



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103281245 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 24

(21) 申请号 201310150768. 2

G06N 3/00(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 04. 26

(56) 对比文件

US 7382731 B1, 2008. 06. 03,
CN 101043444 A, 2007. 09. 26,

(73) 专利权人 广东电网公司电力调度控制中心
地址 510699 广东省广州市越秀区梅花路
75 号
专利权人 北京邮电大学

审查员 张超

(72) 发明人 李溢杰 何杰 黄明辉 蒋康明
刘伟 赖群 黄远丰 亓峰
李财云 韩骞

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理
有限公司 44224
代理人 王茹 曾曼辉

(51) Int. Cl.

H04L 12/725(2013. 01)

H04L 12/803(2013. 01)

H04L 12/865(2013. 01)

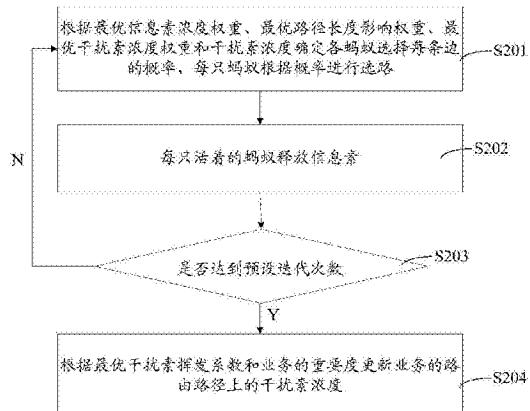
权利要求书3页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

确定业务路由路径的方法及装置

(57) 摘要

一种确定业务路由路径的方法，包括步骤：将各业务按重要度进行优先级排序；按优先级依次选择一个业务，根据最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重和干扰素浓度确定各蚂蚁选择每条边的概率，各所述蚂蚁根据所述概率进行选路，并确定所述业务的路由路径；根据最优干扰素挥发系数和所述业务的重要度更新所述业务的路由路径上的干扰素浓度；判断各所述业务是否路由完毕，若否，返回所述按优先级依次选择一个业务步骤。本发明还提供相应的装置。本发明在降低总风险的同时保证业务路由尽量短，实现将业务路径长度和业务负载均衡程度相统一。



1. 一种确定业务路由路径的方法, 其特征在于, 包括步骤:

将各业务按重要度进行优先级排序;

按优先级依次选择一个业务, 根据最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重和干扰素浓度确定各蚂蚁选择每条边的概率, 各所述蚂蚁根据所述概率进行选路, 并确定所述业务的路由路径, 其中, 所述概率为:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)\kappa_{ij}^\gamma(t)}{\sum\limits_{u \in N_i^k(t)} \tau_{iu}^\alpha(t)\eta_{iu}^\beta(t)\kappa_{iu}^\gamma(t)}, & \text{if } j \in N_i^k(t) \\ 0, & \text{others} \end{cases}$$

$p_{ij}^k(t)$ 为第 k 只蚂蚁在时间 t 其从 i 点转移到 j 点的概率, $\tau_{ij}(t)$ 为 t 时刻, 边 (i, j) 上的信息素的浓度, $\tau_{ij}^\alpha(t)$ 表示 $\tau_{ij}(t)$ 的 α 次幂,

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$$

$\eta_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上的启发方程, $\eta_{ij}^\beta(t)$ 表示 $\eta_{ij}(t)$ 的 β 次幂, d_{ij} 为边 (i, j) 的长度, $\eta_{ij}(t)$ 和 η_{ij} 只是规定了在时刻 t,

$$\kappa_{ij}(t) = \frac{1}{e_{ij}(t)}$$

$e_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上干扰素的浓度, $\kappa_{ij}^\gamma(t)$ 表示 $\kappa_{ij}(t)$ 的 γ 次幂, $N_i^k(t)$ 表示第 k 只蚂蚁在时间 t 其从 i 点转移的地点的集合;

根据最优干扰素挥发系数和所述业务的重要度更新所述业务的路由路径上的干扰素浓度;

判断各所述业务是否路由完毕, 若否, 返回所述按优先级依次选择一个业务步骤。

2. 根据权利要求 1 所述的确定业务路由路径的方法, 其特征在于, 所述按优先级依次选择一个业务步骤之前还包括步骤:

根据预设网络可用性和预设等级阈值, 判断网络等级;

对随机产生的数组群进行优化, 确定所述网络等级对应的最优数组, 其中, 所述最优数组包括所述最优信息素浓度权重、所述最优路径长度影响权重、所述最优干扰素浓度权重、最优信息素挥发系数、所述最优干扰素挥发系数;

所述确定所述业务的路由路径包括步骤:

当各所述蚂蚁到达目的地后, 根据所述最优信息素挥发系数更新各所述蚂蚁经过的路径上的信息素浓度, 当迭代次数达到预设迭代次数时, 所述信息素浓度最大的路径作为所述业务的路由路径。

3. 根据权利要求 1 所述的确定业务路由路径的方法, 其特征在于,

所述确定所述业务的路由路径包括步骤:

当各所述蚂蚁到达目的地后, 根据最优信息素挥发系数更新各所述蚂蚁经过的路径上的信息素浓度, 当迭代次数达到预设迭代次数时, 所述信息素浓度最大的路径作为所述业务的路由路径,

其中,所述最优信息素浓度权重、所述最优路径长度影响权重、所述最优干扰素浓度权重、所述最优信息素挥发系数、所述最优干扰素挥发系数分别为预设最优信息素浓度权重、预设最优路径长度影响权重、预设最优干扰素浓度权重、预设最优信息素挥发系数、预设最优干扰素挥发系数。

4. 根据权利要求 2 所述的确定业务路由路径的方法,其特征在于,

采用粒子群优化法或遗传算法或免疫优化法或爬山法或神经网络算法对随机产生的所述数组群进行优化,

或

采用粒子群优化法对随机产生的所述数组群进行优化,其中通过公式

$$F(D, L) = \varphi_1(1 - \frac{1}{D+1}) + \varphi_2(\frac{L}{L_a})$$

确定适应值, $F(D, L)$ 表示适应值, D 表示网络中各边所承载的业务权重和的方差, L 表示平均业务路径长度, L_a 表示网络中各边的长度和, φ_1 表示第一预设的权重因子, φ_2 表示第二预设的权重因子。

5. 根据权利要求 1 至 4 任意一项所述的确定业务路由路径的方法,其特征在于,采用以下公式更新所述业务的路由路径上的干扰素浓度,

$$e_{ij}(t) = \rho_2 e_{ij}(t-1) + w$$

其中, $e_{ij}(t)$ 表示在边 (i, j) 上更新后的干扰素浓度, $e_{ij}(t-1)$ 表示在边 (i, j) 上更新前的干扰素浓度, t 表示更新时刻, ρ_2 表示所述最优干扰素挥发系数, w 表示所述业务的重要度。

6. 一种确定业务路由路径装置,其特征在于,包括:

排序模块,用于将各业务按重要度进行优先级排序;

路由模块,用于按优先级依次选择一个业务,根据最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重和干扰素浓度确定各蚂蚁选择每条边的概率,各所述蚂蚁根据所述概率进行选路,并确定所述业务的路由路径,其中,所述概率为:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t) \eta_{ij}^\beta(t) \kappa_{ij}^\gamma(t)}{\sum\limits_{u \in N_i^k(t)} \tau_{iu}^\alpha(t) \eta_{iu}^\beta(t) \kappa_{iu}^\gamma(t)}, & \text{if } j \in N_i^k(t) \\ 0, & \text{others} \end{cases}$$

$p_{ij}^k(t)$ 为第 k 只蚂蚁在时间 t 其从 i 点转移到 j 点的概率, $\tau_{ij}(t)$ 为 t 时刻, 边 (i, j) 上的信息素的浓度, $\tau_{ij}^\alpha(t)$ 表示 $\tau_{ij}(t)$ 的 α 次幂,

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$$

$\eta_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上的启发方程, $\eta_{ij}^\beta(t)$ 表示 $\eta_{ij}(t)$ 的 β 次幂, d_{ij} 为边 (i, j) 的长度, $\eta_{ij}(t)$ 和 η_{ij} 只是规定了在时刻 t ,

$$\kappa_{ij}(t) = \frac{1}{e_{ij}(t)}$$

$e_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上干扰素的浓度, $\kappa_i^\gamma(t)$ 表示 $\kappa_{ij}(t)$ 的 γ 次幂, $N_i^k(t)$ 表示第 k 只蚂蚁在时间 t 其从 i 点转移的地点的集合;

根据最优干扰素挥发系数和所述业务的重要度更新所述业务的路由路径上的干扰素浓度, 继续按优先级依次选择一个业务, 直到各所述业务路由完毕。

7. 根据权利要求 6 所述的确定业务路由路径装置, 其特征在于, 所述最优信息素浓度权重、所述最优路径长度影响权重、所述最优干扰素浓度权重、最优信息素挥发系数、所述最优干扰素挥发系数分别为预设最优信息素浓度权重、预设最优路径长度影响权重、预设最优干扰素浓度权重、预设最优信息素挥发系数、预设最优干扰素挥发系数,

其中, 所述路由模块在各所述蚂蚁到达目的地后, 根据所述最优信息素挥发系数更新各所述蚂蚁经过的路径上的信息素浓度, 当迭代次数达到预设迭代次数时, 所述信息素浓度最大的路径作为所述业务的路由路径。

8. 根据权利要求 6 所述的确定业务路由路径装置, 其特征在于, 还包括:

优化模块, 用于根据预设网络可用性和预设等级阈值, 判断网络等级; 对随机产生的数组群进行优化, 确定所述网络等级对应的最优数组, 其中, 所述最优数组包括所述最优信息素浓度权重、所述最优路径长度影响权重、所述最优干扰素浓度权重、最优信息素挥发系数、所述最优干扰素挥发系数,

其中, 所述路由模块在各所述蚂蚁到达目的地后, 根据所述最优信息素挥发系数更新各所述蚂蚁经过的路径上的信息素浓度, 当迭代次数达到预设迭代次数时, 所述信息素浓度最大的路径作为所述业务的路由路径。

9. 根据权利要求 8 所述的确定业务路由路径装置, 其特征在于,

所述优化模块采用粒子群优化法或遗传算法或免疫优化法或爬山法或神经网络算法对随机产生的所述数组群进行优化,

或

所述优化模块采用粒子群优化法对随机产生的所述数组群进行优化, 其中通过公式

$$F(D, L) = \varphi_1 \left(1 - \frac{1}{D+1}\right) + \varphi_2 \left(\frac{L}{L_a}\right)$$

确定适应值, $F(D, L)$ 表示适应值, D 表示网络中各边所承载的业务权重和的方差, L 表示平均业务路径长度, L_a 表示网络中各边的长度和, φ_1 表示第一预设的权重因子, φ_2 表示第二预设的权重因子。

10. 根据权利要求 6 至 9 任意一项所述的确定业务路由路径装置, 其特征在于, 所述路由模块采用以下公式更新所述业务的路由路径上的干扰素浓度,

$$e_{ij}(t) = \rho_2 e_{ij}(t-1) + w$$

其中, $e_{ij}(t)$ 表示在边 (i, j) 上更新后的干扰素浓度, $e_{ij}(t-1)$ 表示在边 (i, j) 上更新前的干扰素浓度, t 表示更新时刻, ρ_2 表示所述最优干扰素挥发系数, w 表示所述业务的重要度。

确定业务路由路径的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域，特别是涉及确定业务路由路径的方法及装置。

背景技术

[0002] 电力通信网是电力系统的重要实体网络，是智能电网的基础。它的安全性与可靠性直接影响到电网的运行稳定。不同的地域条件，天气情况，网络拓扑和一些其他的因素都会对电力通信网业务产生不同的影响。对于一个拓扑稳定的网络，降低其网络运行风险最重要的方法就是将业务路径分配的更为合理。

[0003] 传统方法中，将电力通信网承载的业务按照重要性进行业务分类和优先级排序，依次取出业务进行工作路由寻路，工作路由寻路成功，再对此业务根据其设定的保护方式对保护路由进行寻路，如果保护路由寻路成功，则判定此业务被成功路由。不同等级的业务路由选择也有所不同，保护路由的选择也有差异。但是这种分配方法还是基于最短路径算法，较短的链路上依旧承载了过多的业务，没有实现业务负载均衡使得系统总体风险较大。

[0004] 传统方法中，使用虚拟路由冗余协议将数个实体路由器组成虚拟路由器组，确定一个实体路由器为主控路由器，其余的实体路由器为备份路由器，主控路由器用于响应和转发数据包，备份路由器处于待命状态。当主控路由器的负载流量超过流量阈值时，对主控路由器的负载流量进行分割，将超出流量阈值的负载流量从主控路由器分流。这种方法在业务较少时，尤其是刚好将达到阈值时没有负载均衡的效果，相反，闲置的链路造成资源浪费的同时，承载过多业务的链路的风险也较大。

[0005] 传统方法中，将待路由业务按照优先级顺序进行排序并保存；在预定设备库中查找，为网络中的每个节点配置成本最低的设备以及该设备可用且成本最低的交叉板，之后更改路由经过的节点设备配置。但是其路由核心为寻找最小成本路径，与最短路径算法相似。虽然能使得路由成本降低，但是依旧无法降低网络的整体风险。

[0006] 传统方法中，优化算法有很多种，比如蚁群算法、粒子群优化法、遗传算法、免疫优化法、爬山法、神经网络算法等。蚁群算法 (ant colony optimization, ACO)，又称蚂蚁算法，是一种用来在图中寻找优化路径的机率型算法。其灵感来源于蚂蚁在寻找食物过程中发现路径的行为。现有的蚁群算法一般是根据预先给定的信息素浓度权重和最优路径长度影响权重确定蚂蚁选择每条边的概率，根据概率进行选路，选路完成后释放信息素，接着进行迭代，达到最大迭代次数后，选出信息素浓度最大的路径作为蚂蚁路径。现有的蚁群算法可以找出最短路径，但该路径无法满足负载均衡。

[0007] 可见，目前电力通信网业务路径规划方法大多使用最短路径算法或者基于操作人员的经验来预分配。然而，由于这样的方法都没有考虑到业务的负载均衡，所以在资源利用率和风险方面都是不可靠的。将过多的业务分配在一条较短线路上的风险远远高于将业务分配在不同的路径上。但如果要考虑到电力通信网的业务需要很小的延时，我们分配的业务路径应该尽量短。所以，当进行电力通信网业务路由规划时，应该兼顾到业务负载均衡和业务路径长度，以实现降低风险和提高服务质量的统一。

发明内容

[0008] 基于此,有必要针对如何兼顾业务负载均衡和业务路径长度的问题,提供一种确定业务路由路径的方法及装置。

[0009] 一种确定业务路由路径的方法,包括步骤:

[0010] 将各业务按重要度进行优先级排序;

[0011] 按优先级依次选择一个业务,根据最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重和干扰素浓度确定各蚂蚁选择每条边的概率,各所述蚂蚁根据所述概率进行选路,并确定所述业务的路由路径,其中,所述概率为:

$$[0012] p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)\kappa_{ij}^\gamma(t)}{\sum_{u \in N_i^k(t)} \tau_{iu}^\alpha(t)\eta_{iu}^\beta(t)\kappa_{iu}^\gamma(t)}, & \text{if } j \in N_i^k(t) \\ 0, & \text{others} \end{cases}$$

[0013] $p_{ij}^k(t)$ 为第 k 只蚂蚁在时间 t 其从 i 点转移到 j 点的概率, $\tau_{ij}(t)$ 为 t 时刻, 边 (i, j) 上的信息素的浓度, $\tau_{ij}^\alpha(t)$ 表示 $\tau_{ij}(t)$ 的 α 次幂,

$$[0014] \eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$$

[0015] $\eta_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上的启发方程, $\eta_{ij}^\beta(t)$ 表示 $\eta_{ij}(t)$ 的 β 次幂, d_{ij} 为边 (i, j) 的长度, $\eta_{ij}(t)$ 和 η_{ij} 只是规定了在时刻 t,

$$[0016] \kappa_{ij}(t) = \frac{1}{e_{ij}(t)}$$

[0017] $e_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上干扰素的浓度, $\kappa_{ij}^\gamma(t)$ 表示 $\kappa_{ij}(t)$ 的 γ 次幂, $N_i^k(t)$ 表示第 k 只蚂蚁在时间 t 其从 i 点转移的地点的集合;

[0018] 根据最优干扰素挥发系数和所述业务的重要度更新所述业务的路由路径上的干扰素浓度;

[0019] 判断各所述业务是否路由完毕,若否,返回所述按优先级依次选择一个业务步骤。

[0020] 一种确定业务路由路径装置,包括:

[0021] 排序模块,用于将各业务按重要度进行优先级排序;

[0022] 路由模块,用于按优先级依次选择一个业务,根据最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重和干扰素浓度确定各蚂蚁选择每条边的概率,各所述蚂蚁根据所述概率进行选路,并确定所述业务的路由路径,其中,所述概率为:

$$[0023] p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)\kappa_{ij}^\gamma(t)}{\sum_{u \in N_i^k(t)} \tau_{iu}^\alpha(t)\eta_{iu}^\beta(t)\kappa_{iu}^\gamma(t)}, & \text{if } j \in N_i^k(t) \\ 0, & \text{others} \end{cases}$$

[0024] $p_{ij}^k(t)$ 为第 k 只蚂蚁在时间 t 其从 i 点转移到 j 点的概率, $\tau_{ij}(t)$ 为 t 时刻, 边 (i, j) 上的信息素的浓度, $\tau_{ij}^\alpha(t)$ 表示 $\tau_{ij}(t)$ 的 α 次幂,

$$[0025] \quad \eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$$

[0026] $\eta_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上的启发方程, $\eta_{ij}^\beta(t)$ 表示 $\eta_{ij}(t)$ 的 β 次幂, d_{ij} 为边 (i, j) 的长度, $\eta_{ij}(t)$ 和 η_{ij} 只是规定了在时刻 t ,

$$[0027] \quad \kappa_{ij}(t) = \frac{1}{e_{ij}(t)}$$

[0028] $e_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上干扰素的浓度, $\kappa_{ij}^\gamma(t)$ 表示 $\kappa_{ij}(t)$ 的 γ 次幂, $N_i^k(t)$ 表示第 k 只蚂蚁在时间 t 其从 i 点转移的地点的集合;

[0029] 根据最优干扰素挥发系数和所述业务的重要度更新所述业务的路由路径上的干扰素浓度, 继续按优先级依次选择一个业务, 直到各所述业务路由完毕。

[0030] 上述确定业务路由路径的方法及装置, 通过将各业务按重要度进行优先级排序, 采用蚁群算法来选择路由路径, 同时在蚁群算法中加入干扰素, 以干扰后路由的业务尽量不再选择这条路径。由于优先进行路由的业务受到“干扰素”的干扰较少, 因此路由路径较短, 使得重要的业务拥有路径短、延时小的特点, 提高了服务质量。后进行路由的业务受到“干扰素”的干扰较多, 选择其他路径, 从而使得业务负载均衡以降低风险, 最终实现在降低总风险的同时保证业务路由尽量短。

附图说明

- [0031] 图 1 为本发明确定业务路由路径的方法实施例一的流程示意图;
- [0032] 图 2 为本发明一条业务进行路由的流程示意图;
- [0033] 图 3 为本发明确定业务路由路径的方法实施例二的流程示意图;
- [0034] 图 4 为一个抽象的电力通信网拓扑图;
- [0035] 图 5 为好网络中迭代次数与适应度对应图;
- [0036] 图 6 为一般网络中迭代次数与适应度对应图;
- [0037] 图 7 为差网络中迭代次数与适应度对应图;
- [0038] 图 8 为不同网络中迭代次数与干扰素权重的对应图;
- [0039] 图 9 为不同网络不同业务数量的方差图;
- [0040] 图 10 为一个好网络和一个差网络对于不同业务数量时平均业务路径长度;
- [0041] 图 11 为本发明确定业务路由路径装置实施例的结构示意图。

具体实施方式

- [0042] 以下针对本发明确定业务路由路径的方法及装置的各实施例进行详细的描述。
- [0043] 首先针对确定业务路由路径的方法的各实施例进行描述。
- [0044] 实施例一
- [0045] 参见图 1 所示, 为本发明确定业务路由路径的方法实施例一的流程示意图, 包括步骤:
- [0046] 步骤 S101: 将各业务按重要度进行优先级排序;
- [0047] 步骤 S102: 按优先级依次选择一个业务, 根据最优信息素浓度权重、最优路径长

度影响权重、最优干扰素浓度权重和干扰素浓度确定各蚂蚁选择每条边的概率,各蚂蚁根据概率进行选路,并确定业务的路由路径;根据最优干扰素挥发系数和业务的重要度更新业务的路由路径上的干扰素浓度;

[0048] 步骤 S103 :判断各业务是否路由完毕,若否,返回步骤 S102。

[0049] 本实施例中,最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重、最优信息素挥发系数、最优干扰素挥发系数是通过预先设定的,可以根据需要设定。其中,根据最优信息素挥发系数更新信息素。传统方法中,根据信息素浓度权重、路径长度影响权重、信息素挥发系数,采用蚁群算法选择路径,这样可以选择出最短路径。本方案通过将各业务按重要度进行优先级排序,采用蚁群算法来选择路由路径,同时在蚁群算法中加入干扰素,以干扰后路由的业务尽量不再选择这条路径。对于一个低可靠性的网络,本方案方法可以使得业务尽量负载均衡以降低风险;对于一个高可靠的网络,本方案方法可以使得业务路径尽量短以提高服务质量,最终实现在降低总风险的同时保证业务路由尽量短,实现将业务路径长度和业务负载均衡程度相统一。因此,一只蚂蚁选择 (i, j) 边的概率与信息素浓度、边的长度以及干扰素浓度相关,挥发系数也会影响到路由结果。

[0050] 首先,采集用户信息,包括:网络拓扑信息,业务重要度信息,业务路由起止站点信息,网络运行状况信息等。将各业务按照重要度进行优先级排序。业务的重要度可以是事先设定好的,比如分成五个等级。按照优先级一次选择一个业务进行路由。 α 、 β 、 γ 、 ρ_1 、 ρ_2 分别是信息素浓度权重、路径长度影响权重、干扰素浓度权重、信息素挥发系数、干扰素挥发系数,这五参数可以预先设定。

[0051] 参见图 2,步骤 S102 包括步骤:

[0052] 步骤 S201 :根据最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重和干扰素浓度确定各蚂蚁选择每条边的概率,每只蚂蚁根据概率进行选路;

[0053] 步骤 S202 :每只活着的蚂蚁释放信息素,即根据最优信息素挥发系数和各蚂蚁寻找的总路径长度更新各蚂蚁经过的路径上的信息素浓度;

[0054] 步骤 S203 :判断是否达到预设迭代次数,若否,则返回步骤 S201,若是,进入 S204;

[0055] 步骤 S204 :根据最优干扰素挥发系数和业务的重要度更新业务的路由路径上的干扰素浓度。

[0056] 具体步骤如下:

[0057] 对于第一重要的业务,每只蚂蚁进行选路。第 k 只蚂蚁在时间 t 其从 i 点转移到 j 点的概率 $p_{ij}^k(t)$ 为:

$$[0058] p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t)\eta_{ij}^\beta(t)\kappa_{ij}^\gamma(t)}{\sum_{u \in N_i^k(t)} \tau_{iu}^\alpha(t)\eta_{iu}^\beta(t)\kappa_{iu}^\gamma(t)}, & \text{if } j \in N_i^k(t) \\ 0, & \text{others} \end{cases} \quad (1)$$

[0059] 其中, $\tau_{ij}(t)$ 为 t 时刻,边 (i, j) 上的信息素的浓度, $\tau_{ij}^\alpha(t)$ 表示 $\tau_{ij}(t)$ 的 α 次幂;

$$[0060] \eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$$

[0061] 其中, $\eta_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上的启发方程, $\eta_{ij}^\beta(t)$ 表示 $\eta_{ij}(t)$ 的 β 次幂, d_{ij} 为边 (i, j) 的长度, $\eta_{ij}(t)$ 和 $\eta_{ij}^\beta(t)$ 只是规定了在时刻 t ;

$$[0062] \quad \kappa_{ij}(t) = \frac{1}{e_{ij}(t)}$$

[0063] 其中, $e_{ij}(t)$ 为 t 时刻、边 (i, j) 上干扰素的浓度, $\kappa_{ij}^\gamma(t)$ 表示 $\kappa_{ij}(t)$ 的 γ 次幂。在第一次迭代中, 干扰素浓度很小, 可以根据需要设定。

[0064] 当某只蚂蚁爬到某节点 i 时, 分别对它前面的路径进行概率计算, 计算公式见公式(1)。继续爬行依照概率进行, 概率大的路径被选中的几率大, 路过的节点不允许再经过。如果蚂蚁无法移动则被杀死, 到达目的点的蚂蚁选路结束。其中, 所谓杀死就是不再理会不能移动的蚂蚁。一条业务的路由是很多只蚂蚁一起做的, 这些蚂蚁都从起始点爬到终点以后, 从起始点往终点找一条信息素最高的路作为这个业务的路径。所以某一只蚂蚁被杀死, 不影响整体选路。

[0065] 当所有活着的蚂蚁到达目的点后, 更新每只蚂蚁所经过的路径上的信息素。更新规则为:

$$[0066] \quad \tau_{ij}(t) = \rho_1 \tau_{ij}(t-1) + \square \tau_{ij}(t)$$

[0067] 其中 ρ_1 为信息素挥发系数, $\tau_{ij}(t)$ 表示在边 (i, j) 上更新后的信息素浓度, $\tau_{ij}(t-1)$ 表示在边 (i, j) 上更新前的信息素浓度, t 表示更新时刻, $\Delta \tau_{ij}(t)$ 为:

[0068]

$$\square \tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{f(x^k(t))}, & \text{if } (i, j) \in x^k(t) \\ 0, & \text{others} \end{cases}$$

[0069] 其中 $f(x^k(t))$ 为第 k 只蚂蚁所寻找的总路径长度, 可以计算得到; Q 为一个正常数, 可以预先设定。

[0070] 当所有活着的蚂蚁释放信息素后, 进行下一次迭代。如果迭代次数已经达到最大迭代次数后, 从源点到目的点信息素最多的路径即为业务路由路径。在这条路径上释放干扰素, 以干扰后路由的业务尽量不再选择这条路径。更新规则为:

$$[0071] \quad e_{ij}(t) = \rho_2 e_{ij}(t-1) + \square e_{ij}(t)$$

[0072] 其中, $e_{ij}(t)$ 表示在边 (i, j) 上更新后的干扰素浓度, $e_{ij}(t-1)$ 表示在边 (i, j) 上更新前的干扰素浓度, t 表示更新时刻, ρ_2 表示最优干扰素挥发系数, $\Delta e_{ij}(t)$ 为:

$$[0073] \quad \square e_{ij}(t) = w$$

[0074] 其中 w 为业务的重要度。

[0075] 通过这种方法找到了第一重要业务的路由路径, 则进行第二重要业务的路由路径, 返回上述求路由路径步骤。直到所有业务都找到了路由路径, 则结束。通过这样的方法则实现将业务路径长度和业务负载均衡程度相统一。

[0076] 实施例二

[0077] 参见图 3 所示, 为本发明确定业务路由路径的方法实施例二的流程示意图, 本实施例对计算路由路径需要的参数先进行优化, 使得结果更准确。包括步骤:

[0078] 步骤 S301: 将各业务按重要度进行优先级排序;

[0079] 步骤 S302 :根据预设网络可用性和预设等级阈值,判断网络等级 ;

[0080] 步骤 S303 :对随机产生的数组群进行优化,确定网络等级对应的最优数组,其中,最优数组包括最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重、最优信息素挥发系数、最优干扰素挥发系数 ;

[0081] 步骤 S304 :按优先级依次选择一个业务,根据最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重和干扰素浓度确定各蚂蚁选择每条边的概率,各蚂蚁根据概率和进行选路,并确定业务的路由路径 ;根据最优干扰素挥发系数和业务的重要度更新业务的路由路径上的干扰素浓度 ;

[0082] 步骤 S305 :判断各业务是否路由完毕,若否,返回步骤 S304。

[0083] 本实施例中,首先对随机产生的数组群进行优化,得到最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重、最优信息素挥发系数、最优干扰素挥发系数。本发明提出的方法可以平衡电力通信网络的低风险与低时延。在本发明中,在原有蚁群算法框架中引入了“干扰素”,成功降低了全网风险的同时,兼顾了使得业务路径尽量短。在使用粒子群优化算法对参数进行优化后,对于不同运行状况的网络,都可以得到每条业务的最佳路由。

[0084] 首先,将各业务按照重要度进行优先级排序。业务的重要度是事先设定好的,比如分成五个等级。按照优先级一次选择一个业务进行路由。

[0085] 通过用户提供的网络运行状况来为网络设定等级。通常使用电力通信网故障月报或年报等。统计网络平均无故障时间 (MTBF) 并计算网络可用性 (A) :

$$[0086] A = \frac{MTBF}{T}$$

[0087] 其中, T 为周期时间,通常采用一个月或者一年的时间。显然,运行状况越好的网络,其网络可用性 A 的值就越大。比如设等级阈值为 95% 和 98%,如果 A 的值小于 95%,则网络判定为“差网络”;如果 A 的值介于 95% 和 98% 之间,则网络判定为“一般网络”;如果 A 的值大于 98%,则网络判定为“好网络”。等级阈值可以根据需要设定,网络等级也可以根据需要设定,不局限设为“差网络”、“一般网络”、“好网络”。

[0088] 接着,对随机产生的数组群进行优化。可以采用粒子群优化法、遗传算法、免疫优化法、爬山法、神经网络算法等优化算法对随机产生的数组群进行优化。在一个具体实施例中,以粒子群优化算法对这五个参数进行优化。采用粒子群优化法对随机产生的数组群进行优化,其中通过公式以下公式确定适应值,

[0089]

$$F(D, L) = \varphi_1 \left(1 - \frac{1}{D+1}\right) + \varphi_2 \left(\frac{L}{L_a}\right)$$

[0090] 其中, F(D, L) 表示适应值, D 表示网络中各边所承载的业务权重和的方差,显然,方差越大,负载均衡的效果就越差, D 的计算方法为 :

$$[0091] D = \frac{\sum_{i=1}^{sum(E)} (\omega_i - \bar{\omega})^2}{sum(E)}$$

[0092] 其中 E 为电力通信网中的边条数。 ω_i 为第 i 条边上承载的业务权重和, $\bar{\omega}$ 为所有

边承载的业务重要度的平均值。

[0093] L 表示平均业务路径长度, L 的计算方法为:

$$[0094] L = \frac{\sum_{j=1}^M L_j}{M}$$

[0095] 其中, M 为业务的数目, L_j 为第 j 条业务的路径长度。

[0096] L_a 表示网络中各边的长度和。 φ_1 表示第一预设的权重因子, φ_2 表示第二预设的权重因子, 可以根据需要设定。 φ_1 和 φ_2 为方差和路径长度的重要程度。其中, 对于“好网络”, φ_1 小于 φ_2 , 说明“好网络”更重视业务路径长度, 更注重服务质量; 对于“差网络”, φ_1 大于 φ_2 , 说明“差网络”更重视方差, 即负载均衡, 也就是更倾向于降低风险。

[0097] 在本步骤中, 每个粒子计算各自适应度, 并找到各自最佳 pBest 和整体最佳 gBest。显然适应度函数的值越小, 整体的风险和业务路径长度就意味着更小, 也就是我们所优化的目标。

[0098] 每个粒子根据各自情况, 更新自己的位置和方向, 更新规则为:

$$[0099] v_m^{t+1} = w \cdot v_m^t + c_1 r_1 (pBest_m^t - x_m^t) + c_2 r_2 (gBest^t - x_m^t)$$

$$[0100] x_m^{t+1} = x_m^t + v_m^{t+1}$$

[0101] 其中, w 为惯性常量, c_1 和 c_2 为正常数, r_1 和 r_2 为 0 到 1 之间的随机数, v_m 为第 m 个粒子的速度方向, x_m 为第 m 个粒子的位置。

[0102] 判断是否达到预设的最大的迭代次数, 如果不是, 则继续迭代, 如果是, 则迭代完成。这里的最大迭代次数也是根据需要设定的。根据网络等级确定参数 gBest, 优化好的参数 gBest 即为最优数组。当然网络等级步骤 S202 和优化步骤 S203 也可以在步骤 S201 之前, 具体根据需要设定。业务具体如何路由在实施例一中已描述, 在此不再赘述。

[0103] 以下以一个具体实施例进行说明。

[0104] 参见图 4 所示, 为一个抽象的电力通信网拓扑图。有 10 个点, 17 条边。假设该网络的可用性分别为 93%、97% 和 99%。当前有 20 个电力通信网业务, 业务细节见表一。

[0105] 表一 业务细节

[0106]

源节点	目标节点	业务重要度
1	7	3
1	9	5
2	10	4
2	6	2
3	8	1
3	4	4
4	1	5
4	10	2
5	8	1
5	1	3
6	9	2
6	4	4
7	2	5
7	3	1
8	3	3
8	5	3
9	6	4
9	7	1
10	5	5
10	2	2

[0107] 由于三个网络可靠性分别为 93%、97% 和 99%，则它们分别被定义为：“差网络”、“一般网络”和“好网络”。则 φ_1 和 φ_2 的取值如表二所示。

[0108] 表二 φ_1 和 φ_2 的取值

[0109]

	φ_1	φ_2
差网络	0.8	0.2
一般网络	0.5	0.5
好网络	0.2	0.8

[0110] 之后对业务通过各自重要度进行排序。粒子群优化算法中的粒子数为 20，最大迭代次数为 30，之后随机生成速度方向和位置，分别运用改进的蚁群算法找到各自 pBest 和全局 gBest。改进蚁群算法中，使用 50 只蚂蚁，每条业务路径路由时，最大迭代次数为 25。更新信息素时，Q 为 100，更新位置和方向时， c_1 为 0.2， c_2 为 0.3。这些数据均可以根据需要设定，随机生成速度方向和位置是对每个粒子最开始的速度方向和位置进行初始化，然后随着迭代次数进行优化。

[0111] 从图 5、图 6、图 7 可以发现，适应度函数最终收敛。好网络收敛到 0.32，一般网络收敛到 0.58，差网络收敛到 0.827。

[0112] 图 8 反映了不同网络状况中， γ 的收敛情况，好网络中， γ 收敛到 0.25，一般网络中， γ 收敛到 0.75，而差网络中， γ 收敛到 1.5。这表明当网络状况越来越差时， γ 也越来越大，也就是干扰素越来越重要，即需要更大的负载均衡。经过粒子群优化算法后，各网络的参数如表三所示。

[0113] 表三 不同网络中的参数

[0114]

	差网络	一般网络	好网络
α	2.5	3	4.5
β	0.2	2	1.7
γ	1.5	0.75	0.25
ρ_1	0.6	0.16	0.4
ρ_2	0.03	0.2	0.4

[0115] 根据这些参数,我们对于不同网络情况中,承载 10-60 条业务。结果如图 9 所示。图 9 反应了不同网络状况,不同业务数量时的方差。由于最短路径算法没有考虑负载均衡,因此它的方差大于使用了改进蚁群算法的方差,即改进的蚁群算法降低了整体风险。对于一个差网络和一个好网络而言,差网络的方差低于好网络,也就说明,对于一个差网络,更注重负载均衡,更注重降低其风险。

[0116] 图 10 反应了一个好网络和一个差网络对于不同业务数量时平均业务路径长度。可以看出,好网络的业务平均路径长度小于差网络,也就说明,对于一个好网络,更注重业务路径长度尽量小,更注重其服务质量。

[0117] 以上具体实施例说明,本发明提出的电力通信网业务路由规划方法可以平衡电力通信网络的低风险与低时延,对于不同网络状况,都能找到最佳业务路由。

[0118] 根据上述确定业务路由路径的方法,本发明还提供一种确定业务路由路径装置。参见图 11,为本发明确定业务路由路径装置实施例的结构示意图,包括:

[0119] 排序模块 111,用于将各业务按重要度进行优先级排序;

[0120] 路由模块 112,用于按优先级依次选择一个业务,根据最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重和干扰素浓度确定各蚂蚁选择每条边的概率,各蚂蚁根据概率进行选路,并确定业务的路由路径;根据最优干扰素挥发系数和业务的重要度更新业务的路由路径上的干扰素浓度,继续按优先级依次选择一个业务,直到各业务路由完毕。

[0121] 本实施例中,通过排序模块 111 将各业务按重要度进行优先级排序,路由模块 112 采用蚁群算法来选择路由路径,同时在蚁群算法中加入干扰素,以干扰后路由的业务尽量不再选择这条路径。对于一个低可靠性的网络,本方案方法可以使得业务尽量负载均衡以降低风险;对于一个高可靠性的网络,本方案方法可以使得业务路径尽量短以提高服务质量,最终实现在降低总风险的同时保证业务路由尽量短,实现将业务路径长度和业务负载均衡程度相统一。

[0122] 最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重、最优信息素挥发系数、最优干扰素挥发系数是通过预先设定的,可以根据需要设定,也可以优化得到。

[0123] 在一个具体实施例中,还包括:优化模块 113,用于根据预设网络可用性和预设等级阈值,判断网络等级;对随机产生的数组群进行优化,确定网络等级对应的最优数组,其中,最优数组包括最优信息素浓度权重、最优路径长度影响权重、最优干扰素浓度权重、最优信息素挥发系数、最优干扰素挥发系数。

[0124] 本实施例提出的装置可以平衡电力通信网络的低风险与低时延。优化模块在使用粒子群优化算法对参数进行优化后,对于不同运行状况的网络,都可以得到每条业务的最佳路由。

[0125] 可以采用粒子群优化法、遗传算法、免疫优化法、爬山法、神经网络算法等优化算

法对随机产生的数组群进行优化。在一个具体实施例中,以粒子群优化算法对这五个参数进行优化。采用粒子群优化法对随机产生的数组群进行优化,其中通过公式以下公式确定适应值,

[0126]

$$F(D, L) = \varphi_1(1 - \frac{1}{D+1}) + \varphi_2(\frac{L}{L_a})$$

[0127] 确定适应值, $F(D, L)$ 表示适应值, D 表示网络中各边所承载的业务权重和的方差, L 表示平均业务路径长度, L_a 表示网络中各边的长度和, φ_1 表示第一预设的权重因子, φ_2 表示第二预设的权重因子。

[0128] 在一个具体实施例中,还可以包括输入模块,主要采集用户提供信息。采集的内容主要包括:网络拓扑信息,业务重要度信息,业务路由起止站点信息,网络运行状况信息。同时,输入模块也可以负责整体流程的数据初始化。还可以根据预设网络可用性和预设等级阈值,判断网络等级。

[0129] 具体优化算法和业务路由等方法上文已描述,在此不再赘述。

[0130] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

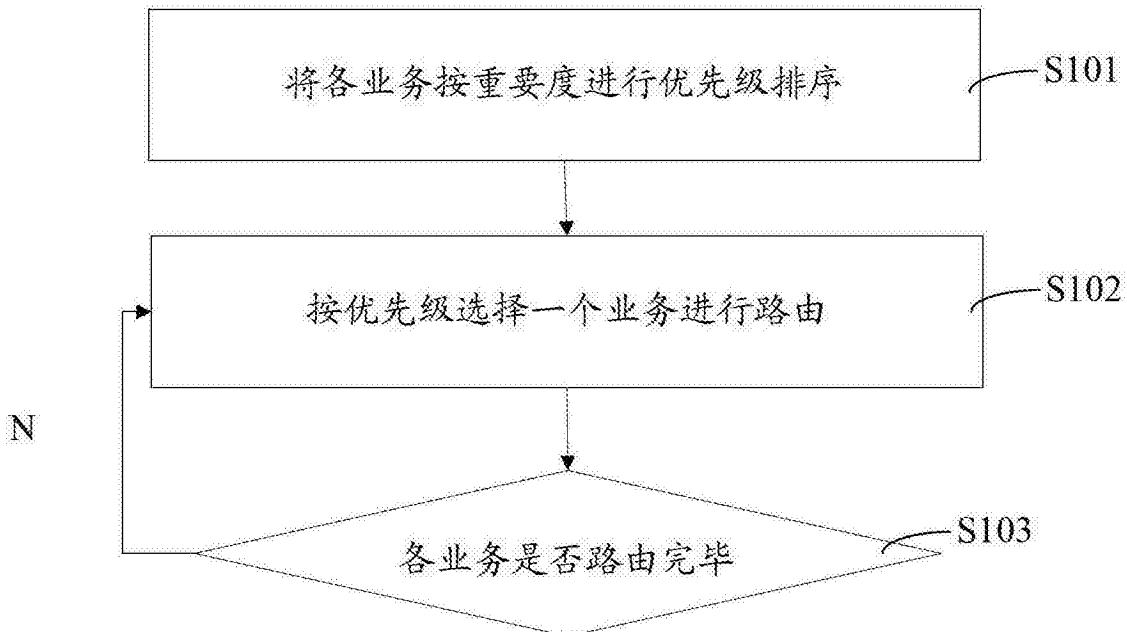


图 1

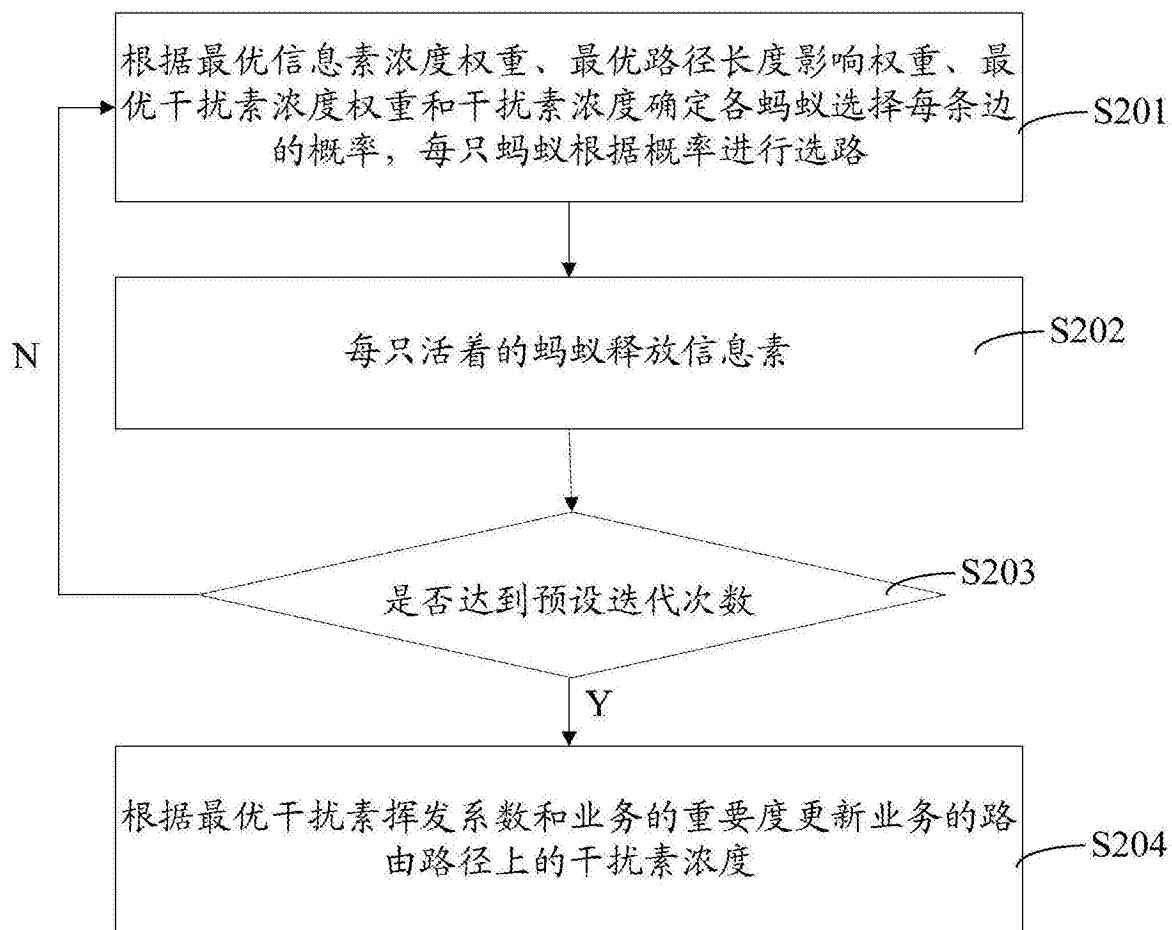


图 2

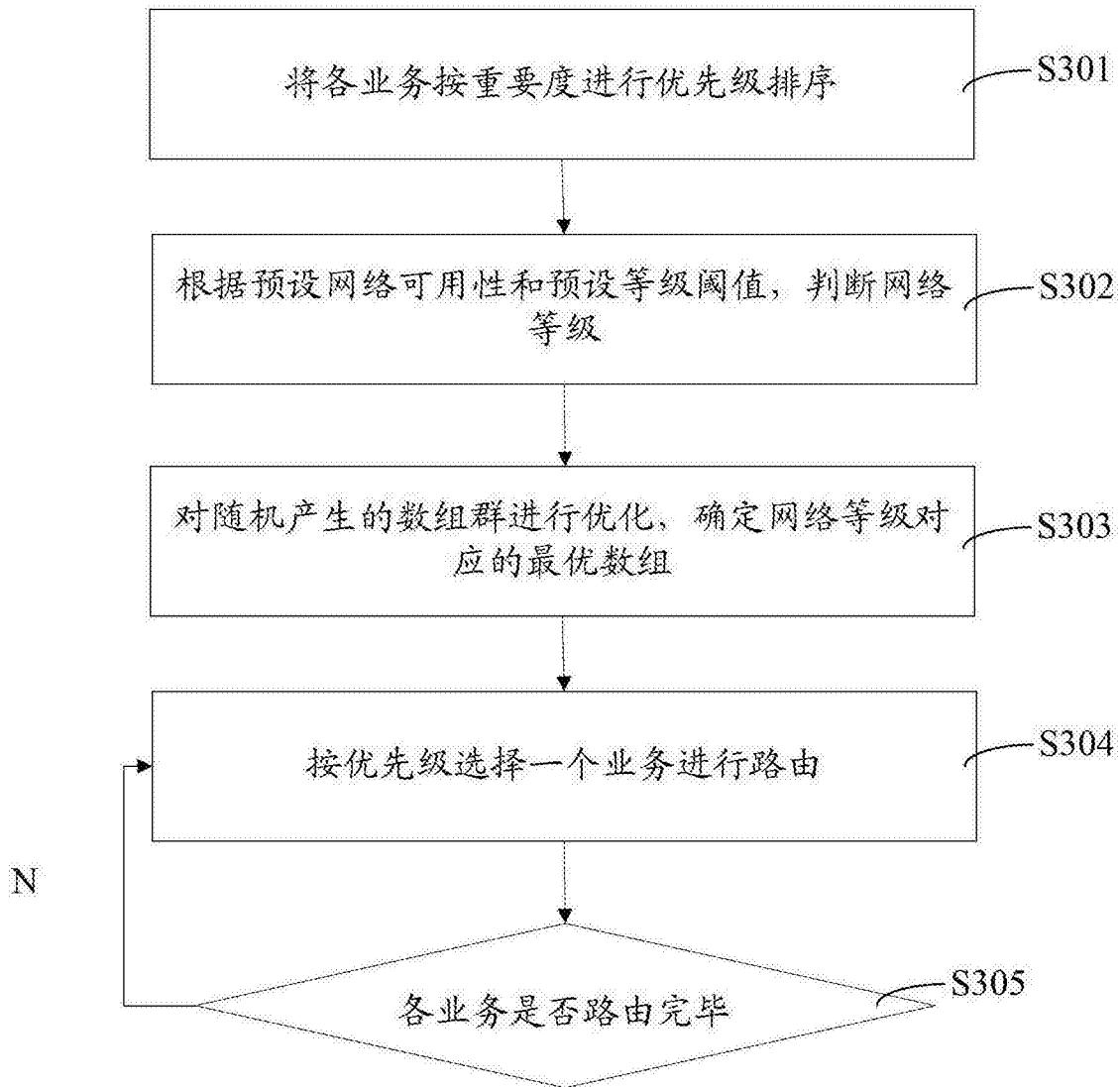


图 3

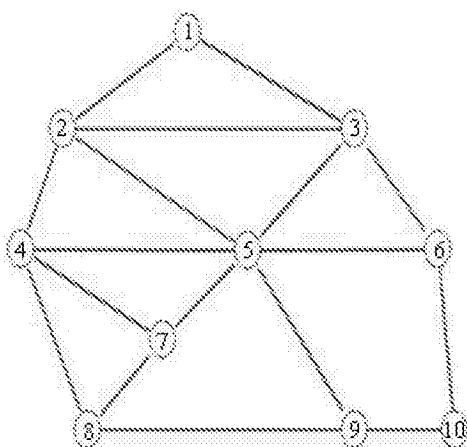


图 4

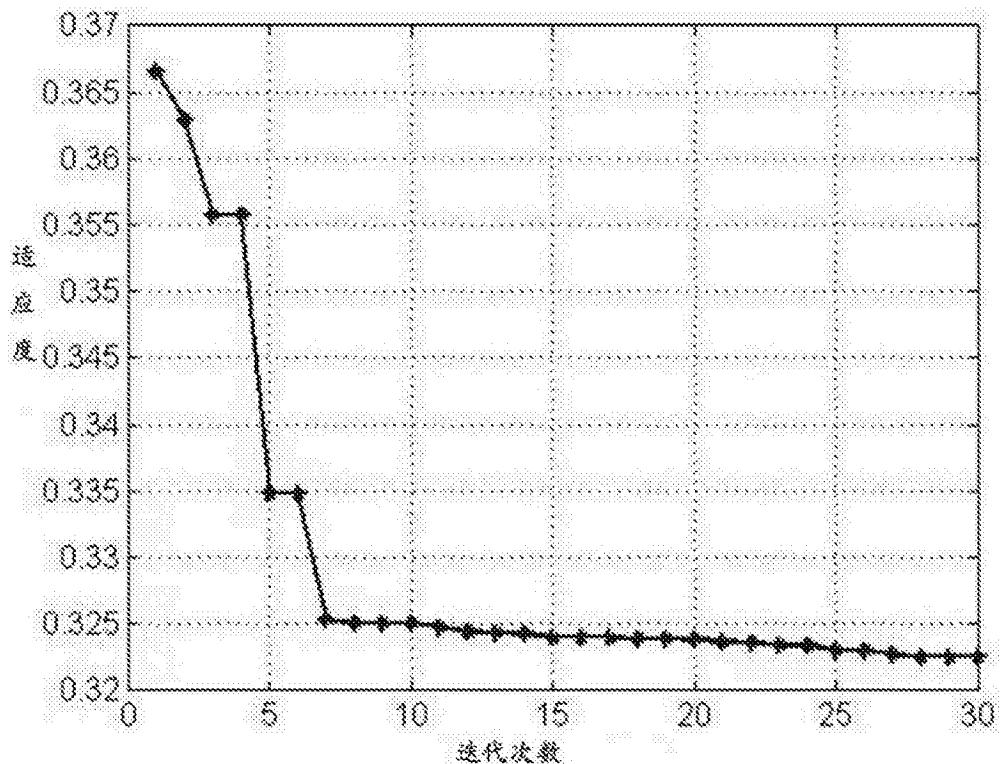


图 5

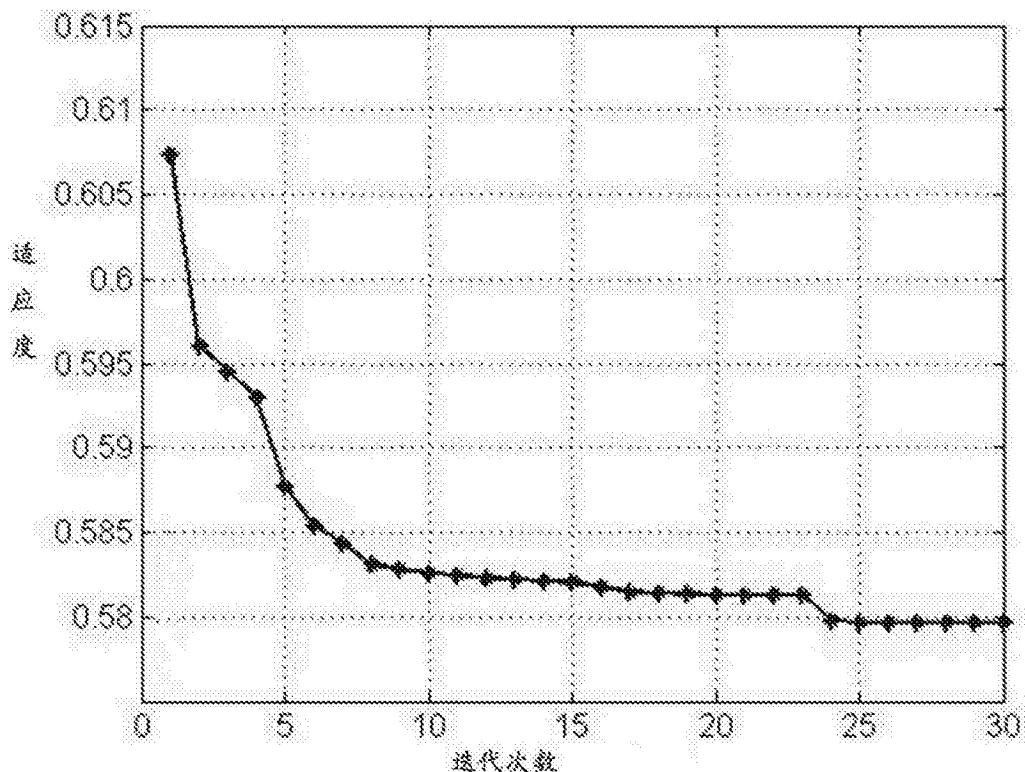


图 6

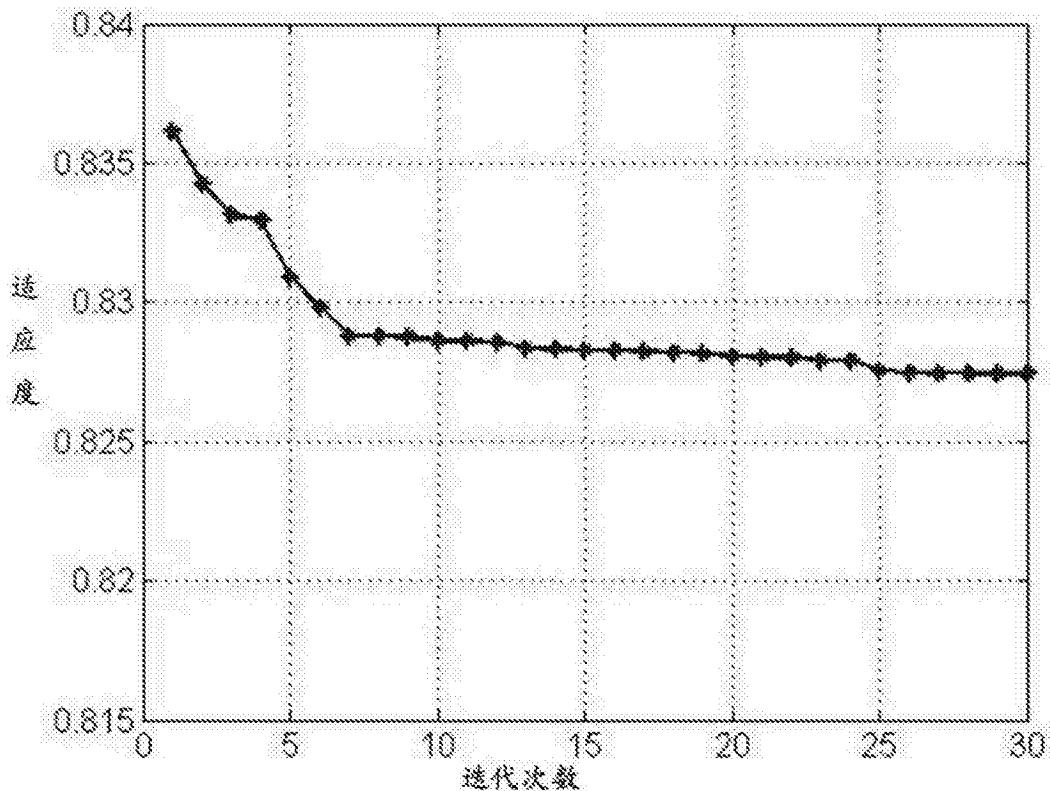


图 7

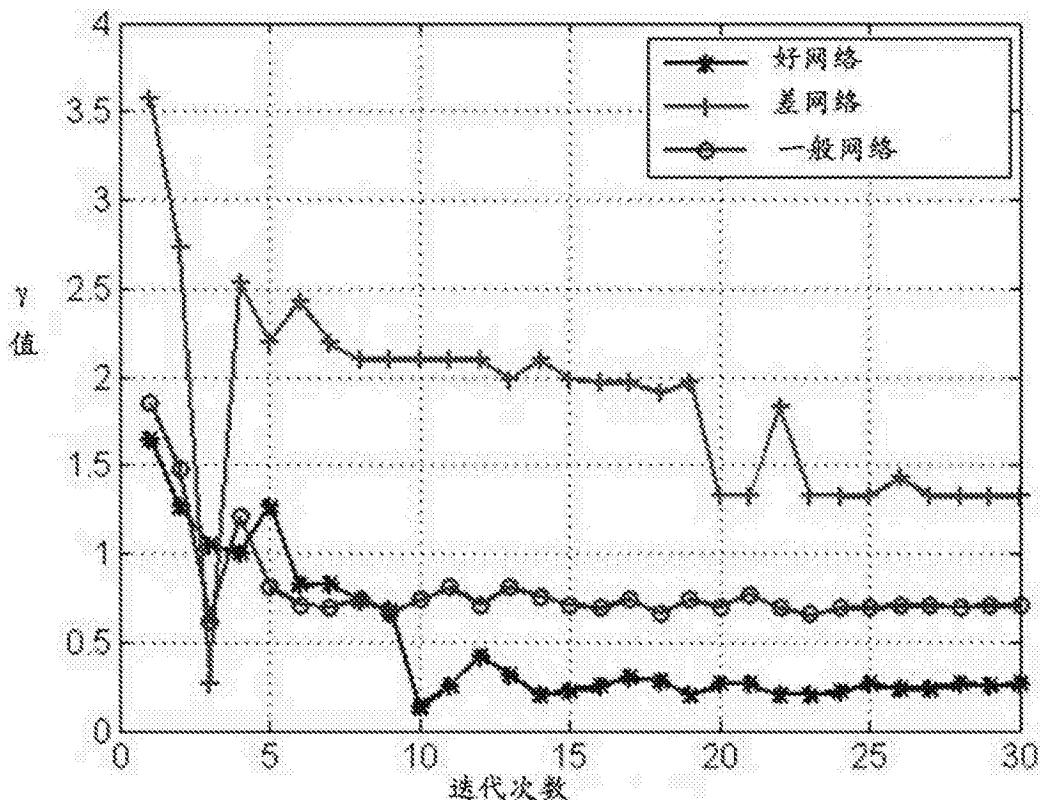


图 8

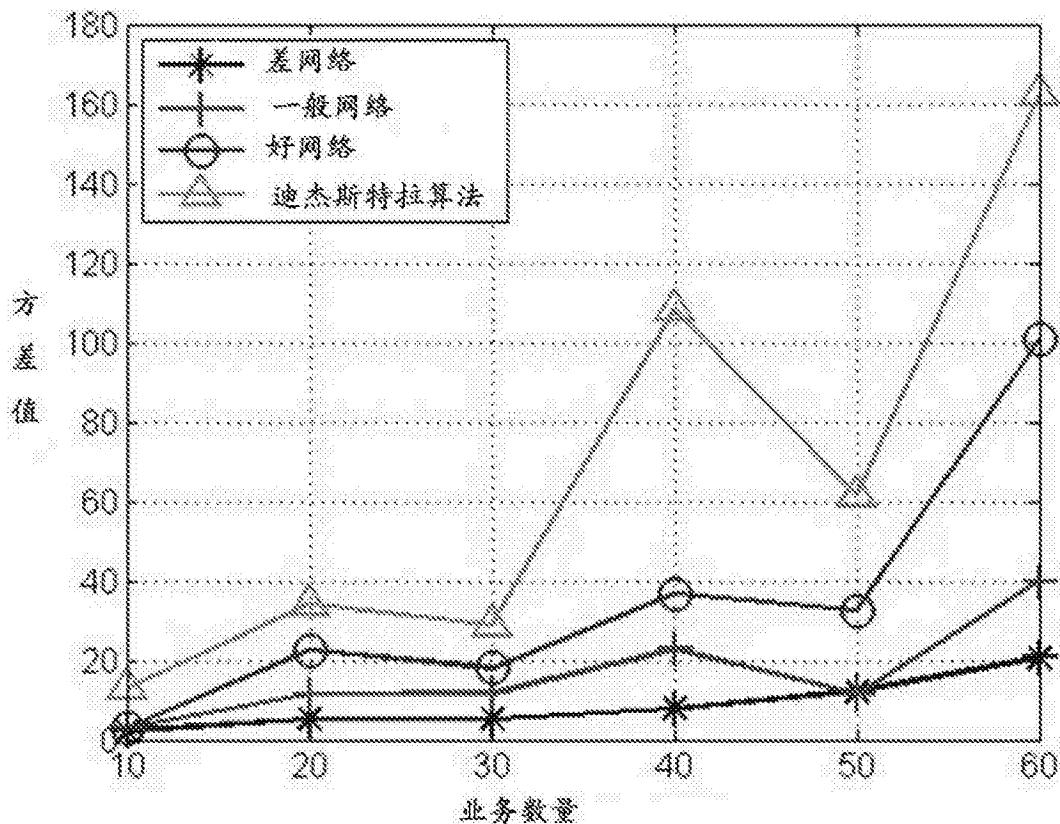


图 9

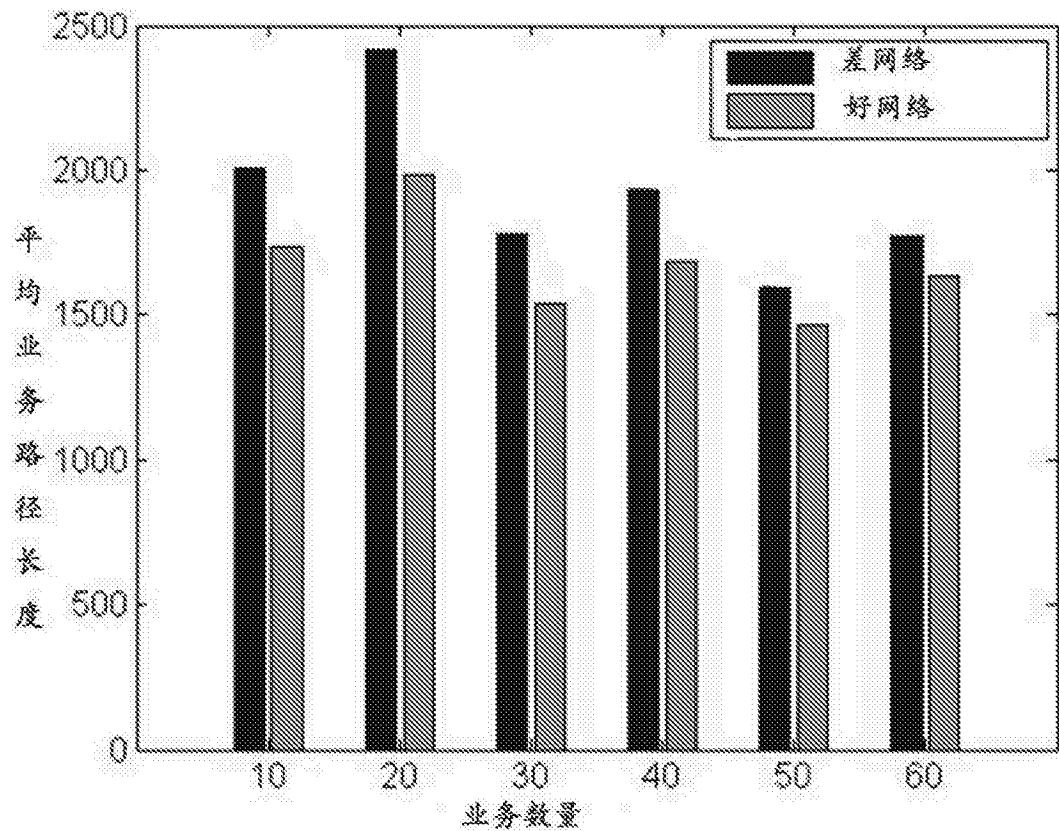


图 10

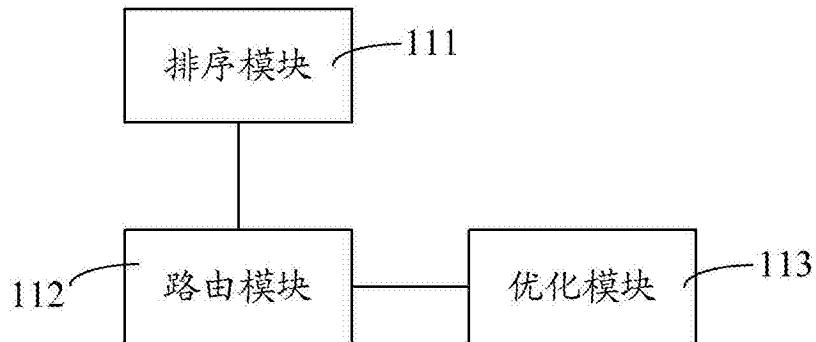


图 11