参数构建多约

束函数 $\vec{f}(e) = \begin{bmatrix} f_1(e) \\ f_2(e) \\ \dots \\ f_i(e) \\ \dots \\ f_n(e) \end{bmatrix}$ ，其中 $f_i(e)$ 表示当前网络的量化的 Qos 参数，*n*为当前网络

的 Qos 参数的项数，*i*为不小于零且不大于 *n* 的整数；

可达性信息确定单元，用于根据所述多约束函数，确定可达性信息参数

$d_{ij} = \frac{1}{\vec{c} \cdot \vec{f}(e)}$ ，其中 \vec{c} 表示权重向量： $\vec{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{bmatrix}$ ；

转移概率计算单元，用于根据所述生物信息浓度 φ_{ij} 、可达性信息参数 d_{ij} ，
确定所述转移概率为：

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{r_{ij}^k(t)\varphi_{ij}^\alpha(t)d_{ij}^\beta}{\sum_{j \in \text{allowed}_k} r_{ij}^k(t)\varphi_{ij}^\alpha(t)d_{ij}^\beta} & , j \in \text{allowed}_k \\ 0 & , \text{其他} \end{cases}$$

所述转移概率计算单元还根据所述等级修正因子 γ_{ij} ，确定所述的转移概率：

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{r_{ij}^k(t)\gamma_{ij}\varphi_{ij}^\alpha(t)d_{ij}^\beta}{\sum_{j \in \text{allowed}_k} r_{ij}^k(t)\gamma_{ij}\varphi_{ij}^\alpha(t)d_{ij}^\beta} & , j \in \text{allowed}_k \\ 0 & , \text{其他} \end{cases}$$

12、一种业务网络，包括至少一个节点，其特征是，所述网络还包括：

网络信息存储单元，用于存储网络当前的服务质量 Qos 参数；

生物信息存储单元，用于存储当前的网络中的各节点到其各邻居节点的链路的生物信息浓度；

所述各节点包括：

转移概率确定单元，用于根据网络的 Qos 参数、以及本节点到各邻居节点的链路的生物信息浓度，确定本节点到所述各邻居节点的转移概率，其中所述邻居节点为所述本节点的邻居节点，并且所述邻居节点属于未搜索过的节点的集合；

路由选择单元，用于根据所述转移概率确定单元确定的各转移概率，选取所述转移概率最高的路由作为所述业务在所述本节点到下一跳节点的路由；

业务路由单元，用于在所述由所述源节点到目的节点的路径上，为所述业务建立连接。

建立业务连接的方法、路由设备、业务网络

技术领域

本发明涉及通信领域，特别地涉及网络规划中的一种建立业务连接的方法、路由设备、业务网络。

背景技术

网络规划的核心是根据业务网络特点进行传送网络规划，所述传送网络规划包括网络拓扑规划、路由规划、生存性规划等多种。

在现代化理论优化算法中，蚁群算法是常用的一种，它可以用于求解最优路径等。蚁群算法是人们受自然界中真实蚂蚁的群体行为的启发而提出的一种基于种群的模拟进化算法，属于随机搜索算法的一种。最早由意大利学者 M. Dorigo 等人首先提出来，他充分利用蚂蚁群体搜索食物的过程和著名的旅行商问题（TSP）的相似性，通过人工模拟蚂蚁搜索食物的过程求解 TSP 问题，获得了成功，故称之为“人工蚁群算法”，简称“蚁群算法”。其基本原理是：在较优的路径上的蚂蚁信息对于后来的蚂蚁起引导的作用较大。如图 1 所示，图 1 为蚁群算法寻路过程示意图，最初选择两条路径的概率是相等的，但是途中路径 101 通过的时间比较短，因此在路径 101 上的生物信息的积累也就很快，随着路径 102 上的生物信息的挥发，最后，所有的蚂蚁都会选择较短路径 101 通过。Dorigo 等人提出的蚂蚁群体优化的元启发规则，较好的描述了蚁群算法的实现过程，其过程可表示为：（1）当没有达到结束条件时，执行以下活动：蚂蚁在一定限制条件下寻找一条路径；（2）轨迹（即外激素，又称生物信息）浓度的挥发；（3）后台程序处理，处理任务主要是单个蚂蚁无法完成的任务，比如根据全局信息对外生物信息浓度进行更新；（4）达到条件，结束。

在路由计算时，对于每个节点计算下一跳所使用的转移概率函数式如下：

$$P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{N_{br}} \tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)}, & j \in \{\text{allowed}_k\} \\ 0, & j \in \{\text{allowed}_k\} \end{cases} \quad (1)$$

转移概率 $P_{ij}^k(t)$ 表示用于为业务选取路由的蚂蚁 k 在节点 i 选择转移到节点 j 的转移概率, α 、 β 为控制参数, $\tau_{ij}(t)$ 为生物信息浓度参数, $\eta_{ij}(t)$ 为可达性信息参数, 节点 i 为网络中有业务的源节点到目的节点之间的任意节点, 节点 j 为节点 i 的邻居节点, 并且节点 j 属于可行节点的集合。在通过一段链路后进行生物信息浓度 $\tau_{ij}(t)$ 的更新, $\tau_{ij}(t+\Delta t) = \rho\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t)$, 其中 ρ 为节点 i 到节点 j 的链路上的生物信息残留因子, $\Delta\tau_{ij}(t)$ 为该链路上的生物信息的更新量。各链路通过生物信息的不断积累, 形成一条有效的路由。

现有技术中对于蚁群算法的应用主要采用集中式规划的方式。具体是网络中通过对全网各节点的集中式计算, 获取一全局路由表, 假设对于一个具有 N 各节点, L 条双向链路、节点 i 具有 k_i 个邻居节点的网络, 通过集中式计算可以获得全局路由表 $R_i = \begin{bmatrix} r_{n,d}^i \end{bmatrix}_{(N-1) \times k_i}$, 其中, $(N-1)$ 、 k_i 分别表示 $(N-1)$ 行、 k_i 列, 在网络中, 可以以每一行为目的节点 (除本节点外), 每一列为邻居节点, $r_{n,d}^i$ 表示第 i 个节点的路由表中的邻居节点 n 到目的节点 d 的选择概率, 该概率反映了路径的连通度信息。

在为业务选取路由时, 网络中的每个节点查询路由表 R_i 中相应的转移概率, 按照转移概率选择下一跳, 增加一段蚂蚁产生时间, 积累网络的生物信息, 同时对于每个从业务由源节点到目的节点的蚂蚁, 如果当前的节点不为目的节点, 记录信息入栈, 寻找下一跳, 找到则减少蚂蚁的存活时间, 没有

找到则蚂蚁死亡。蚂蚁在选取路由过程中，根据最高的概率选择路径，如果成功选取到路径，则同时修改全局路由表中的信息，修改链路的生物信息；否则阻塞该业务。通过生物信息的不断积累，最终可以求得一个优解。

由上可见，在现有技术中，采用集中式的方式使用蚁群算法，考虑了路由优化的问题。然而，在使用蚁群算法解决路由问题时，特别的，对于大型的网络，由于集中式计算的实时性缺陷，导致全局路由表中的转移概率可能不能动态的反应当前的实际网络情况，选取到的业务路由不是实际的最优路由。同时的，传统的蚁群算法虽然考虑了路由优化的问题，但是，对于分等级业务路由间的相互影响以及负载均衡等问题均未考虑，另外的，传统的蚁群算法容易收敛为局部最优解。

在解决网络路由问题上，现有技术对于分布式网络规划，主要通过多协议标签交换（Multiprotocol Label Switch，简称MPLS）/通用多协议标签交换（Generalized Multiprotocol Label Switch，简称GMPLS），利用定长的标记将二层的转发和三层的的路由分开来，通过路由协议和控制信令协议的交互确定路由。MPLS/GMPLS的工作原理是，对于每一个业务请求，首先在入口标签转发路由（Label Switching Router，简称LSR）处，根据路由协议（比如：开放最短路径优先（Open Shortest Path First，简称OSPF）、边界网关协议（Border Gateway Protocol，简称BGP））计算出一条由源节点到目的节点的标记转换路径（Label Switched Path，简称LSP）；在入口LSR处根据所计算的通路，根据MPLS/GMPLS，完成转发等价类（Forwarding Equivalence Class，简称FEC）的映射，转换为一个固定长度的标记，执行标记绑定的分组，并按照LSP来转发分组。通过不同的标记来区分路由信息、应用类型和业务类别等。

然而，该方法在为业务建立连接过程，MPLS/GMPLS控制协议和路由部分的交互复杂，对于控制带宽的消耗较大，尤其在出现某些突发情况时，对于控制带宽的需求将无法满足，造成控制信道拥塞。另外的，MPLS/GMPLS通过标签来区分路由和业务等级等信息，不同的业务等级对应于不同的标签资源，对于每种不同级别的业务都需要一个在本区域全局的标签数据库来查询，对于大规模的网络在多Qos参数约束条件下，该方法需要大型的标签数据库和高效处理能力的硬件设备，同时也需要大量的维护开销。而且由于标

资源数据库一般固定，因此难以动态的划分和控制业务的连接和资源分配。每个节点无法实时保存全网的路由结构，而且很难实现分布式逐跳的路由选择模式。

发明内容

本发明实施例要解决的技术问题是提供一种建立业务连接的方法，实现在分布式规划的网络中使用蚁群算法，使得业务的路由建立更加合理，路由策略与网络的实际网络情况相符。

本发明实施例要解决的技术问题是还提供一种路由设备，实现在分布式规划的网络中使用蚁群算法，使得业务的路由建立更加合理，路由策略与网络的实际网络情况相符。

本发明实施例要解决的技术问题是还提供一种网络，实现在分布式规划的网络中使用蚁群算法，使得业务的路由建立更加合理，路由策略与网络的实际网络情况相符。

本发明实施例提供的建立业务连接的方法，包括：

在业务的源节点到目的节点之间的各节点逐跳地，根据网络的服务质量 Qos、本节点到各邻居节点的链路的生物信息浓度，确定本节点到所述各邻居节点的转移概率，并选取转移概率最高的路由作为所述业务在所述本节点到下一跳节点的路由，其中所述各邻居节点为所述本节点的邻居节点，并且所述各邻居节点属于未搜索过的节点的集合；

将由所述源节点到目的节点之间的各节点到其下一跳节点的路由所组成的路径，作为所述业务的路径；

在所述路径上为所述业务建立连接。

本发明实施例提供的路由设备，所述路由设备为网络中的节点，所述路由设备包括：

转移概率确定单元，用于根据网络的服务质量 Qos、以及本节点到各邻居节点的链路的生物信息浓度，确定本节点到所述各邻居节点的转移概率，其中所述邻居节点为所述本节点的邻居节点，并且所述邻居节点属于未搜索过的节点的集合；

路由选择单元，用于根据所述转移概率确定单元确定的各转移概率，选取所述转移概率最高的路由作为所述业务在所述本节点到下一跳节点的路由；

业务路由单元，用于在由所述源节点到目的节点之间的各节点到其下一跳节点的路由所组成的路径上，为所述业务建立连接。

本发明实施例提供的网络，包括至少一个节点，其特征是，所述网络还包括：

网络信息存储单元，用于存储网络的服务质量 Qos 参数；

生物信息存储单元，用于存储当前的网络中的各节点到其各邻居节点的链路的生物信息浓度；

所述各节点包括：

转移概率确定单元，用于根据网络的 Qos 参数、以及本节点到各邻居节点的链路的生物信息浓度，确定本节点到所述各邻居节点的转移概率，其中所述邻居节点为所述本节点的邻居节点，并且所述邻居节点属于未搜索过的节点的集合；

路由选择单元，用于根据所述转移概率确定单元确定的各转移概率，选取所述转移概率最高的路由作为所述业务在所述本节点到下一跳节点的路由；

业务路由单元，用于在所述由所述源节点到目的节点之间的各节点到其下一跳节点的路由所组成的路径上，为所述业务建立连接。

以上技术方案可以看出，由于本发明实施例在建立业务连接时，通过蚁群算法，采用分布式的规划，逐跳的在各节点处根据当前网络的 Qos 和链路的生物信息浓度，计算转移概率选取路径，而不是如传统的蚁群算法应用一样：集中式的预计算好各节点到下一跳节点转移概率，在选取路径时只需要根据预计算好的转移概率进行选取业务路径。可见本实施例方法相对于传统方法，由于分布式逐跳计算能够反映 Qos 和生物信息浓度的实时性变化，使得业务的路由建立更加合理，路由策略与网络的实际网络情况更加相符。

附图说明

此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本申请的一部分，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

图 1 为蚁群算法寻路过程示意图；

图 2 为本发明实施例 1 中为业务建立连接的方法流程示意图；

图 3 为本发明实施例 1 中使用为业务建立连接、和拆除业务连接的方法时的分布式路由及资源分配信令流程图；

图 4 为本发明实施例 1 中使用为业务建立方法在反向资源分配时无可用资源情况下的信令流程示意图；

图 5 为本发明实施例 1 中使用为业务建立方法在带回退搜索的路由及资源分配时的信令流程示意图；

图 6 为本发明实施例 1 中使用为业务建立方法在的网络中无路由可达情况下的信令流程示意图；

图 7 为本发明实施例 1 中的 ASON 网络拓扑示意图；

图 8 为本发明实施例 1 中对图 7 所示的网络拓扑，使用为业务建立方法带回退搜索的寻路过程的信令流程示意图；

图 9 为本发明实施例 1 中对图 7 所示网络拓扑，使用为业务建立方法反向资源分配时无可用资源情况的信令流程示意图；

图 10 为本发明人实施例 1 中对图 7 所示网络拓扑，使用为业务建立方法无路由可达情况的信令流程示意图；

图 11 本发明实施例 2 中的路由设备结构示意图；

图 12 本发明实施例 3 中的业务网络结构示意图。

具体实施方式

下面将参考附图并结合实施例，来详细说明本发明。在此，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，但并不作为对本发明的限定。

实施例 1:

图 2 为本实施例中的为业务建立连接的方法流程示意图，如图示，本实施例方法包括：

步骤 201：业务请求建立连接。

以任意一个业务请求为例说明本实施方法。

步骤 202：选取蚂蚁。

对于不区分业务等级的网络中，为业务请求随机选取一蚂蚁（在此，该蚂蚁为虚构的蚂蚁）作为为该业务选取路由的蚂蚁。

对于一般的网络而言，在给定网络的拓扑和资源限制的情况下，还需要考虑用户的需求，即用户需要一个具有多服务等级的网络，每个用户可以根据自己的需求和成本来考虑选择相应的服务等级，网络相应的根据不同的应用内容来为不同的服务要求来提供多等级的服务，对应的是不同的服务质量。如果当前的网络区分业务等级，支持提供个性化服务，则可以在网络中预设多个蚁群，使得各蚁群对应不同的业务等级，为业务选取蚂蚁时，可以在该业务等级对应的蚁群中选取任一蚂蚁，该蚂蚁具有业务等级的属性，使得实现服务等级协定（Service Level Agreement，简称 SLA）的功能成为可能。

为了描述方便起见，设为当前业务请求选取的蚂蚁为第 k 只蚂蚁。

步骤 203：确定当前网络的服务质量(Quality of Service，简称 Qos)。

为了保证网络形成良性的 Qos 循环，需要对网络的 Qos（包括链路的占用情况、延时、抖动、阻塞等参数）进行实时监测。本实施例将蚂蚁在网络的节点之间的选路和 Qos 的变化紧密相连，使得路由能够根据网络的利用情况进行实时的调整，动态的规划路由和资源的使用，以便快速响应网络负载的变化而带来的额外的负荷开销。

由于瞬时的统计往往带来很大的随机性，因此需要一个有效的方法使得对网络的实际 Qos 参数的评估较为准确，评估的方法主要有以下三种：

第一：采用窗口函数实现统计，具体是 $S_{sr}(n+1)$ 表示第 $(n+1)$ 次源节点 s 选择路由 r 的 Qos 的统计观察值， $S_{sr}(t)$ 表示 t 时刻业务源节点 s 选择路由 r 的 Qos 参数的统计值，在一时间周期 T 内计算 Qos 参数的平均统计量作为评

估的参数: $\bar{S}_{sr}(n) = \frac{1}{T} \int_{(n-1)T}^{nT} S_{sr}(t) dt$, 一般的将周期 T 又称为统计窗口, 可见, 统计窗口 T 约大, 统计数据越多, 统计平均量越精确。

第二: 采用线性预测, 曲线拟合等预测算法计算相应的 Qos 参数, 具体可以参见现有技术。

第三: 统计平均于历史记录加权平均求得: $S_{sr}(n+1) = \gamma S_{sr}(n) + (1-\gamma)\bar{S}_{sr}(n)$, $S_{sr}(n)$ 表示历史值, $\bar{S}_{sr}(n)$ 表示当前的统计平均量, γ 策略因子因子, 表示历史值在加权平均之中占的权重。可以利用策略因子 γ 的设置, 以及统计窗口 T 的大小调整, 使得加权平均值尽量精确。

步骤 204: 根据当前网络的 Qos, 逐跳的根据各链路的生物信息浓度, 计算转移概率, 根据转移概率确定路由。

从源节点到目的节点的每个节点逐跳的计算路由, 在逐跳搜路过程中, 可行节点集不仅要考虑已经搜索过的节点还可以进一步考虑受限路由的情况, 以及相应的 Qos 的约束。对于第 k 只蚂蚁, 其在节点 i 向节点 j 转移的转移概率可以采用以下的函数式表示:

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{r_{ij}^k(t) \gamma_{ijk} \varphi_{ij}^\alpha(t) d_{ij}^\beta}{\sum_{j \in \text{Allowed}_k} r_{ij}^k(t) \gamma_{ijk} \varphi_{ij}^\alpha(t) d_{ij}^\beta} & , j \in \text{Allowed}_k \\ 0 & , \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

其中 $\varphi_{ij}(t)$ 表示当前时刻从节点 i 到节点 j 的链路的生物信息浓度, d_{ij} 表示可达性信息参数, α 、 β 分别为控制指数, $r_{ij}^k(t)$ 表示网络的物理拓扑变更对转移概率 p_{ij}^k 的影响的权重因子, 亦称为路由转移概率, γ_{ij} 为等级修正因子, Allowed_k 表示第 k 只蚂蚁的可行节点的集合, $\text{Allowed}_k = \text{Neighbor}_k - \text{Rtetabu}_k - \text{Contabu}_k$, 其中 Rtetabu_k 表示节点 i 的邻居

节点的集合, $Rt\text{etabu}_k$ 表示第 k 只蚂蚁已搜索过的节点的集合, $Cont\text{abu}_k$ 表示不符合限制要求的节点的集合, 该集合可以根据用户要求设定或根据网络状况获取。

对于可达性信息参数: $d_{ij} = \frac{1}{\bar{c} \cdot \bar{f}(e)}$, $\bar{f}(e)$ 为根据当前网络的Qos参数构建的

多约束函数: $\bar{f}(e) = \begin{bmatrix} f_1(e) \\ f_2(e) \\ \dots \\ f_n(e) \end{bmatrix}$, $f_i(e)$ 表示网络量化的Qos参数, \bar{c} 表示调整向量(也

称权重向量), 调整的原则是使最后的实际评价标准在同一数量级, 防止某个

Qos参数的影响过大, $\bar{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{bmatrix}$, 其中 i 为大于等于 0 小于或等于 n 的任一整数,

c_1, c_2, \dots, c_n 分别对应各个Qos参数的权重, 可以根据不同的运营商的要求来进行修改相应的权重值。常见的Qos参数可以分为 3 类: 可加性类型、可乘性类型、瓶颈类型。对应于可加性类型的Qos参数, 如迟延 t_{delay} 、链路长度 t_{len} 、抖动、跳数等, 该类型的Qos参数可以不需特殊处理; 对应于可乘性类型的Qos参数, 如丢包率 P_{loss} 、链路资源利用率 P_{util} 、阻塞率 P_{block} 等, 该类型可以通过取对数的方法来进行特殊处理; 对应于瓶颈类的Qos参数, 也就是平时所谓的最大最小性、短板效应, 比如瓶颈带宽 B (即可用带宽 B)、可用CPU资源、整条路径受限于瓶颈的链路等表示限制, 对于误码率等可通过取对数, 而对于表征链路性能优势的评价参数如资源利用率则对数取负处理进行限制, 对于可用带宽的处理方法参考OSPF的花费计算模型, 我们可以采用取倒数的方式进行限制。另外的, 多种花费开销还可以考虑实际物理传输媒质的限制,

如色散D、影响光纤的非线性效应的非线性参数Y等等。具体可以将多约束函

数可以表示为： $\bar{f}(e) = \begin{bmatrix} c_1 \log P_{\text{loss}} \\ c_2 \log P_{\text{util}} \\ c_2 \log P_{\text{block}} \\ c_4^t \text{delay} \\ c_5^d \text{len} \\ \dots \\ c_{n-2} / B \\ c_{n-1} D \\ c_n Y \end{bmatrix}$ ，可见， $d_{ij} = \frac{1}{\bar{c} \cdot \bar{f}(e)}$ ， d_{ij} 反映了当前网络

的Qos对选取业务的路径的影响。可以对调整向量 \bar{c} 作归一化处理成 $\bar{\omega} = \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_n \end{bmatrix}$ ，

$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ ，值得注意的是，与 \bar{c} 所不同的是： $\bar{\omega}$ 仅能作为归一化的因子，其值的大小限制决定了 $\bar{\omega}$ 不能作为唯一的调整参数。

对于路由转移概率 $r_{ij}^k(t)$ ，对从业务的源节点s到目的节点d的路径(s, ...i-1, i, ...d)而言，蚂蚁访问到节点i，则更新它的邻居节点(i-1)的路由转移概率，而其它邻居节点的路由转移概率相应的减少，蚂蚁访问到节

点i时，更新节点s到节点(i-1)的路由转移概率： $r_{s,i-1}^i(t+1) = \frac{r_{s,i-1}^i(t) + \delta r}{1 + \delta r}$ ，

$r_{s,n}^i(t+1) = \frac{r_{s,n}^i(t)}{1 + \delta r}$ ， $n \neq i-1$ 且 $n \in \text{Allow}(s)$ ，其中 $\text{Allow}(s)$ 表示邻居可达的可

行节点的集合， δr 为生物信息浓度的加强增量，路径的长度增加而减少，可用资源数增多而增大， $\delta r = \frac{\mu}{\delta l} + (1 - \mu) * \delta w$ ，其中 μ 为路径和可用资源变化的相对重要的权重值，用来进行性能调节， δl 对应于相应的路径长度， δw 对应于路径上可用资源与总资源的百分比， $\delta l = e^{-\theta \Delta l}$ ， $\delta w = e^{\gamma w} - 1$ ，其中 θ 、 γ 为修正参数； w 是路径中可用资源与总资源的百分比； $\Delta l = l - l_{\min}$ 表示从节点 s 到当前节点的路径 l 和最优路径 l_{\min} 的路径差值。

对于当前时刻 t 节点 i 到节点 j 的生物信息浓度 $\varphi_{ij}(t)$ ，由于传统的蚁群算法容易收敛于局部最优解，我们可以通过最大值-最小值模型设计整个流程，也就是说需要将生物信息浓度 $\varphi_{ij}(t)$ 限制在一个固定范围内，小于下界或者大于上界的均分别以下界、上界计算。这么做的原因是如果控制参数 α 过大，收敛过程会很慢，甚至不能得到全局最优解；而 α 过小，蚁群运动的随机性会过大，收敛过程会过慢，甚至于不能收敛，也不能得到最优解。在本实施例中，我们将生物信息浓度 $\varphi_{ij}(t)$ 的范围限定在区间 $[\varphi_{\min}, \varphi_{\max}]$ 内，其中

$$\varphi_{\max} = \frac{1}{1 - \rho} \frac{1}{f_{\text{best}}}, \quad \varphi_{\min} = \frac{\varphi_{\max}}{2n},$$

n 为节点个数， f_{best} 表示最优路径花费的目标值，这里我们采用本次迭加的值作为最优值使用，此时节点 i 、 j 之间链路的生物信息浓度可以使用以下函数式表示：

$$\varphi_{ij}(t + \Delta t) = \begin{cases} \varphi_{\min} & , \varphi_{ij}(t) < \varphi_{\min} \\ \rho \varphi_{ij}(t) + \Delta \varphi_{ij}(t) & , \varphi_{\min} \leq \varphi_{ij}(t) \leq \varphi_{\max} \\ \varphi_{\max} & , \varphi_{ij}(t) > \varphi_{\max} \end{cases}$$

这样既可以防止最优路径被次优路径完全屏蔽，在存在最优路径时，可以保证有较小的概率选择次优路径，即实现业务的负荷均衡，又能防止算法

收敛于局部最优解。

对于等级修正因子 γ_{ij} ，可以考虑根据业务等级进行设置，对于不同的业务等级，所对应的蚂蚁的等级属性不同，在业务选取过程中，需要保证高等级的业务能够分到较好的路由。因此，可以认为等级高的业务对于其它的业务排斥性大，对于一个具有M个等级业务的排斥因子为 $\{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_M\}$ ，相应的吸引因子为：

$\zeta_{lk} = \frac{\varepsilon_{lk}}{\sum_{i \in A_k} \varepsilon_{lk}}$ ，其中，l表示由节点i到节点j的链路， A_k 表示蚂蚁k当前的所有可行的链路的集合， φ_{lk} 为链路l上蚂蚁k的生物信息浓度。

蚂蚁k在链路l上被该链路上已有生物信息浓度 φ_{lk} （由该链路上之前存在的业务所积累）的排斥，排斥的信息量为： $T_{lk} = \sum_{h \neq k} \varepsilon_{lh}$ ，归一化为：

$\chi_{lk} = \frac{T_{lk}}{\sum_{h \in A_k} T_{lk}}$ ，最后排斥因子 χ_{lk} 和吸引因子 ζ_{lk} 联合反映蚂蚁k会选择链路l的概率可以用函数是（3）表示：

$$\gamma_{lk} = \frac{\zeta_{lk} / \chi_{lk}^{\varepsilon_k}}{\sum_{h \in A_k} (\zeta_{lk} / \chi_{lk}^{\varepsilon_k})} \quad (3)$$

其中 ε_k 为常数，由函数式（3）可以看出，若吸引因子 ζ_{lk} 增大，则概率 γ_{lk} 增大；若排斥因子 χ_{lk} 增大，相应的概率 γ_{lk} 减小。为了更好的实现SLA功能，在网络初始化阶段，以及对于在网络应用过程中对于同一节点同时有多个蚂蚁时，可以首先是优先级别最高的蚂蚁（对应业务请求）开始建立连接，以确保高级别的业务的高效的直通路路由的建立，形成稳定解后，依次排序继续为其它等级的业务建立连接。

在蚂蚁逐跳的搜索选取业务的路由过程中，如果搜索陷入环路或者遇到桩节点，则回退至上一跳，进行回退搜索，同时的更新相应的已找到的路径，直到回退到的节点的邻居节点不为已搜索过的节点时，才继续向其它的未搜索过的节点搜索选取路由。

值得说明的是，对于小型的网络，可以采用由源节点开始逐跳选取路由的方式；但是对于超大规模的网络，由于计算量的增加，收敛时间通常会很长，此时为了减少算法的收敛时间，还可以将整个网络划分为多个搜索子区域，各搜索子区域内的路径选取相互独立，各搜索子区域之间的路由由各子搜索区域的边缘路由设备负责协调区域间的路由。对于业务的源节点到目的节点跨越多个搜索子区域的情况，由多个搜索子区域进行分别选取蚂蚁，并行进行搜索选取路由，过程如下：设定节点集合为N，划分子集

$$N = \bigcup_{i=1}^n \bigcup_{k=1}^{i_k} C_i[k],$$
 $C_i[k]$ 为每个节点子集合，其中有 i_k 个节点，每次蚂蚁从

$\bigcup_{k=1}^{i_k} C_i[k]$ 和 $\text{allowed}_k = N - \text{tabu}_k$ 的交集的节点中选择下一跳节点，其中 tabu_k

表示所有禁忌节点的集合，也即新的可行的下一跳节点的集合为：

$$\text{allowed}_k' = \bigcup_{k=1}^{i_k} C_i[k] \cap (N - \text{tabu}_k).$$
 注意对于每个搜索子区域的禁忌节点的集

合的处理并不同于整体的禁忌节点的集合的处理，如果本子搜索区域的禁忌节点的集合为满、或者找不到可行节点时，应当在其它子搜索区域进行搜索选取。在子区域搜索不到可行路径时，需要向外部区域发送搜索请求，以保证连接建立的成功。

步骤 205：在已找到的路径上为业务分配带宽资源。

对于不区分子搜索区域搜索的网络，一般的可以由目的节点根据为业务选取到的路径向源节点方向，逐跳的在各链路为业务分配工作带宽资源。

对于区分搜索区域的网络，在多个搜索子区域完成本区域内的子路径的选取后，便形成了一条由源节点到目的节点的完整的路径，在各区域内的子路径上为业务分配工作带宽资源，具体是：对于各子搜索区域，在本区域内的子路径选取完成后，则反向地向本区域的入口路由设备逐跳的在各链路为业务分配工作带宽资源。

步骤 206：在已找到的路径上，使用所分配的带宽资源承载业务，建立业务连接。

找到完整的路径并且工作带宽资源分配成功后，源节点将业务路由到相应路径上，业务使用分配的带宽资源进行传输，业务连接建立成功。

步骤 207：更新业务路径上的各节点的生物信息浓度。

在每次业务建立成功后，更新各业务路径上的各链路的生物信息浓度，使得可以根据为业务建立连接的花费，以及花费的实时变化进行动态的更新。

由上可见，使用本实施例方法，既可以兼顾网络的 Qos 参数、业务等级等因素，使得为业务选取的路径更加合理，同时的使用本发明实施例方法，还能够相对避免传统蚂蚁算法易收敛于局部最优解，尽可能收敛于全局最优解，使得业务路由更加优化。

以上对本实施例方法作了一般性的描述，下面将具体对于在具有控制平面的智能化网络应用本实施例方法进行举例描述：

对于存在控制平面的智能网络而言（比如：MPLS/GMPLS，自动交换光网络（Automatic Switch Optical Network，简称 ASON）），MPLS/GMPLS 和 ASON 相对以一般网络而言增加了独立的控制平面，具有独立的控制平面为网络增加了智能的特性，在此，我们可以在控制平面协商一套“蚂蚁消息”控制机制，从而更好的利用智能化网络的特点实现本实施例方法，改善在智能化网络中的网络规划。

为了支持蚂蚁算法，我们定制了适合“蚂蚁消息”传输的包格式，如表一所示：

表一：蚂蚁消息包

蚂蚁消息包头 (Ant Header)
蚂蚁信息包(Ant Info Packet)

其中蚂蚁消息包头的格式如表二所示:

表二: 蚂蚁消息包头的结构

版本 (Version)	类型 (Type)	蚂蚁标识 (Ant ID)	长度 (Length)
校验和 (Check Sum)		生存时间 (TTL)	扩展域

其中, 版本号: 可以用于区别蚁群算法的扩展使用, 区别多个版本的算法; 类型: 表示当前蚂蚁的类型, 一般为等级属性, 反映业务的等级; 长度: 指的是蚂蚁消息包的长度; 蚂蚁标识: 用来在全网中唯一标识蚂蚁的 ID; 校验和: 表示蚂蚁消息包的校验和, 供校验消息完整性和正确行时使用; 生存时间: 用来防止环路产生; 扩展域, 预留蚂蚁消息的扩展使用。

蚂蚁消息的另一部分是蚂蚁信息包, 其格式如表三所示:

表三: 蚂蚁信息包格式

状态 (State)		成功标志位 (Flag)	
区域标识 (Area ID)			
源节点 (Source Node)	目的节点 (Dest Node)	下一跳地址 (Next Hop)	迭代次数 (Max Cycle Num)
搜索次数 (Find Next Num)			
路由节点禁忌表 (Route_TabuList)			
标签禁忌表 (Label_Tabu_List)			
已搜索路径 (Path_List)			
标签链表 (Label_List)			
链路代价 (Cost)			
Qos 参数 (Stat)			

其中状态：亦即“蚂蚁消息”的类型；路由控制信令：请求建立连接消息（SetUp 消息）；连接消息（Connect 消息）、回退消息（Recall 消息）、释放资源消息（Release 消息）、资源释放完成通知（Release Complete 消息）等对应于不同的网络的控制协议需要预先映射成相应类型的蚂蚁消息。

区域标识：表示所在区域的标识号；

搜索次数：用来限制搜索选取业务路径的次数；

路由节点禁忌表：表示路由过程中禁忌节点的集合，包括已搜索过的节点以及其它有用户或网络要求的需禁忌的节点的集合；

标签禁忌表：该域仅在网络具有连续性要求时应用，比如 ASON）；

已搜索路径：表示已经搜索得到的路径；

标签链表：表示之前各段链路上的标签链表，标明已经分配的标签，如果是堆栈原则，则只需一个 2 维链路标记可；

链路代价：记录各段链路的代价值，以便最后统计整条路径的代价值；

Qos 参数：用来监测信道的各种 Qos 参数，来决定相应的转移概率，以实施网络 Qos 的实施反馈。

在上述蚂蚁消息及其包格式的基础上，参考 MPLS/GMPLS 的控制技术，在智能网络中，使用本实施例方法在路由、分配资源、连接建立、连接释放、确认等一套流程具体如下：

如图 3 所示，在一个连接发起时，在控制平面采用蚂蚁消息在每个节点逐条地计算路由，向下一跳节点发送采用蚂蚁消息的标签请求，请求连接，每个节点根据标签请求中的路由节点禁忌表，结合当前的网络拓扑，确定现有的可行节点的集合，确定可行节点的集合后即能确定了邻居链路，根据 7 链路上的生物信息浓度、以及之前存在的其它等级的业务的排斥因素，独立地计算到下一跳节点的可用路由。每次计算后，将所选择的下一跳节点加入“蚂蚁消息”的路由节点禁忌表中，防止二次搜索。同时在为业务选取到路径后，动态的更新各链路上的生物信息浓度、和路由可达性信息参数，以及随着链路的实时性能变化动态的更新链路的花费，如果有回退过程，相应的在回退

过程中进行相应信息的回退更新。标签请求到达目的节点后，目的节点根据标签请求中的已搜索路径域、或者可以建立连接的路径，由目的节点向源节点逐跳地发送标签分配消息，在各链路为业务分配标签，对连接进行有效性检查，也即判断该路径是否有足够的资源来建立连接，尤其是在标签连续性限制下，物理路径的存在往往不一定真实可达。如果源节点接收到标签分配请求，则表示路径上的标签资源分配成功，源节点向目的节点逐跳的发送标签确认，并同时将该业务路由到相应的路径上，进行业务传输。

值得说明的是，对于有标签连续性要求的网络，还需要一个波长禁忌表来控制标签的分发，使得分配的标签满足标签连续性要求。

在进行标签分配的同时，更新路径上的所有网络资源信息，以及统计的网络 Qos 参数等，并标记该路径被占用。通过本实施例方法为业务搜索选取一条通路，当搜索到桩节点或者出现环路时，支持动态回退，可以通过回退搜索来返回之前搜索的路径，直到找到一个可行节点的集合后，才继续向下游发送标签分配消息，继续建路。注意在建路的同时，可能会遇到其它的蚂蚁，也就是受到其它等级的业务的干扰，此时可以在 SLA 的限制下动态的分配资源。

在业务结束后，在拆除业务连接之前，源节点向目的节点逐跳地发送预拆除指示，目的节点接收到预拆除指示后，目的节点向源节点方向逐跳地通知各节点释放在各链路分配给该业务的标签资源，源节点接收到该标签释放消息后，表明标签资源释放完毕，向目的节点逐跳的发送标签释放确认。

在分布式路由和资源分配过程中，可能存在以下三种情况：

情况一：如图 4 所示，如果目的节点接收到一条物理可达路径后，进行反向资源分配时，逐跳发送标签分配消息过程中，在节点 LSR2 处出现资源不足，应当标记该节点并从该节点向目的节点发送资源不足的消息（图中的分配失败消息），目的节点在接收到分配失败后，由目的节点直接反向的发送标签释放消息，释放一分配的标签资源。由于原节点发出标签请求后，在一定时间内并没有收到标签分配消息，可以判断在中间的连接建立过程中出现了错误，阻塞该业务。

情况二：如图 5 所示，在各个 LSR 按照生物信息浓度等多种因素计算出来的转移概率进行标签请求连接时，在节点 LSR4 处出现桩节点，即在 LSR4 处通过其所有的邻居节点也无法到达目的节点，此时采用回退消息回退搜索，直到可达目的节点为止，目的节点在接收到标签请求后的过程与图 3 中的相应过程同理。

情况三：如图 6 所示，对于建立标签请求时即不可达的情况，此种情况比较罕见，通常发生在连通度较低的网络中，或者回退搜索也无法再发送标签请求消息时找到可行路径，也就是说无法到达目的节点的 LER，此时无需分配标签资源，直接反向给源节点 LER 一个故障指示，释放标记的链路即可。

为了更进一步的理解对于 MPLS/GMPLS 网络规划中分布式路由及标签分配方法，下面以 ASON 作为一个具体应用的实例给出，ASON 由于引入了控制平面才具有智能的特性，而其控制平面的具体实现依靠 MPLS-TE 的扩展 GMPLS。ASON 中的连接具有分布式、动态化特性，各个网元存储本地的拓扑和资源信息，各个网元协同计算，实现连接的建立、删除和释放等操作。

为了将本实施例方法应用于 ASON，我们可以将分布式呼叫和连接管理（Distributed Call and connection Management，简称 DCM）消息映射成相应的蚂蚁消息，如表四所示：

表四：DCM 消息与蚂蚁消息的映射关系

	DCM 消息	蚂蚁消息
呼叫连接建立 消息	连接请求(Setup Request)	连接请求 (SetUP)
	连接指示 (Setup Indication)	连接 (Connect)、 回退 (Recall)、 连接错误指示 (ResvErr)
	连接确认 (Setup Confirm)	连接确认 (Notify)

呼叫连接释放	释放请求 (Release Request)	释放 (Release)
	释放指示 (Release Indication)	释放完成指示 (Release Complete)
呼叫连接查询 消息	查询请求 (Query Request)	连接请求 (SetUP) (预留扩展)
	查询指示 (Query Indication)	连接 (Connect) (预留扩展)
呼叫通知消息	通知 (Notify)	预拆除通知 (Notify)

其中，在蚂蚁消息中，连接请求 (SetUP) 消息负责一条路径的建立，向目的节点发送呼叫建立请求；释放 (Release) 消息用于目的节点接收到 SetUp 消息后响应建立连接的请求；连接确认 (Notify)、和预拆除通知 (Notify) 消息分别用于呼叫建立确认、和预拆除指令；回退 (Recall) 消息用于建立连接时回退搜索用；释放 (Release) 消息为连接释放请求；释放完成指示 (Release Complete) 为连接释放完成指示。

比如对于如图 7 所示的网络拓扑，假定某个业务的源节点为节点 71，目的节点为节点 76，按照本实施例方法所提出的选取路经的方法，寻找业务的路由，在最坏的情况下，我们假定，我们已找到路径：节点 71-节点 72-节点 73-节点 74-节点 75，业务路径搜索到达节点 75 后，找不到可以到达节点 76 的路由，于是回退搜索（消息流程见图 8），使用回退 (Recall) 消息，回退至节点 74，此时邻居节点：节点 72、节点 73 均在路由禁忌表中，继续逐跳回退至节点 72、节点 73 的邻居节点：节点 71、节点 72，节点 71、节点 72 仍然属于禁忌表，而节点 76 可达，于是节点 72 向节点 76 发送；连接请求消息，目的节点 76 接收到连接请求消息后，向节点 72 发送连接 (Connect) 消息，并节点 72 向节点 71 发送连接消息，开始选择网络资源，如果成功的话，源节点：节点 71 发送连接确认消息 (Notify (Conf)) 消息进行确认，一个连接建立完成。业务结束后，有节点 71 发送 Notify (Indication) 后开始逐跳释放

资源，释放完成后节点 71 确认释放完成。

如果没有资源可用，则向目的节点 76 反向发送 ResErr 消息，通知此条路径无法建立成功，目的节点收到后向发送资源不足的节点逐跳的发送 Release 消息，由该节点确认释放成功后发送连接错误指示消息 (ResvErr)。

对于业务路径：节点 71-节点 72-节点 73-节点 74-节点 75，假设计算返回时，如果对于链路：节点 71-节点 72 已经没有可用带宽资源，则在节点 72 处资源分配失败，此时无法建立成功一条有效的路径。如图 9 所示，资源分配失败处的节点 72 反向向节点 76 逐跳地发送连接错误指示 (ResvErr) 消息，节点 76 接收到连接错误指示 (ResvErr) 消息后，执行后续的资源释放流程。

由于采用回退搜索，可以大大减小找不到路径的几率，但是当链路故障发生而导致目的节点不可达时，如图 10 所示，在节点 72 处发生故障，目的节点 76 不可达，此时失败的节点：节点 72 直接向节点 71 发送释放消息，释放占用的链路以及相应的链路的生物信息。

由上可见，本实施例方法应用在具有控制平面的智能化网络中，能够大大简化原来复杂的路由技术和信令技术，节省了控制协议对于资源的耗费。本实施例方法联合路由和信令的选路以及建立连接，能够大大减少控制带宽的需求，以便有更多的控制带宽来应对突发性事件带来的网络控制信息风暴。因此本实施例方法在智能网络中有实际的重要应用价值。

实施例 2:

图 11 为本实施例 2 的路由设备的结构示意图，该路由设备为网络中的节点，如图示，该路由设备包括：

转移概率确定单元 110，用于根据网络的 Qos、以及本节点到各邻居节点的链路的生物信息浓度 φ_{ij} ，确定本节点到所述各邻居节点的转移概率 p_{ij}^k ，其中所述的各邻居节点为所述本节点的邻居节点，并且所述各邻居节点均属于未搜索过的节点的集合。

路由选择单元 111，用于根据转移概率确定单元 110 确定的各转移概率，

选取所述转移概率最高的路由作为为所述业务搜索到的在所述本节点到下一跳节点的路由。

业务路由单元 112, 用于在由路由选择单元 111 确定的从所述源节点到目的节点的各节点到所述节点的下一跳节点的路由组成的路径上, 为所述业务建立连接。

为了便于网络信息分布式管理, 该路由设备还可以包括:

生物信息存储单元 113, 用于存储本节点 i 到所述本节点 i 的各邻居节点 j 的链路的当前的生物信息浓度 ϕ_{ij} 。

值得说明的是, 该生物信息存储单元 113 即可以设置在路由设备上, 还可以设置在网络中的其它设备上。

路由设备上的转移概率确定单元 110 具体根据生物信息存储单元 113 存储的生物信息浓度 ϕ_{ij} , 确定所述转移概率, 具体计算方法参见实施例 1 中的相应描述。

转移概率确定单元 110 还可以包括:

多约束函数构建单元 1101, 用于根据当前网络的 Qos 参数, 构建多约束函

数 $\vec{f}(e) = \begin{bmatrix} f_1(e) \\ f_2(e) \\ \dots \\ f_n(e) \end{bmatrix}$, 其中 $f_i(e)$ 表示当前网络的量化的 Qos 参数, n 为当前网络的 Qos

参数的项数, i 大于等于 0 小于或等于 n 。

可达性信息确定单元 1102, 用于根据多约束函数构建单元 1101 确定的多

约束函数, 确定可达性信息参数 $d_{ij} = \frac{1}{\vec{c} \cdot \vec{f}(e)}$, 其中 \vec{c} 表示权重向量: $\vec{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{bmatrix}$,

其中 i 大于等于 0 小于或等于 n 。

转移概率计算单元 1103, 用于根据生物信息存储单元 113 存储的生物信息浓度 ϕ_{ij}^k 、可达性信息确定单元 1102 确定的可达性信息参数 d_{ij} , 计算确定本节点到所述本节点的、属于未搜索过的节点的集合的各邻居节点的转移概率:

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{r_{ij}^k(t)\phi_{ij}^\alpha(t)d_{ij}^\beta}{\sum_{j \in \text{allowed}_k} r_{ij}^k(t)\phi_{ij}^\alpha(t)d_{ij}^\beta} & , j \in \text{allowed}_k \\ 0 & , \text{其他} \end{cases} \quad \text{, 其中 } \alpha、\beta \text{ 分别为控制参}$$

数, $r_{ij}^k(t)$ 表示网络物理拓扑变更对所述转移概率影响的权值因子, 集合 Allowed_k 为可行节点的集合, Allowed_k 等于: 所述本节点 i 的邻居节点的集合与所述已搜索过的节点的集合的差, 再减去不符合所述业务的限制要求的节点的集合。

为了便于支持 SLA 功能, 实现区分业务等级而提供服务, 该路由设备还可以包括:

等级修正因子确定单元 114, 用于根据所述业务的等级、所述节点到所述邻居节点的链路上已建立的业务的等级, 确定等级修正因子 γ_{ij} 。转移概率计算单元 1103 可以进一步根据所确定的等级修正因子 γ_{ij} , 根据以下函数式确定转移概率:

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{r_{ij}^k(t)\gamma_{ij}\phi_{ij}^\alpha(t)d_{ij}^\beta}{\sum_{j \in \text{allowed}_k} r_{ij}^k(t)\gamma_{ij}\phi_{ij}^\alpha(t)d_{ij}^\beta} & , j \in \text{allowed}_k \\ 0 & , \text{其他} \end{cases} .$$

实施例 3:

图 12 为本实施例中的业务网络结构示意图, 如图示, 本实施例网络包括至少一个由路由设备充当的节点, 本实施例网络具体包括:

网络信息存储单元 121, 用于存储网络当前的 Qos 参数, 该 Qos 参数可以包括: 时延、延迟 t_{delay} 、链路长度 t_{len} 、抖动、跳数、丢包率 P_{loss} 、链路资源利用率 P_{util} 、阻塞率 P_{block} 等, 具体不一一列举。

生物信息存储单元 122, 用于存储当前的网络中的各节点到其各邻居节点的链路的生物信息浓度。该生物信息存储单元 122 既可以集中式设置在网络中的一个设备上, 亦可以分布设置在网络的各节点上, 有各节点分布式的存储该节点到其邻居节点的链路的生物信息浓度。

网络中的述各节点(如图中的节点 1、节点 2...节点 n)一般还可以包括: 转移概率确定单元 123, 用于根据网络信息存储单元 121 存储的 Qos 参数、以及本节点到各邻居节点的链路的生物信息浓度(由生物信息存储单元 122 存储), 确定本节点到所述各邻居节点的转移概率, 其中所述邻居节点为所述本节点的邻居节点, 并且所述邻居节点属于未搜索过的节点的集合。该转移概率确定单元 123 的具体结构可以与实施例 2 中的图 11 所示的转移概率确定单元 110 相同。

路由选择单元 124, 用于根据所述转移概率确定单元 123 确定的各转移概率, 选取所述转移概率最高的路由作为所述业务在所述本节点到下一跳节点的路由。

业务路由单元 125, 用于在由路由选择单元 124 确定的从所述源节点到目的节点的各节点到所述节点的下一跳节点的路由组成的路径上, 为所述业务建立连接。

以上对本发明实施例所提供的一种建立业务连接的方法、路由设备、业务网络进行了详细介绍, 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述, 以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明实施例的方法; 同

时，对于本领域的一般技术人员，依据本发明实施例，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

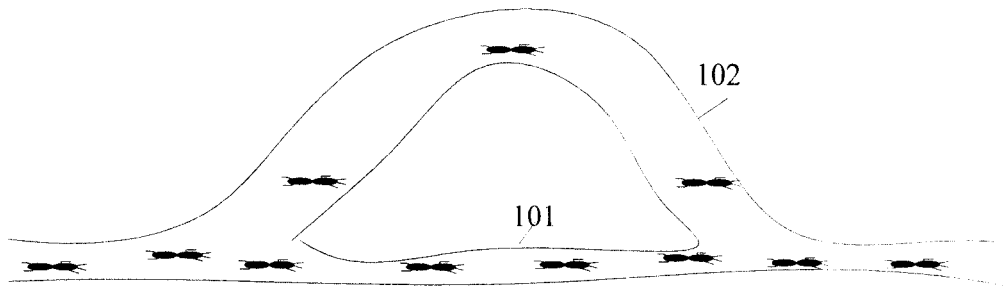


图 1

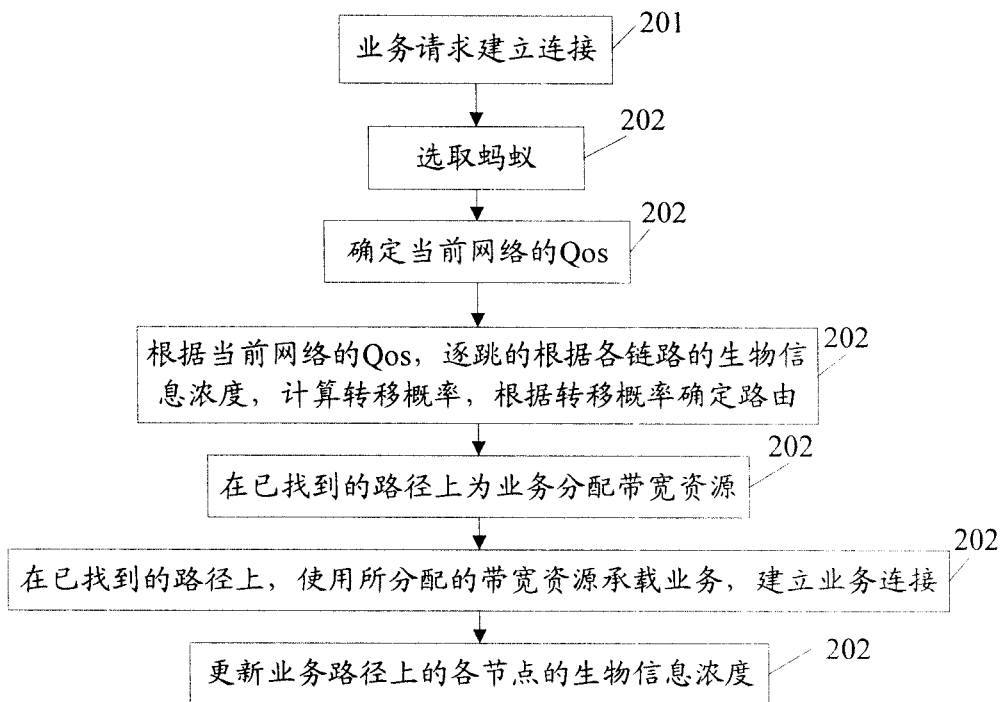


图 2

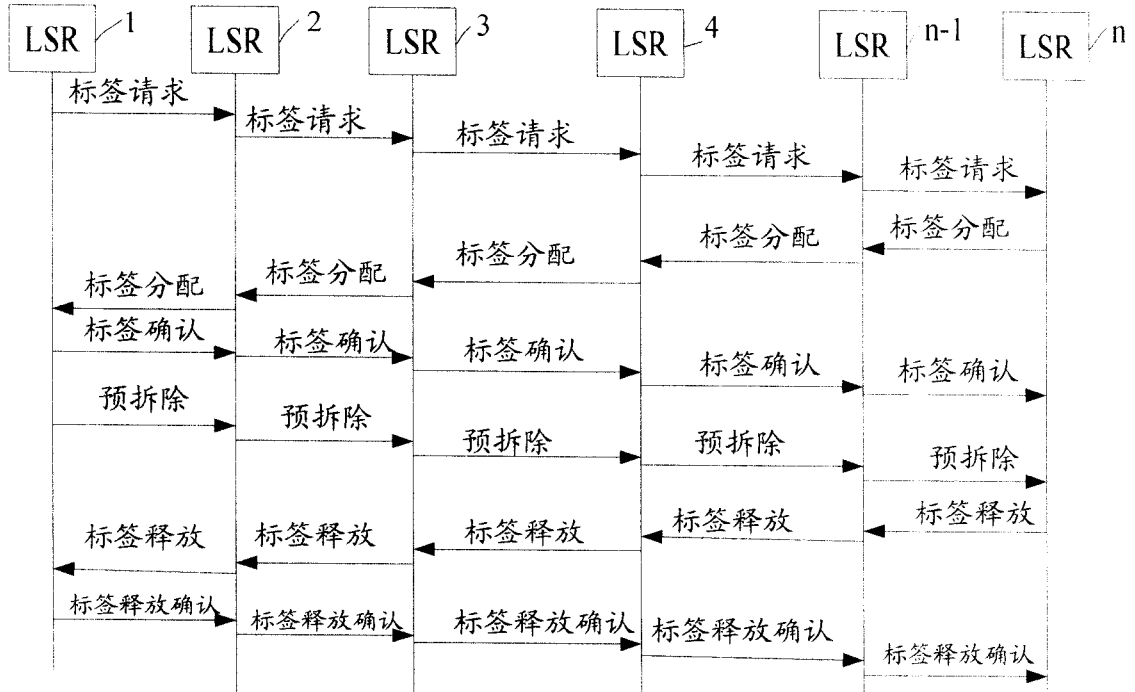


图 3

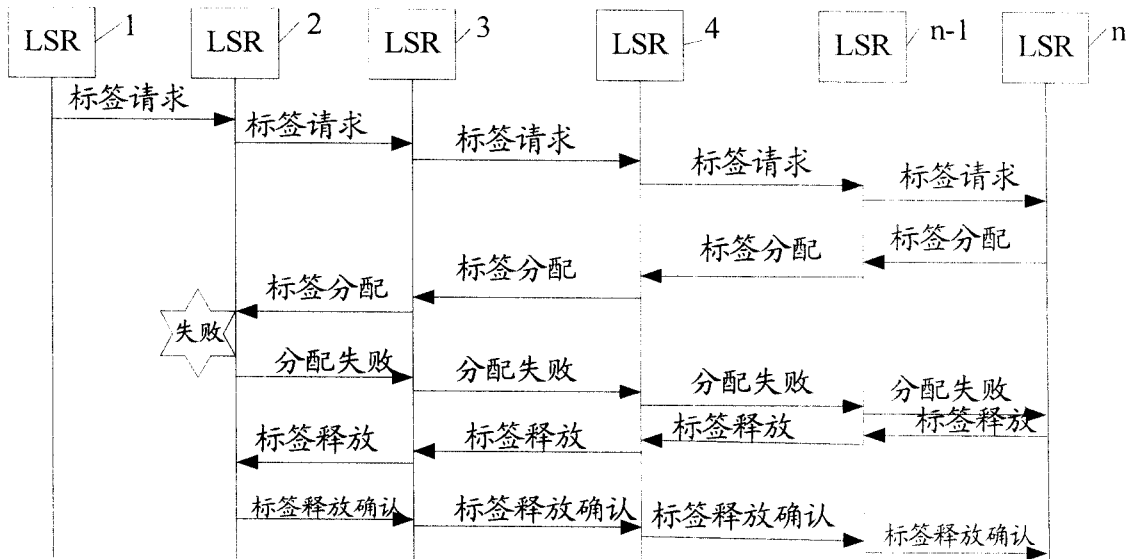


图 4

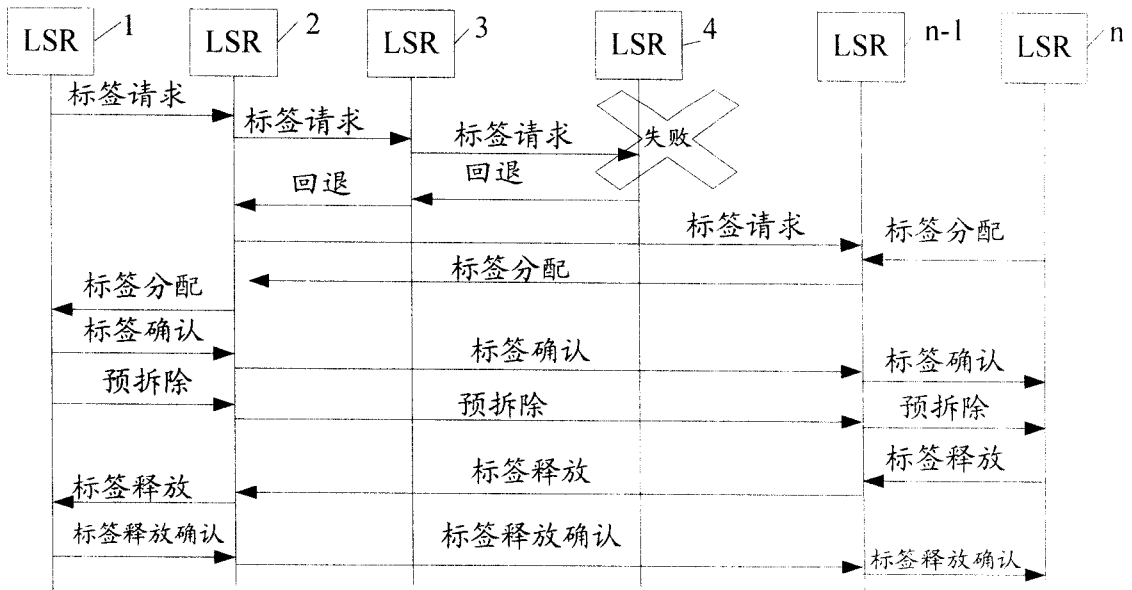


图 5

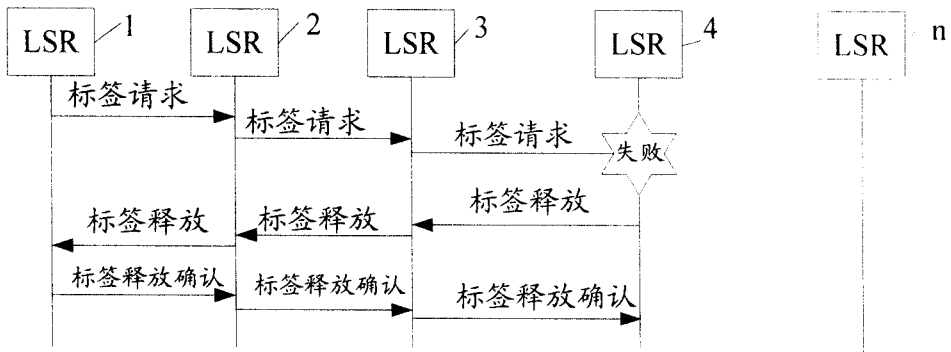


图 6

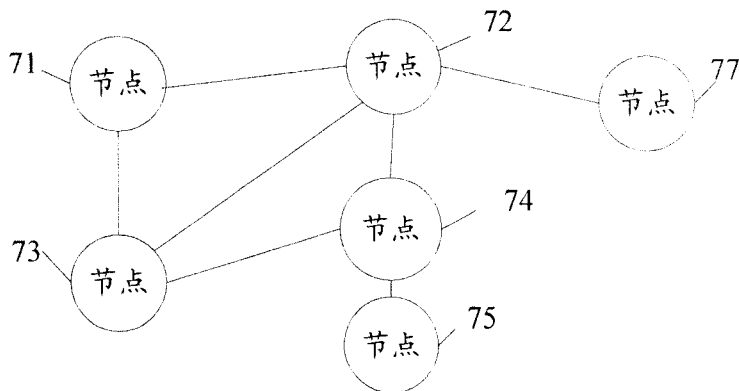


图 7

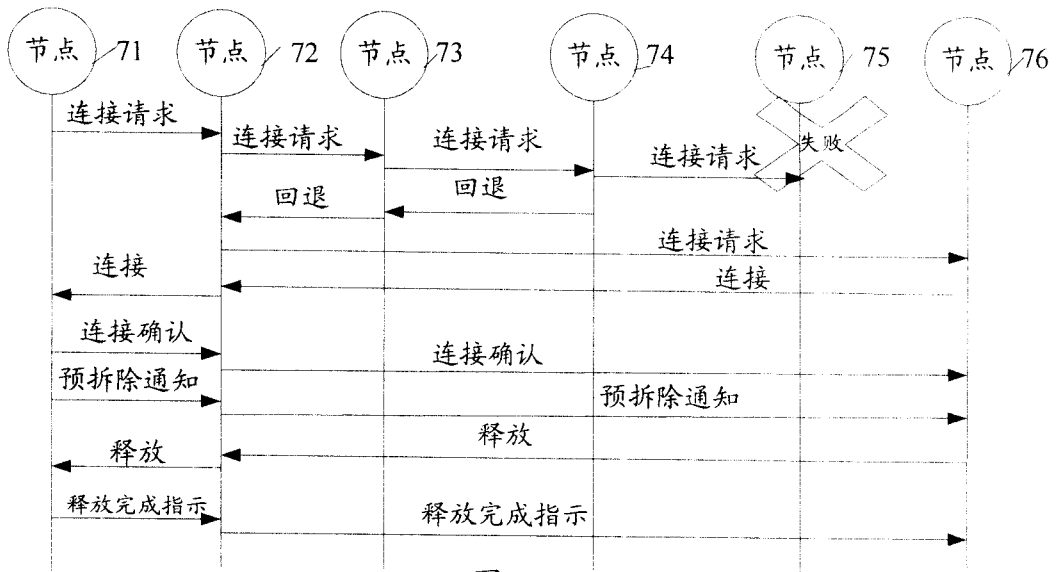


图 8

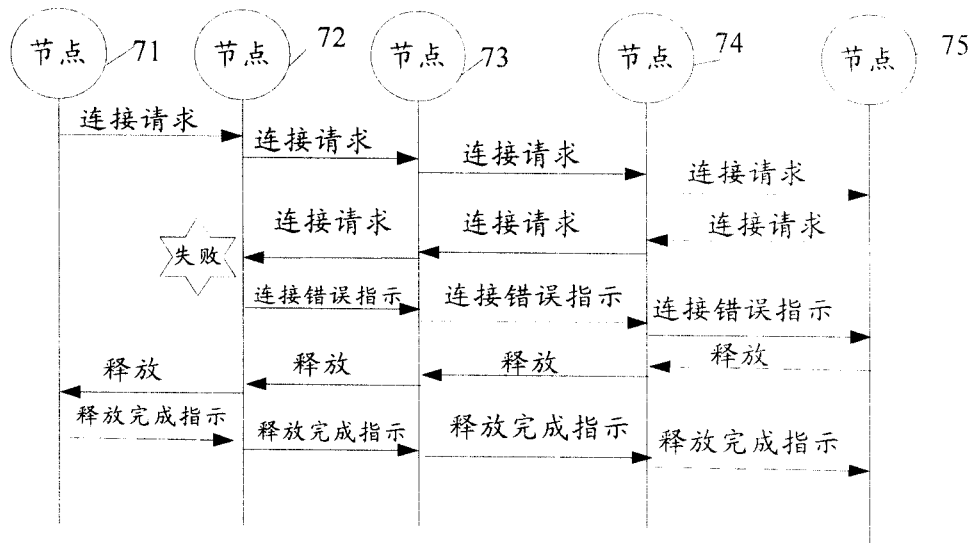


图 9

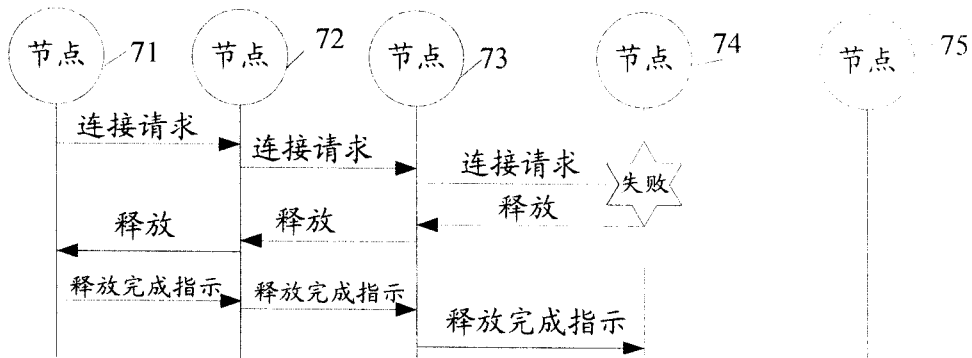


图 10

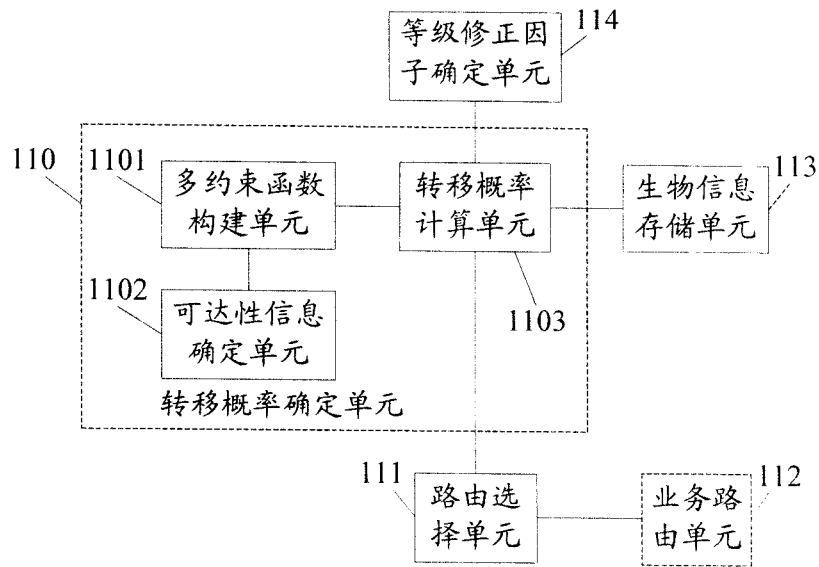


图 11

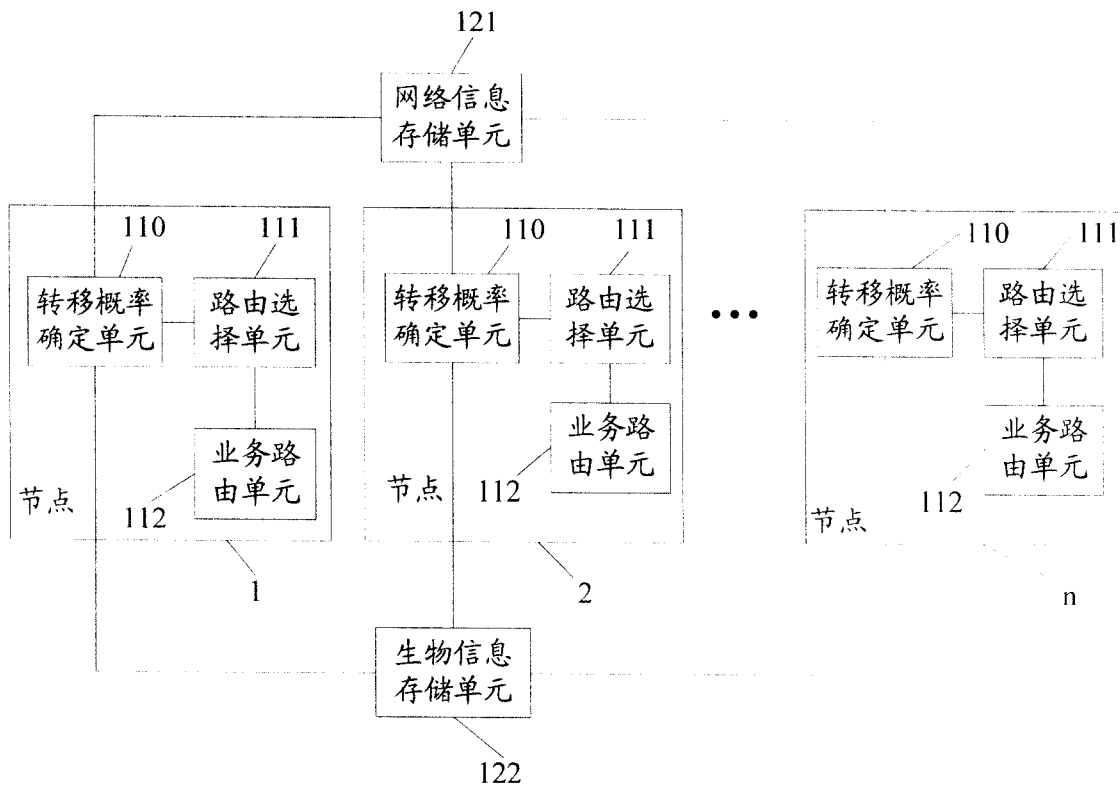


图 12