



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112104558 B

(45) 授权公告日 2021.09.07

(21) 申请号 202011190533.2

(22) 申请日 2020.10.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112104558 A

(43) 申请公布日 2020.12.18

(73) 专利权人 上海交通大学  
地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 化存卿 朱一清 顾鹏文龙  
方岭永 屠鸣 龚俊超 钟定杰

(74) 专利代理机构 上海恒慧知识产权代理事务  
所(特殊普通合伙) 31317

代理人 张宁展

(51) Int. Cl.

H04L 12/751 (2013.01)

H04L 12/753 (2013.01)

H04L 12/729 (2013.01)

H04L 12/727 (2013.01)

H04L 12/721 (2013.01)

H04L 12/761 (2013.01)

H04L 29/08 (2006.01)

H04L 12/26 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102142970 A, 2011.08.03

CN 107249046 A, 2017.10.13

CN 111159289 A, 2020.05.15

CN 105337861 A, 2016.02.17

CN 111314374 A, 2020.06.19

CN 104320349 A, 2015.01.28

CN 104780614 A, 2015.07.15

CN 101299671 A, 2008.11.05

US 2017195218 A1, 2017.07.06

包振山等.基于树形拓扑网络的实用拜占庭容错共识算法.《应用科学学报》.2020, 化存卿.物联网安全检测与防护机制综述.《上海交通大学学报》.2018,

Yifeng Luo et al.Resource allocation and user-centric clustering in ultra-dense networks with wireless backhaul.《2016 8th International Conference on Wireless Communications & Signal Processing (WCSP)》.2016,

审查员 张改红

权利要求书3页 说明书12页 附图7页

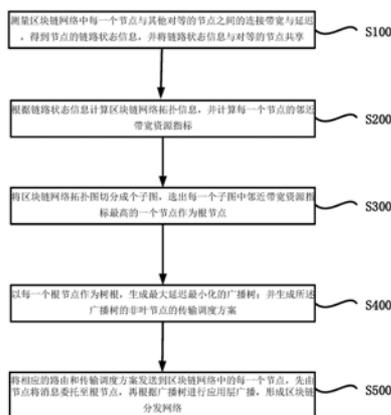
(54) 发明名称

区块链分发网络的实现方法、系统、终端及介质

(57) 摘要

一种区块链分发网络的实现方法、系统,每个节点测量它与其他对等节点间的连接质量,并将得到的链路状态信息与对等节点共享;根据链路状态信息计算网络拓扑信息,并计算每个节点的邻近带宽资源指标;将网络拓扑图切分成k部分,选出每一部分中邻近带宽资源指标最高的节点;以这些节点为根节点,生成广播树和非叶子节点的传输调度方案;将相应的路由和传输调度方法发放到每个节点,当需要在区块链网络中进行广播时,节点先将消息委托至根节点,再根据广播树进行广播。同时提供相应的终端和介质。

本发明通过区块链分发网络的设计和发送规划,降低了区块链网络中广播的时延和消息复杂度开销,为区块链系统提供了高效、可靠、通用的广播协议。



1. 一种区块链分发网络的实现方法,其特征在于,包括:

测量区块链网络中每一个节点a与其他对等的节点i之间的连接带宽与延迟,得到节点a的链路状态信息,并将得到的链路状态信息与对等的节点i共享;

根据链路状态信息计算区块链网络拓扑信息,并计算每一个节点a的邻近带宽资源指标,包括:

计算每一个节点a的邻近带宽资源指标来表征节点a承载网络流量的能力,其中,节点a的邻近带宽资源指标 $W_a$ 为:

$$W_a = \sum_{i \in N(a)} \left( \frac{B_{a,i}}{D_{a,i}} + \alpha W_i \right)$$

其中, $B_{a,i}$ 为节点a与对等的节点i之间的连接带宽, $D_{a,i}$ 为节点a与对等的节点i之间的连接延迟; $W_i$ 为节点i的邻近带宽资源指标, $\alpha$ 是调整自身带宽资源权重与周边带宽资源权重的参数; $N(a)$ 为与节点a建立了连接的对等的节点集合;

将区块链网络拓扑图切分成k个子图,选出每一个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点;

以每一个根节点作为树根,生成最大延迟最小化的广播树;并生成所述广播树的非叶节点的传输调度方案;

将相应的路由和传输调度方案发送到区块链网络中的每一个节点,先由节点将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播,形成区块链分发网络。

2. 根据权利要求1所述的区块链分发网络的实现方法,其特征在于,在所述测量区块链网络中每一个节点a与其他对等的节点i之间的连接带宽与延迟的过程中,对于新加入的节点,首先向种子节点获取至少部分其他对等的节点的地址信息,再与这些对等的节点之间建立连接并测量连接带宽与延迟,构建和更新链路状态信息。

3. 根据权利要求1所述的区块链分发网络的实现方法,其特征在于,所述将区块链网络拓扑图切分成k个子图,选出每一个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点,包括:

首先确定需要切分的子图数k;对于包含n个节点的区块链网络,要求容忍不超过f个节点同时发生拜占庭错误,求出满足下式的最小m:

$$\sum_{k=0}^{\lfloor m/3 \rfloor} \frac{\binom{f}{k} \binom{n-f}{m-k}}{\binom{n}{m}} \rightarrow 1$$

令 $k_s = m$ ;再取参与节点性能限制下能够同时支持的路由信息维护和查找的覆盖网络的个数上限为 $k_p$ ;最后,令 $k = \min(k_p, k_s)$ ;

再通过谱聚类方法将区块链网络拓扑图切分成k个子图;收集对等的节点报告的链路状态,计算区块链网络的邻接矩阵为 $A_{N \times N}$ ,其中存在连接的节点a和节点b之间的距离度量采用 $\frac{B_{a,b}}{D_{a,b}}$ ,否则为正无穷大;计算邻接矩阵的拉普拉斯矩阵:

$$L = D - A$$

其中,D为A的对角矩阵;然后采用K均值聚类算法对L的特征向量进行聚类,并将得到的

N个特征向量的聚类标签作为N个节点的聚类标签；

最后在每一种聚类标签确定的子图中,选择邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点。

4. 根据权利要求1所述的区块链分发网络的实现方法,其特征在于,所述广播树是指:区块链网络中采用应用层转发的方式协同完成节点之间广播的树状结构;

所述传输调度方案是指:区块链网络中每一个节点采用存储-验证-转发的方式向广播树中的子节点依次序发送消息的次序;

对广播树拓扑和传输调度方案进行联合优化,其中优化目标为最小化根节点到子树所有叶节点总延迟中的最大值,即为:

$$\min_S \max_{p \in S} \sum_{j \in p} \left( D_j + k_j \frac{L}{B_j} \right)$$

$$S \in F_1 \times F_2 \times \dots \times F_{n-1}$$

其中,S为广播树中根节点到其他所有节点路径的集合, $F_k$ 是根节点到节点k的可行路径集,S的可行域是除了根节点外所有节点对应的 $F_k$ 的笛卡尔积;p是S中的一条路径;j是路径p中的一跳链路, $D_j$ 为链路j的传播延迟, $k_j$ 为传输调度方案中的发送次序, $B_j$ 为链路j的带宽,L为区块大小;

采用两阶段迭代的启发式方法进行目标优化,初始化时采用最小开销整数网络流方法求解广播树拓扑;第一阶段中,固定广播树拓扑,采用自底向上递推的方法计算最佳传输调度方案;第二阶段中,选取所述广播树中当前延迟最高的叶节点c,搜索是否存在任意节点r,使得叶节点c被移动至任意节点r传输调度的末尾后,能够减少所需要优化的目标函数;如果存在,则移动叶节点c并回到第一阶段;否则算法结束。

5. 根据权利要求1所述的区块链分发网络的实现方法,其特征在于,所述将相应的路由和传输调度方案发送到区块链网络中的每一个节点,先由发送节点将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播,形成区块链分发网络,包括:

每一个节点维护已知的根节点列表,周期性地测量根节点的可用性和延迟;

在应用层产生广播请求时,接到广播请求的节点采用直接委托或间接委托的方式,将信息委托至一个或多个根节点;

根节点在接收到广播请求后,在消息中标注信息类型和根节点ID,然后将广播树中该根节点的所有子节点作为转发对象,并根据传输调度方案依次发送;

除了上述根节点以外的其他所有节点收到上述信息类型的广播时,根据根节点和上一跳节点信息查询路由表,选择转发对象,并根据传输调度方案依次发送。

6. 根据权利要求5所述的区块链分发网络的实现方法,其特征在于,所述直接委托为:直接将信息委托至其中一个或多个根节点;

所述间接委托为:先将信息发送给其他对等的节点进行指定轮随机转发来进行路由混淆,再委托至一个或多个根节点。

7. 根据权利要求1-6中任一项所述的区块链分发网络的实现方法,其特征在于,所述区块链网络,主要由对等的多个参与节点构成,当其中任意一个参与节点作为节点a时,则其他参与节点则作为对等的节点i,节点a与至少部分对等的节点i之间建立有网络连接,所述每一个节点a与其他对等节点i之间的连接带宽与延迟,即为网络连接的带宽与延迟;

所述广播树中,无子节点的节点称为叶节点,否则称为非叶节点。

8.一种区块链分发网络的实现系统,其特征在于,包括:

链路状态获取模块,该模块用于测量区块链网络中每一个节点a与其他对等的节点i之间的连接带宽与延迟,得到节点a的链路状态信息,并将得到的链路状态信息与对等的节点i共享;

邻近带宽资源指标计算模块,该模块用于根据链路状态信息计算区块链网络拓扑信息,并计算每一个节点a的邻近带宽资源指标,包括:

计算每一个节点a的邻近带宽资源指标来表征节点a承载网络流量的能力,其中,节点a的邻近带宽资源指标 $W_a$ 为:

$$W_a = \sum_{i \in N(a)} \left( \frac{B_{a,i}}{D_{a,i}} + \alpha W_i \right)$$

其中, $B_{a,i}$ 为节点a与对等的节点i之间的连接带宽, $D_{a,i}$ 为节点a与对等的节点i之间的连接延迟; $W_i$ 为节点i的邻近带宽资源指标, $\alpha$ 是调整自身带宽资源权重与周边带宽资源权重的参数; $N(a)$ 为与节点a建立了连接的对等的节点集合;

区块链分发网络构建模块,该模块用于将区块链网络拓扑图切分成k个子图,选出每一个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点;以每一个根节点作为树根,生成最大延迟最小化的广播树,并生成所述广播树的非叶子节点的传输调度方案;将相应的路由和传输调度方案发送到区块链网络中的每一个节点,先由节点将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播,形成区块链分发网络。

9.一种终端,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时可用于执行权利要求1-7中任一项所述的方法。

10.一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时可用于执行权利要求1-7中任一项所述的方法。

## 区块链分发网络的实现方法、系统、终端及介质

### 技术领域

[0001] 本发明涉及区块链网络与覆盖网络技术领域,具体地,涉及一种区块链分发网络的实现方法、系统、终端及介质。

### 背景技术

[0002] 区块链技术通过数据结构高效的存储和验证数据,并通过共识算法来保证数据在分布式存储时的安全性、可追溯性和不可抵赖性。近年来区块链技术成为实现分布式信任系统的关键技术,受到了越来越多的研究关注。

[0003] 区块链系统需要有底层网络支持它的成员之间相互通信,交换共识协议消息并同步共享未确认的交易池。所以区块链共识系统的正常工作依赖于网络层的数据传输,网络层的脆弱点会直接影响共识建立的进程,是保障整个区块链系统安全性和可用性不可忽略的一环。另一方面,区块链应用的性能也依赖于高效的网络传输。交易和区块的传输速度和可靠性直接影响了共识流程的进度,决定了整体系统的效率。因此,针对区块链网络的流量特征、传输需求和安全需求,设计高性能的底层网络是区块链技术发展和应用中的关键技术。

[0004] 授权公告号为CN107332826B,授权公告日为2019年12月3日的中国发明专利《区块链代理节点的通信方法及装置》,提出代理节点接收子节点发送的加密后的转账申请;所述代理节点将所述转账申请发送给区块链网络;所述代理节点接收所述区块链网络发送的区块信息,并将所述区块信息中所述子节点的交易记录发送给所述子节点。但是此过程中没有考虑系统的消息复杂度。当系统服务的节点数较多时,将对产生较高的传输开销,从而导致共识协议的确认时延上升。

[0005] 目前没有发现同本发明类似技术的说明或报道,也尚未收集到国内外类似的资料。

### 发明内容

[0006] 本发明针对现有技术中存在的上述不足,提供了一种区块链分发网络的实现方法、系统、终端及介质。

[0007] 根据本发明的一个方面,提供了一种区块链分发网络的实现方法,包括:

[0008] 测量区块链网络中每一个节点a与其他对等的节点i之间的连接带宽与延迟,得到节点a的链路状态信息,并将得到的链路状态信息与对等的节点i共享;

[0009] 根据链路状态信息计算区块链网络拓扑信息,并计算每一个节点a的邻近带宽资源指标;

[0010] 将区块链网络拓扑图切分成k个子图,选出每一个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点;

[0011] 以每一个根节点作为树根,生成最大延迟最小化的广播树;并生成所述广播树的非叶节点的传输调度方案;

[0012] 将相应的路由和传输调度方案发送到区块链网络中的每一个节点,先由节点将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播,形成区块链分发网络。

[0013] 优选地,在所述测量区块链网络中每一个节点a与其他对等的节点i之间的连接带宽与延迟的过程中,对于新加入的节点,首先向种子节点获取至少部分其他对等的节点的地址信息,再与这些对等的节点之间建立连接并测量连接带宽与延迟,构建和更新链路状态信息。

[0014] 优选地,所述根据链路状态信息计算区块链网络的拓扑信息,并计算每一个节点a的邻近带宽资源指标,包括:

[0015] 计算每一个节点a的邻近带宽资源指标来表征节点a承载网络流量的能力,其中,节点a的邻近带宽资源指标 $W_a$ 为:

$$[0016] \quad W_a = \sum_{i \in N(a)} \left( \frac{B_{a,i}}{D_{a,i}} + \alpha W_i \right)$$

[0017] 其中, $B_{a,i}$ 为节点a与对等的节点i之间的连接带宽, $D_{a,i}$ 为节点a与对等的节点i之间的连接延迟; $W_i$ 为节点i的邻近带宽资源指标, $\alpha$ 是调整自身带宽资源权重与周边带宽资源权重的参数; $N(a)$ 为与节点a建立了连接的对等的节点集合。

[0018] 优选地,所述将区块链网络拓扑图切分成k个子图,选出每一个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点,包括:

[0019] 首先确定需要切分的子图数k;对于包含n个节点的区块链网络,要求容忍不超过f个节点同时发生拜占庭错误,求出满足下式的最小m:

$$[0020] \quad \sum_{k=0}^{\lfloor m/3 \rfloor} \frac{\binom{f}{k} \binom{n-f}{m-k}}{\binom{n}{m}} \rightarrow 1$$

[0021] 令 $k_s = m$ ;再取参与节点性能限制下能够同时支持的路由信息维护和查找的覆盖网络的个数上限为 $k_p$ ;最后,令 $k = \min(k_p, k_s)$ ;

[0022] 再通过谱聚类方法将区块链网络拓扑图切分成k个子图;收集对等的节点报告的链路状态,计算区块链网络的邻接矩阵为 $A_{N \times N}$ ,其中存在连接的节点a和节点b之间的距离度量采用 $\frac{B_{a,b}}{D_{a,b}}$ ,否则为正无穷大;计算邻接矩阵的拉普拉斯矩阵:

$$[0023] \quad L = D - A$$

[0024] 其中,D为A的对角矩阵;然后采用K均值聚类算法对L的特征向量进行聚类,并将得到的N个特征向量的聚类标签作为N个节点的聚类标签;

[0025] 最后在每一种聚类标签确定的子图中,选择邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点。

[0026] 优选地,所述广播树是指:区块链网络中采用应用层转发的方式协同完成节点之间广播的树状结构;

[0027] 所述传输调度方法是指:区块链网络中每一个节点采用存储-验证-转发的方式向广播树中的子节点依次序发送消息的次序;

[0028] 对广播树拓扑和传输调度方案进行联合优化,其中优化目标为最小化根节点到该子树所有叶节点总延迟中的最大值,即为:

$$[0029] \quad \min_S \max_{p \in S} \sum_{j \in p} \left( D_j + k_j \frac{L}{B_j} \right)$$

$$[0030] \quad S \in F_1 \times F_2 \times \cdots \times F_{n-1}$$

[0031] 其中,  $S$  为广播树中根节点到其他所有节点路径的集合,  $F_k$  是根节点到节点  $k$  的可行路径集,  $S$  的可行域是除了根节点外所有节点对应的  $F_k$  的笛卡尔积;  $p$  是  $S$  中的一条路径;  $j$  是路径  $p$  中的一跳链路,  $D_j$  为链路  $j$  的传播延迟,  $k_j$  为传输调度方案中的发送次序,  $B_j$  为链路  $j$  的带宽,  $L$  为区块大小;

[0032] 采用两阶段迭代的启发式方法进行目标优化, 初始化时采用最小开销整数网络流方法求解广播树拓扑; 第一阶段中, 固定广播树拓扑, 采用自底向上递推的方法计算最佳传输调度方案; 第二阶段中, 选取所述广播树中当前延迟最高的叶节点  $c$ , 搜索是否存在任意节点  $r$ , 使得叶节点  $c$  被移动至任意节点  $r$  传输调度的末尾后, 能够减少所需要优化的目标函数; 如果存在, 则移动叶节点  $c$  并回到第一阶段; 否则算法结束。

[0033] 优选地, 所述将相应的路由和传输调度方案发送到区块链网络中的每一个节点, 先由发送节点将消息委托至根节点, 再根据广播树进行应用层广播, 形成区块链分发网络, 包括:

[0034] 每一个节点维护已知的根节点列表, 周期性地测量根节点的可用性和延迟;

[0035] 在应用层产生广播请求时, 接到广播请求的节点采用直接委托或间接委托的方式, 将信息委托至一个或多个根节点;

[0036] 根节点在接收到广播请求后, 在消息中标注信息类型和根节点 ID, 然后将广播树中该根节点的所有子节点作为转发对象, 并根据传输调度方案依次发送;

[0037] 除了上述根节点以外的其他所有节点收到上述信息类型的广播时, 根据根节点和上一跳节点信息查询路由表, 选择转发对象, 并根据传输调度方案依次发送。

[0038] 优选地, 所述直接委托为: 直接将信息委托至其中一个或多个根节点;

[0039] 所述间接委托为: 先将信息发送给其他对等的节点进行指定轮随机转发来进行路由混淆, 再委托至一个或多个根节点。

[0040] 优选地, 所述区块链网络, 主要由对等的多个参与节点构成, 当其中任意一个参与节点作为节点  $a$  时, 则其他参与节点则作为对等的节点  $i$ , 节点  $a$  与至少部分对等的节点  $i$  之间建立有网络连接, 所述每一个节点  $a$  与其他对等节点  $i$  之间的连接带宽与延迟, 即为网络连接的带宽与延迟;

[0041] 所述广播树中, 无子节点的节点称为叶节点, 否则称为非叶节点。

[0042] 根据本发明的另一个方面, 提供了一种区块链分发网络的实现系统, 包括:

[0043] 链路状态获取模块, 该模块用于测量区块链网络中每一个节点  $a$  与其他对等的节点  $i$  之间的连接带宽与延迟, 得到节点  $a$  的链路状态信息, 并将得到的链路状态信息与对等的节点  $i$  共享;

[0044] 邻近带宽资源指标计算模块, 该模块用于根据链路状态信息计算区块链网络拓扑信息, 并计算每一个节点  $a$  的邻近带宽资源指标;

[0045] 区块链分发网络构建模块, 该模块用于将区块链网络拓扑图切分成  $k$  个子图, 选出每一个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点  $a$  作为根节点; 以每一个根节点作为树根, 生成最大延迟最小化的广播树, 并生成所述广播树的非叶子节点的传输调度方案; 将相应

的路由和传输调度方案发送到区块链网络中的每一个节点,先由节点将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播,形成区块链分发网络。

[0046] 根据本发明的第三个方面,提供了一种终端,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时可用于执行上述任一项所述的方法。

[0047] 根据本发明的第四个方面,提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时可用于执行上述任一项所述的方法。

[0048] 由于采用了上述技术方案,本发明与现有技术相比,具有如下的有益效果:

[0049] 1、本发明提供的区块链分发网络的实现方法、系统、终端及介质,通过区块链分发网络的设计和发送规划,降低了区块链网络中广播的时延和消息复杂度开销,为区块链系统提供了高效、可靠、通用的广播协议。

[0050] 2、本发明提供的区块链分发网络的实现方法、系统、终端及介质,实现的分发网络有效改善了传统分发过程中延迟不均衡,呈现重尾分布的问题。

[0051] 3、本发明提供的区块链分发网络的实现方法、系统、终端及介质,实现的分发网络在没有明显改变带宽条件好、连通度高的节点的延迟性能的情况下,大大改善了处于网络相对边缘位置的节点的延迟性能,从而优化了广播树的总体时延。

[0052] 4、本发明提供的区块链分发网络的实现方法、系统、终端及介质,能够在节点数量较多的场景下提供低延迟的覆盖网络服务,帮助提高共识协议的性能。

[0053] 实施本发明的任一产品并不一定需要同时达到以上所述的所有优点。

## 附图说明

[0054] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0055] 图1为本发明一实施例中区块链分发网络的实现方法流程图。

[0056] 图2为本发明一优选实施例中区块链分发网络的实现方法流程图。

[0057] 图3为本发明一优选实施例中区块链网络拓扑结构示意图。

[0058] 图4为本发明一优选实施例中覆盖网络生成与应用层广播总体示意图。

[0059] 图5为本发明一优选实施例中广播树与传输调度方案生成算法示意图。

[0060] 图6为本发明一优选实施例中覆盖网络拓扑愈合示意图;其中,(a)为拓扑变化前的效果图,(b)为拓扑变化后动态愈合的效果图。

[0061] 图7为本发明一优选实施例中应用层广播系统容错能力示意图。

[0062] 图8为本发明一优选实施例中覆盖网络延迟-吞吐量性能示意图;其中(a)为传统的最短路径路由的效果图,(b)为本优选实施例的最短路径路由的效果图。

[0063] 图9为本发明一优选实施例中覆盖网络根节点至其他节点延迟分布图。

[0064] 图10为本发明一实施例中区块链分发网络的实现系统组成模块示意图。

## 具体实施方式

[0065] 下面对本发明的实施例作详细说明:本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程。应当指出的是,对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。

[0066] 图1为本发明一实施例所提供的区块链分发网络的实现方法流程图。

[0067] 如图1所示,该实施例提供的区块链分发网络的实现方法,可以包括以下步骤:

[0068] S100,测量区块链网络中每一个节点a与其他对等的节点i (peer nodes) 之间的连接带宽与延迟,得到节点a的链路状态信息,并将得到的链路状态信息与对等的节点i共享;

[0069] S200,根据链路状态信息计算区块链网络拓扑信息(包括网络的连接结构、链路的带宽与时延等),并计算每一个节点a的邻近带宽资源指标;

[0070] S300,将区块链网络拓扑图切分成k个子图,选出每一个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点(root);

[0071] S400,以每一个根节点作为树根,生成最大延迟最小化的广播树;并生成广播树的非叶节点的传输调度方案;

[0072] S500,将相应的路由和传输调度方案发送到区块链网络中的每一个节点(包括节点a和节点i),先由节点将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播,形成区块链分发网络。

[0073] 在该实施例的S100中,优选地,在测量区块链网络中每一个节点a与其他对等的节点i之间的连接带宽与延迟的过程中,对于新加入的节点,首先向种子节点获取至少部分其他对等的节点的地址信息,再与这些对等的节点之间建立连接并测量连接带宽与延迟,构建和更新链路状态信息。

[0074] 在该实施例的S200中,根据链路状态信息计算区块链网络的拓扑信息,并计算每一个节点a的邻近带宽资源指标,可以优选包括:

[0075] 计算每一个节点a的邻近带宽资源指标来表征节点a承载网络流量的能力,其中,节点a的邻近带宽资源指标 $W_a$ 为:

$$[0076] \quad W_a = \sum_{i \in N(a)} \left( \frac{B_{a,i}}{D_{a,i}} + \alpha W_i \right)$$

[0077] 其中, $B_{a,i}$ 为节点a与对等的节点i之间的连接带宽, $D_{a,i}$ 为节点a与对等的节点i之间的连接延迟; $W_i$ 为节点i的邻近带宽资源指标, $\alpha$ 是调整自身带宽资源权重与周边带宽资源权重的参数; $N(a)$ 为与节点a建立了连接的对等的节点集合。

[0078] 在该实施例的S300中,将区块链网络拓扑图切分成k个子图,选出每一个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点,可以优选包括:

[0079] S301,确定需要切分的子图数k;对于包含n个节点的区块链网络,要求容忍不超过f个节点同时发生拜占庭错误,求出满足下式的最小m:

$$[0080] \quad \sum_{k=0}^{\lfloor m/3 \rfloor} \frac{\binom{f}{k} \binom{n-f}{m-k}}{\binom{n}{m}} \rightarrow 1$$

[0081] 令 $k_s = m$ ;再取参与节点性能限制下能够同时支持的路由信息维护和查找的覆盖网络的个数上限为 $k_p$ ;最后,令 $k = \min(k_p, k_s)$ ;

[0082] S302,通过谱聚类(spectral clustering)方法将区块链网络拓扑图切分成k个子

图;收集对等的节点报告的链路状态,计算区块链网络的邻接矩阵(Affinity Matrix)为 $A_{N \times N}$ ,其中存在连接的节点a和节点b之间的距离度量采用 $\frac{B_{a,b}}{D_{a,b}}$ ,否则为正无穷大;计算邻接矩阵的拉普拉斯矩阵(Laplacian Matrix):

[0083]  $L=D-A$

[0084] 其中,D为A的对角矩阵;然后采用K均值聚类算法对L的特征向量(Eigen Vector)进行聚类,并将得到的N个特征向量的聚类标签作为N个节点的聚类标签;

[0085] S303,最后在每一种聚类标签确定的子图中,选择邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点。

[0086] 在该实施例的S400中,广播树优选为:区块链网络中采用应用层转发的方式协同完成节点之间广播的树状结构;

[0087] 传输调度方法优选为:区块链网络中每一个节点采用存储-验证-转发(Store-Validate-Forward)的方式向广播树中的子节点依序发送(sequential)消息的次序;

[0088] 对广播树拓扑和传输调度方案进行联合优化,其中优化目标为最小化根节点到该子树所有叶节点总延迟中的最大值,即为:

[0089] 
$$\min_S \max_{p \in S} \sum_{j \in p} \left( D_j + k_j \frac{L}{B_j} \right)$$

[0090]  $S \in F_1 \times F_2 \times \dots \times F_{n-1}$

[0091] 其中,S为广播树中根节点到其他所有节点(包括叶节点和非叶节点)路径的集合, $F_k$ 是根节点到节点k的可行路径集,S的可行域是除了根节点外所有节点对应的 $F_k$ 的笛卡尔积;p是S中的一条路径;j是路径p中的一跳链路, $D_j$ 为链路j的传播延迟, $k_j$ 为传输调度方案中的发送次序, $B_j$ 为链路j的带宽,L为区块大小;

[0092] 采用两阶段迭代的启发式方法进行目标优化,初始化时采用最小开销整数网络流(Minimum Cost Integer Network-Flow)方法求解广播树拓扑;第一阶段中,固定广播树拓扑,采用自底向上递推的方法计算最佳传输调度方案;第二阶段中,选取广播树中当前延迟最高的叶节点c,搜索是否存在任意节点r(所有节点中的任意节点),使得叶节点c被移动至任意节点r传输调度的末尾后,能够减少所需要优化的目标函数;如果存在,则移动叶节点c并回到第一阶段;否则算法结束。

[0093] 在该实施例的S500中,将相应的路由和传输调度方案发送到区块链网络中的每一个节点,先由发送节点将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播,形成区块链分发网络,优选包括:

[0094] S501,每一个节点维护已知的根节点列表,周期性地测量根节点的可用性和延迟;

[0095] S502,在应用层产生广播请求时,接到广播请求的节点采用直接委托或间接委托的方式,将信息委托至一个或多个根节点;

[0096] S503,根节点在接收到广播请求后,在消息中标注信息类型和根节点ID,然后根据广播树中该根节点的所有子节点作为转发对象,并根据传输调度方案依次发送;

[0097] S504,除了上述根节点以外的其他所有节点(即除了上一个自然段特指的那个根节点之外的其他所有节点)收到上述信息类型的广播时,根据根节点和上一跳节点(可以是根节点,也可能是从根开始的多跳路径中的上一跳节点)信息查询路由表,选择转发对象,

并根据传输调度方案依次发送。

[0098] 在该实施例中,直接委托优选为:直接将信息委托至其中一个或多个根节点。

[0099] 在该实施例中,间接委托优选为:先将信息发送给其他对等的节点进行指定轮随机转发来进行路由混淆,再委托至一个或多个根节点。

[0100] 在该实施例中,区块链网络,主要由对等的多个参与节点构成,当其中任意一个参与节点作为节点a时,则其他参与节点则作为对等的节点i,节点a与至少部分对等的节点i之间建立有网络连接,每一个节点a与其他对等节点i之间的连接带宽与延迟,即为网络连接的带宽与延迟;

[0101] 广播树中,无子节点的节点称为叶节点,否则称为非叶节点。

[0102] 该实施例所提供的区块链分发网络的实现方法,具体是一种区块链分发网络的路由和传输调度方案的生成方法和该分发网络上广播协议的实现方法。区块链网络由对等的(peer-to-peer)参与节点构成,每个节点和部分或者全部其他对等节点之间建立了网络连接。该方法根据对这些网络连接延迟和带宽的测量,生成了覆盖网络的拓扑结构和节点的传输调度方案。

[0103] 图2为本发明一优选实施例提供的区块链分发网络的实现方法。

[0104] 如图2所示,该优选实施例提供的区块链分发网络的实现方法,可以包括如下步骤:

[0105] 步骤1,每个节点测量它与其他对等节点(peer nodes)间的连接的带宽与延迟,并将得到的链路状态信息与对等节点共享;

[0106] 步骤2,根据链路状态信息计算网络拓扑信息,并计算每个节点的邻近带宽资源指标;

[0107] 步骤3,通过谱聚类(spectral clustering)方法将网络拓扑图切分成k个子图,选出每个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点作为根节点(root);

[0108] 步骤4,以每个根节点为树根,生成最大延迟最小化的广播树和非叶子节点的传输调度方案;

[0109] 步骤5,将相应的路由和传输调度发送到每个节点,当需要在区块链网络中进行广播时,节点先将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播。

[0110] 作为一优选实施例,步骤1中,新加入的节点先向种子节点获取部分其他对等节点的地址信息,再与这些对等节点间建立连接并测量带宽与延迟,用来构建和维护链路状态表。

[0111] 作为一优选实施例,步骤2中,节点根据链路状态信息计算网络拓扑信息,并计算每个节点的邻近带宽资源指标,具体步骤如下:

[0112] (2-1) 计算每个节点a的邻近带宽资源指标来表征节点承载网络流量的能力,邻近带宽资源指标的具体定义为:

$$[0113] \quad W_a = \sum_{i \in N(a)} \left( \frac{B_{a,i}}{D_{a,i}} + \alpha W_i \right)$$

[0114] 其中 $B_{a,i}$ 为从a到i的带宽, $D_{a,i}$ 为从a到i的延迟。 $\alpha$ 是调整自身带宽资源权重与周边带宽资源权重的参数。 $N(a)$ 是与a建立了连接的对等节点集合。

[0115] 步骤3中,通过谱聚类(spectral clustering)方法将网络拓扑图切分成k部分,选出每一部分中邻近带宽资源指标最高的节点,具体步骤如下:

[0116] (3-1) 确定需要切分的子图数k。对于包含n个节点的区块链系统,要求可以容忍不超过f个节点同时发生拜占庭错误,求出满足下式的最小m:

$$[0117] \quad \sum_{k=0}^{\lfloor m/3 \rfloor} \frac{\binom{f}{k} \binom{n-f}{m-k}}{\binom{n}{m}} \rightarrow 1$$

[0118] 令 $k_s = m$ 。再取参与节点性能限制下能够同时支持的路由信息维护和查找的覆盖网络的个数上限为 $k_p$ 。最后,令 $k = \min(k_p, k_s)$ 。

[0119] (3-2) 通过谱聚类方法将网络拓扑图切分成k个子图。收集对等节点报告的链路状态,计算区块链网络的邻接矩阵(Affinity Matrix),计算网络的邻接矩阵为 $A_{N \times N}$ ,其中存在连接的节点a和b间的距离度量采用 $\frac{B_{a,b}}{D_{a,b}}$ ,否则为正无穷大。计算邻接矩阵的拉普拉斯矩阵

(Laplacian Matrix)

$$[0120] \quad L = D - A$$

[0121] 其中D为A的对角矩阵。然后采用k-means算法对L的特征向量(Eigen Vector)进行聚类,并得到的N个特征向量的聚类标签作为N个点的聚类标签。

[0122] (3-3) 对于每一个聚类,将其中邻近带宽资源指标最高的一个节点选为根节点。

[0123] 作为一优选实施例,步骤4中,生成最大延迟最小化的广播树和非叶子节点的传输调度方案,具体步骤如下:

[0124] (4-1) 节点采用应用层转发的方式协同完成广播,转发的结构为树状结构,称为广播树;

[0125] (4-2) 每个节点采用存储-验证-转发(Store-Validate-Forward)的方式向广播树中的子节点依次序发送(sequential)消息,发送的次序称为传输调度方案;

[0126] (4-3) 广播树拓扑和传输调度方案采用联合优化得到,目标为最小化根节点到该子树所有叶节点总延迟中的最大值。具体的优化目标为:

$$[0127] \quad \min_S \max_{p \in S} \sum_{j \in p} \left( D_j + k_j \frac{L}{B_j} \right)$$

$$[0128] \quad S \in F_1 \times F_2 \times \cdots \times F_{n-1}$$

[0129] 其中,S为广播树中根节点到其他所有节点路径的集合, $F_k$ 是根节点到节点k的可行路径集,S的可行域是除了根节点外所有节点对应的 $F_k$ 的笛卡尔积;p是S中的一条路径;j是路径p中的一跳链路, $D_j$ 为链路j的传播延迟, $k_j$ 为传输调度方案中的发送次序, $B_j$ 为链路j的带宽,L为区块大小。

[0130] (4-4) 采用两阶段迭代的启发式方法求解(4-3)描述的优化问题。初始化时不考虑发送规划方案,采用最小开销整数网络流(Minimum Cost Integer Network-Flow)方法求解广播树拓扑。阶段1中,固定广播树拓扑,采用自底向上递推的方法计算最佳传输调度方案。阶段2中,选取当前延迟最高的叶节点,搜索是否存在节点,使得该叶节点被移动至新节点传输调度的末尾后,能够减少所需要优化的目标函数。如果存在,则移动节点并回到阶段1;否则算法结束。

[0131] 作为一优选实施例,步骤5中,节点根据广播树和传输调度方案进行广播。具体步骤为:

[0132] (5-1) 每个节点将维护已知的根节点列表,并周期性的测量它们的可用性和延迟。

[0133] (5-2) 在应用层产生广播请求时,节点直接将信息委托至其中一个或多个根节点,或者通过间接委托的方法,先将信息发送给其他对等节点进行指定轮随机转发,来进行路由混淆,最后再委托至一个或多个根节点。

[0134] (5-3) 根节点在收到广播委托后,在消息中标注消息类型和根节点ID,然后根据广播树选择转发对象,并根据传输调度方案依次发送。

[0135] (5-4) 其他节点收到广播类型的消息,根据根节点和上一跳节点信息查询路由表,选择转发对象,并根据传输调度方案依次发送。

[0136] 在本发明部分实施例中:

[0137] 如图3所示的区块链网络,图中1~10分别表示各节点。这些节点通过与部分或者全部其他节点建立连接来构成区块链网络。节点和链路上的可用网络资源可以测量得到。

[0138] 如图4所示,区块链分发网络的实现方法分为5个步骤,实现覆盖网络生成与应用层广播总体示意图。

[0139] 步骤1. 每个节点测量它与其他对等节点(peer nodes)间的连接的带宽与延迟,并将得到的链路状态信息与对等节点共享;

[0140] 新加入的节点先向种子节点获取部分其他对等节点的地址信息,再与这些对等节点间建立连接并测量带宽与延迟,用来构建和维护链路状态表。

[0141] 步骤2. 根据链路状态信息计算网络拓扑信息,并计算每个节点的邻近带宽资源指标,具体步骤如下:

[0142] (2-1) 计算每个节点a的邻近带宽资源指标来表征节点承载网络流量的能力,邻近带宽资源指标的具体定义为:

$$[0143] \quad W_a = \sum_{i \in N(a)} \left( \frac{B_{a,i}}{D_{a,i}} + \alpha W_i \right)$$

[0144] 其中 $B_{a,i}$ 为从a到i的带宽, $D_{a,i}$ 为从a到i的延迟。 $\alpha$ 是调整自身带宽资源权重与周边带宽资源权重的参数。 $N(a)$ 是与a建立了连接的对等节点集合。

[0145] 步骤3. 通过谱聚类(spectral clustering)方法将网络拓扑图切分成k个子图,选出每个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点作为根节点(root),具体步骤如下:

[0146] (3-1) 确定需要切分的子图数k。对于包含n个节点的区块链系统,要求可以容忍不超过f个节点同时发生拜占庭错误,求出满足下式的最小m:

$$[0147] \quad \sum_{k=0}^{\lfloor m/3 \rfloor} \frac{\binom{f}{k} \binom{n-f}{m-k}}{\binom{n}{m}} \rightarrow 1$$

[0148] 令 $k_s = m$ 。再取参与节点性能限制下能够同时支持的路由信息维护和查找的覆盖网络的个数上限为 $k_p$ 。最后,令 $k = \min(k_p, k_s)$ 。

[0149] (3-2) 通过谱聚类方法将网络拓扑图切分成k个子图。收集对等节点报告的链路状态,计算区块链网络的邻接矩阵;计算网络的邻接矩阵为 $A_{N \times N}$ ,其中存在连接的节点a和b间

的距离度量采用  $\frac{B_{a,b}}{D_{a,b}}$ ，否则为正无穷大。计算邻接矩阵的拉普拉斯矩阵 (Laplacian Matrix)

[0150]  $L=D-A$

[0151] 其中D为A的对角矩阵。然后采用k-means算法对L的特征向量 (Eigen Vector) 进行聚类,并得到的N个特征向量的聚类标签作为N个点的聚类标签。

[0152] (3-3) 对于每一个聚类,将其中邻近带宽资源指标最高的一个节点选为根节点。

[0153] 步骤4.以每个根节点为树根,生成最大延迟最小化的广播树和非叶子节点的传输调度方案,具体步骤如下:

[0154] (4-1) 节点采用应用层转发的方式协同完成广播,转发的结构为树状结构,称为广播树;

[0155] (4-2) 每个节点采用存储-验证-转发 (Store-Validate-Forward) 的方式向广播树中的子节点依序发送 (sequential) 消息,发送的次序称为传输调度方案;

[0156] (4-3) 广播树拓扑和传输调度方案采用联合优化得到,目标为最小化根节点到该子树所有叶节点总延迟中的最大值。具体的优化目标为:

[0157] 
$$\min_S \max_{p \in S} \sum_{j \in p} \left( D_j + k_j \frac{L}{B_j} \right)$$

[0158]  $S \in F_1 \times F_2 \times \dots \times F_{n-1}$

[0159] 其中,S为广播树中根节点到其他所有节点路径的集合, $F_k$ 是根节点到节点k的可行路径集,S的可行域是除了根节点外所有节点对应的 $F_k$ 的笛卡尔积;p是S中的一条路径;j是路径p中的一跳链路, $D_j$ 为链路j的传播延迟, $k_j$ 为传输调度方案中的发送次序, $B_j$ 为链路j的带宽,L为区块大小。

[0160] (4-4) 采用两阶段迭代的启发式方法求解(4-3)描述的优化问题。初始化时不考虑发送规划方案,采用最小开销整数网络流方法求解广播树拓扑 (Minimum Cost Integer Network-Flow)。如图5所示算法:

[0161] 阶段1中,固定广播树拓扑,采用自底向上递推的方法计算每个节点延迟意义上的子树重量,按照重子树优先的方法安排发送规划方案。

[0162] 阶段2中,选取当前延迟最高的叶节点,搜索是否存在节点,使得该叶节点被移动至新节点发送规划的末尾后,能够减少所需要优化的目标函数。如果存在,则移动节点并回到阶段1;否则算法结束。

[0163] 步骤5.将相应的广播树路由和传输调度方案发放到每个节点,当需要在区块链网络中进行广播时,节点先将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播。具体步骤为:

[0164] (5-1) 每个节点将维护已知的根节点列表,并周期性的测量它们的可用性和延迟。

[0165] (5-2) 在应用层产生广播请求时,节点直接将信息委托至其中一个或多个根节点,或者通过间接委托的方法,先将信息发送给其他对等节点进行指定轮随机转发,来进行路由混淆,最后再委托至一个或多个根节点。

[0166] (5-3) 根节点在收到广播委托后,在消息中标注消息类型和根节点ID,然后根据广播树选择转发对象,并根据传输调度方案依次发送。

[0167] (5-4) 其他节点收到广播类型的消息,根据根节点和上一跳节点信息查询路由表,选择转发对象,并根据传输调度方案依次发送。

[0168] 为了评估本发明上述实施例所提供的区块链分发网络的实现方法所实现的分发网络的容错能力,本发明采用如下评估方法。

[0169] 对于基于法定人数的共识系统(包括并不限于BFT类算法、Paxos类算法),协议在存在节点异常的情况下仍能保持活性的充分条件是,存在一个法定人数的参与者,他们各自的消息可达节点集合的交集,包含法定人数个节点。记区块链分发网络的中的节点数为 $N$ ,法定人数为 $Q$ ,产生了 $k$ 颗广播树。将广播树 $t$ 中节点 $i$ 的子树重量看作随机变量,记为 $W_{i,t}$ 。从经验数据中统计出 $W_{i,t}$ 的分布,将其CDF记为 $F_w$ 。然后做如下两个近似:

[0170] (1) 认为节点可达集合的补集的交集只包含异常节点,这是对总体错误概率的高估;

[0171] (2) 通过对 $W_{i,t}$ 的PMF做 $k$ -折卷积估计 $W_{i,t}$ 的和的分布。注意到根据上述算法, $k$ 颗树的根节点是通过聚类选择的,所以错误节点同时是两个根节点的邻居的概率可以忽略。

[0172] 于是系统在存在节点异常的情况能继续工作的概率就可以写成:

$$[0173] \quad \text{OutageRate} \approx 1 - F_{\sum_{[fkQ/N]} W_{i,t}}(N - Q + \lfloor \frac{fkQ}{N} \rfloor)$$

[0174] 在增加了如图6中(a)和(b)所示的少量的错误恢复机制之后,区块链分发网络能在存在部分节点错误的情况下保持较高的可用性。如图7所示,即使处于较为恶劣或者敌意的环境中,仍能达到99%的可用率。

[0175] 图8显示了区块链分发网络的吞吐量-延迟性能仿真结果。仿真设置单节点共有10mbps的上行带宽,连通性和链路延迟由Router Waxman模型随机生成,模型参数为 $m=4$ , $\alpha=0.15$ , $\beta=0.2$ 。图8中(a)是传统的最短路径路由的效果,图8中(b)是本优选实施例的效果,由图像对比可知,本优选实施例在相同节点数,相同拓扑结构与相同广播量时,显著的降低了时延。并且在节点数增多时,本优选实施例总时延上升的速度显著地比传统方案缓慢,能够在大规模网络中取得更大的性能优势。

[0176] 从图9中可以看出,通过本发明上述实施例提供的区块链分发网络的实现方法实现的分发网络,有效的改善了传统分发过程中延迟不均衡,呈现重尾分布的问题。在没有明显改变带宽条件好、连通度高的节点(左端)的延迟性能的情况下,大大改善了处于网络相对边缘位置的节点(右端)的延迟性能,从而优化了广播树的总体时延。所以本方案能够在节点数量较多的场景下提供低延迟的覆盖网络服务,帮助提高共识协议的性能。

[0177] 图10为本发明另一实施例提供的区块链分发网络的实现系统组成模块示意图。

[0178] 如图10所示,该实施例提供的区块链分发网络的实现系统,可以包括:链路状态获取模块、邻近带宽资源指标计算模块和区块链分发网络构建模块。

[0179] 其中:

[0180] 链路状态获取模块,该模块用于测量区块链网络中每一个节点 $a$ 与其他对等的节点 $i$ 之间的连接带宽与延迟,得到节点 $a$ 的链路状态信息,并将得到的链路状态信息与对等的节点 $i$ 共享;

[0181] 邻近带宽资源指标计算模块,该模块用于根据链路状态信息计算区块链网络拓扑信息,并计算每一个节点 $a$ 的邻近带宽资源指标;

[0182] 区块链分发网络构建模块,该模块用于将区块链网络拓扑图切分成k个子图,选出每一个子图中邻近带宽资源指标最高的一个节点a作为根节点;以每一个根节点作为树根,生成最大延迟最小化的广播树,并生成广播树的非叶子节点的传输调度方案;将相应的路由和传输调度方案发送到区块链网络中的每一个节点,先由节点将消息委托至根节点,再根据广播树进行应用层广播,形成区块链分发网络。

[0183] 本发明第三个实施例提供了一种终端,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,处理器执行程序时可用于执行本发明上述实施例中任一项的方法。

[0184] 可选地,存储器,用于存储程序;存储器,可以包括易失性存储器(英文:volatile memory),例如随机存取存储器(英文:random-access memory,缩写:RAM),如静态随机存取存储器(英文:static random-access memory,缩写:SRAM),双倍数据率同步动态随机存取存储器(英文:Double Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory,缩写:DDR SDRAM)等;存储器也可以包括非易失性存储器(英文:non-volatile memory),例如快闪存储器(英文:flash memory)。存储器用于存储计算机程序(如实现上述方法的应用程序、功能模块等)、计算机指令等,上述的计算机程序、计算机指令等可以分区存储在一个或多个存储器中。并且上述的计算机程序、计算机指令、数据等可以被处理器调用。

[0185] 上述的计算机程序、计算机指令等可以分区存储在一个或多个存储器中。并且上述的计算机程序、计算机指令、数据等可以被处理器调用。

[0186] 处理器,用于执行存储器存储的计算机程序,以实现上述实施例涉及的方法中的各个步骤。具体可以参见前面方法实施例中的相关描述。

[0187] 处理器和存储器可以是独立结构,也可以是集成在一起的集成结构。当处理器和存储器是独立结构时,存储器、处理器可以通过总线耦合连接。

[0188] 本发明第四个实施例提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时可用于执行本发明上述实施例中任一项的方法。

[0189] 需要说明的是,本发明提供的方法中的步骤,可以利用系统中对应的模块、装置、单元等予以实现,本领域技术人员可以参照方法的技术方案实现系统的组成,即,方法中的实施例可理解为构建系统的优选例,在此不予赘述。

[0190] 本领域技术人员知道,除了以纯计算机可读程序代码方式实现本发明提供的系统及其各个装置以外,完全可以通过将方法步骤进行逻辑编程来使得本发明提供的系统及其各个装置以逻辑门、开关、专用集成电路、可编程逻辑控制器以及嵌入式微控制器等的形式来实现相同功能。所以,本发明提供的系统及其各项装置可以被认为是一种硬件部件,而对其内包括的用于实现各种功能的装置也可以视为硬件部件内的结构;也可以将用于实现各种功能的装置视为既可以是实现方法的软件模块又可以是硬件部件内的结构。

[0191] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。

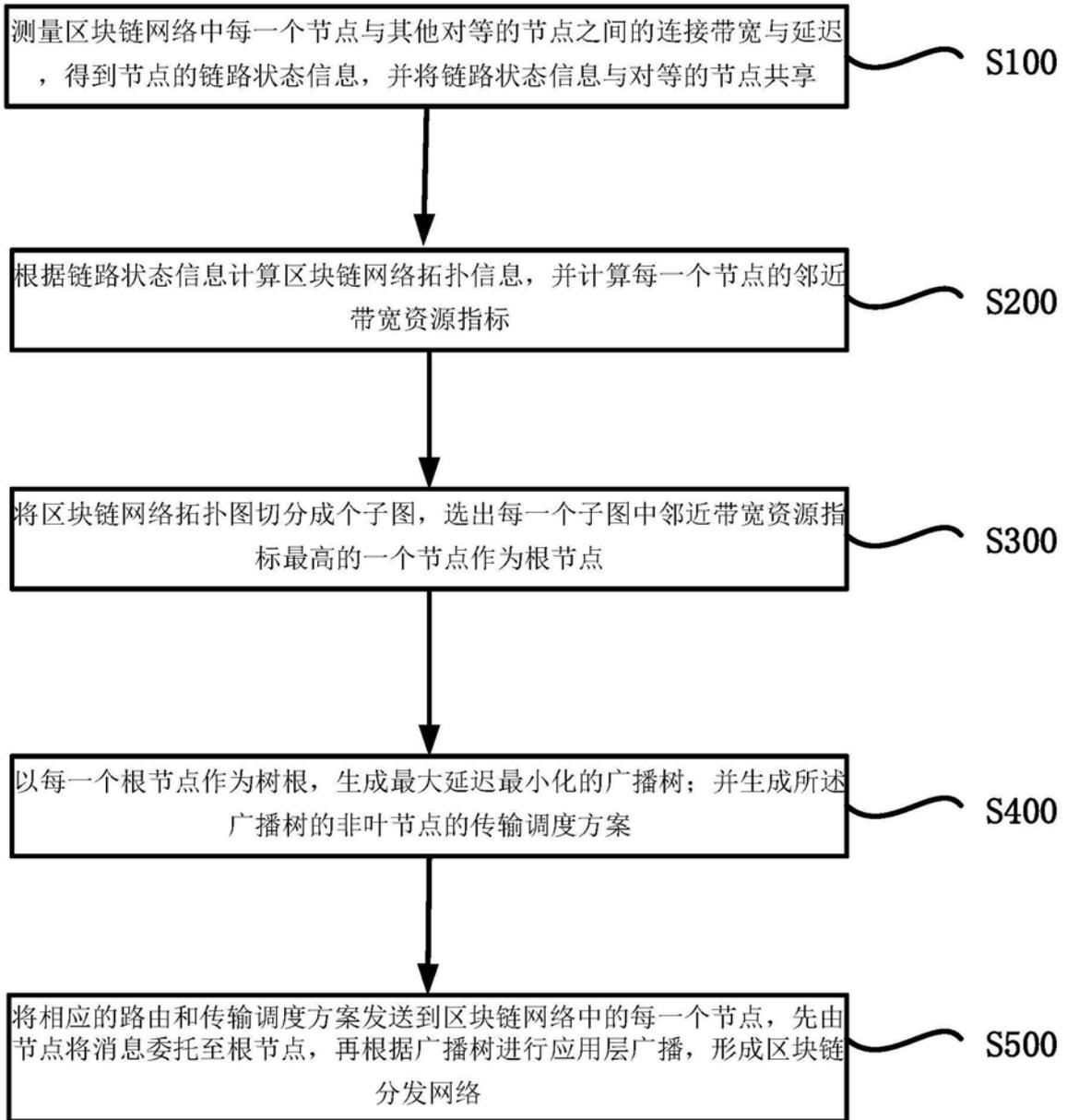


图1

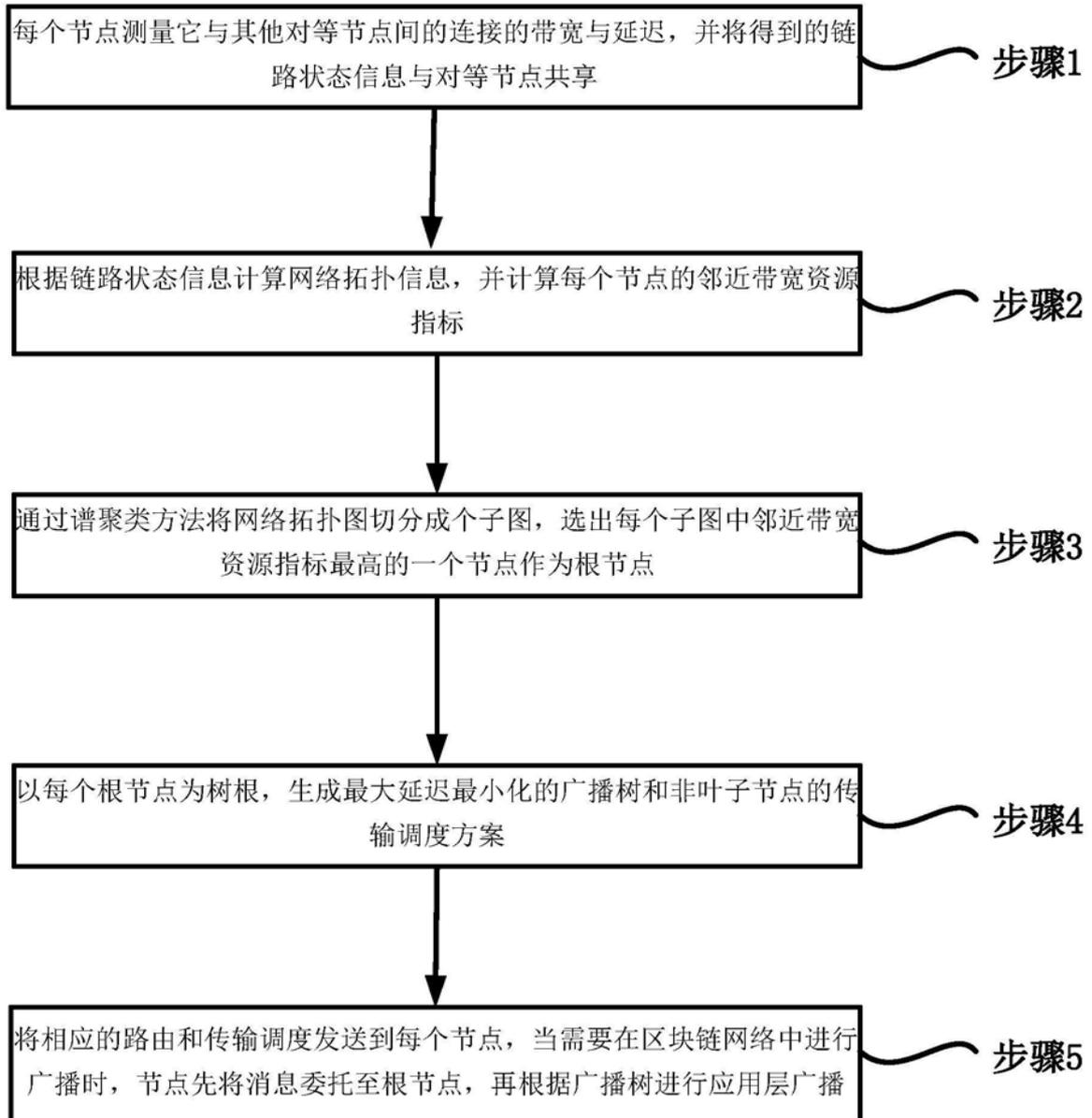


图2

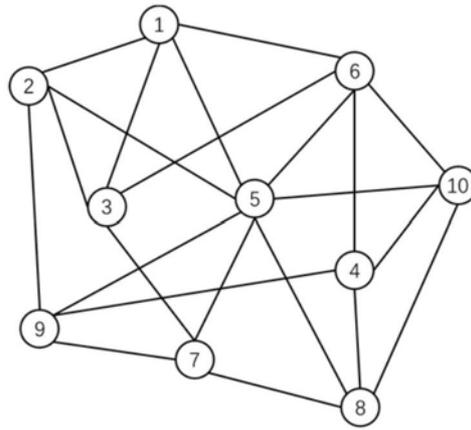


图3

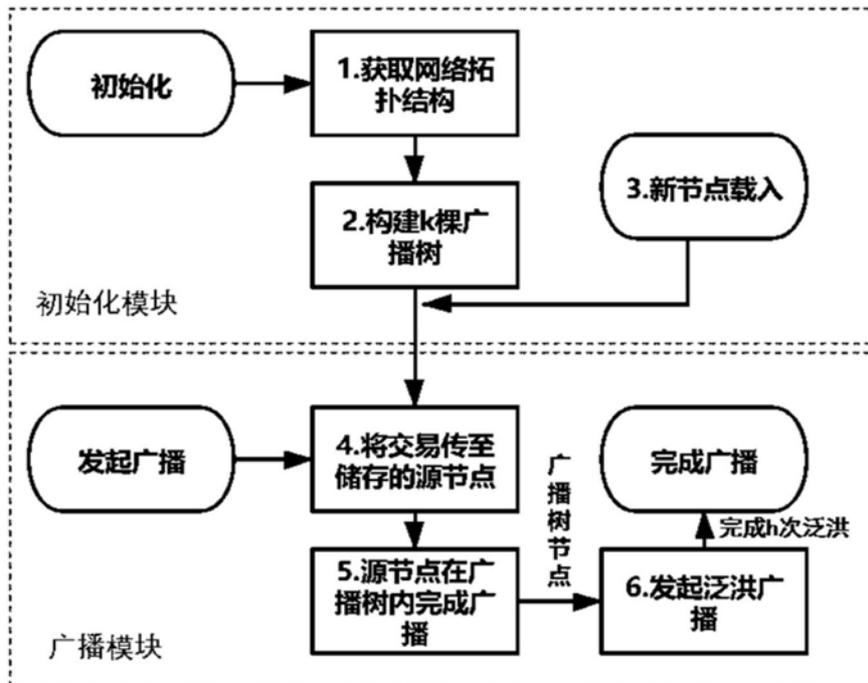


图4

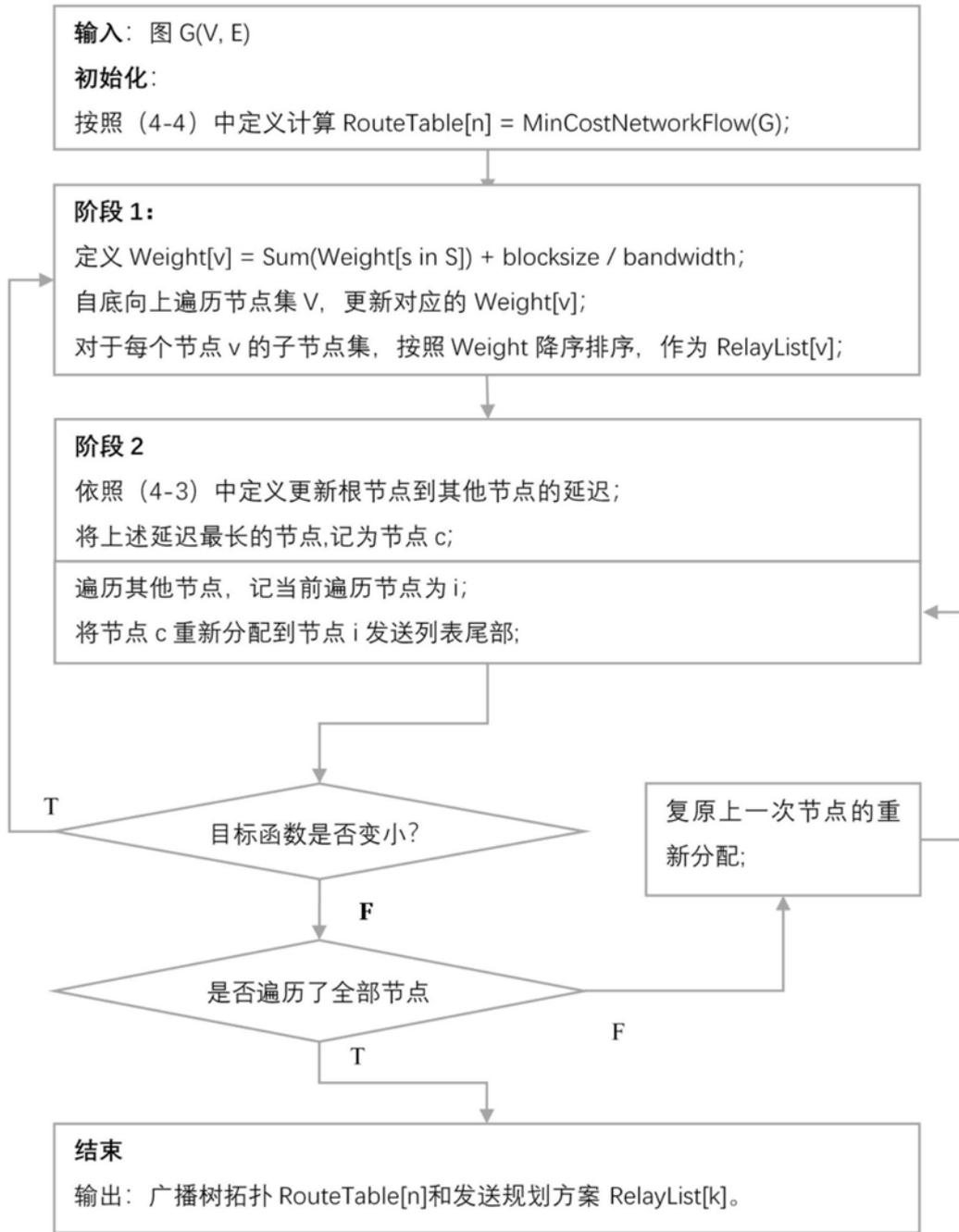


图5

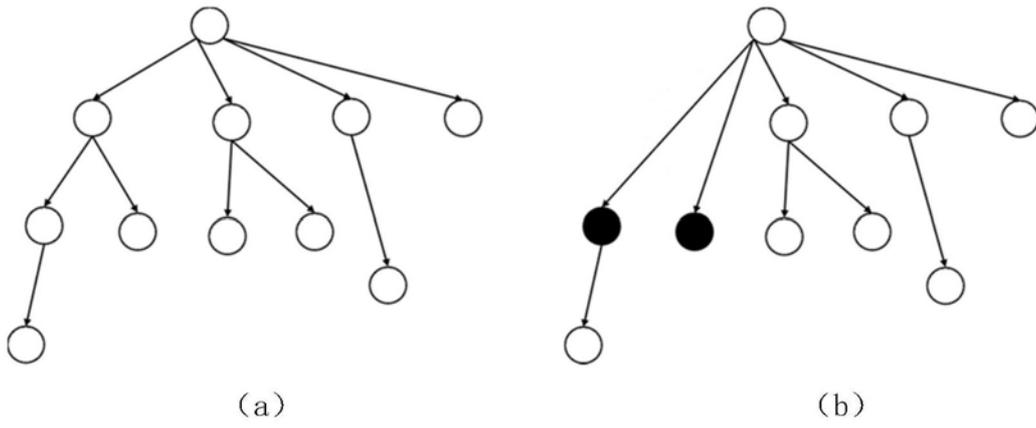


图6

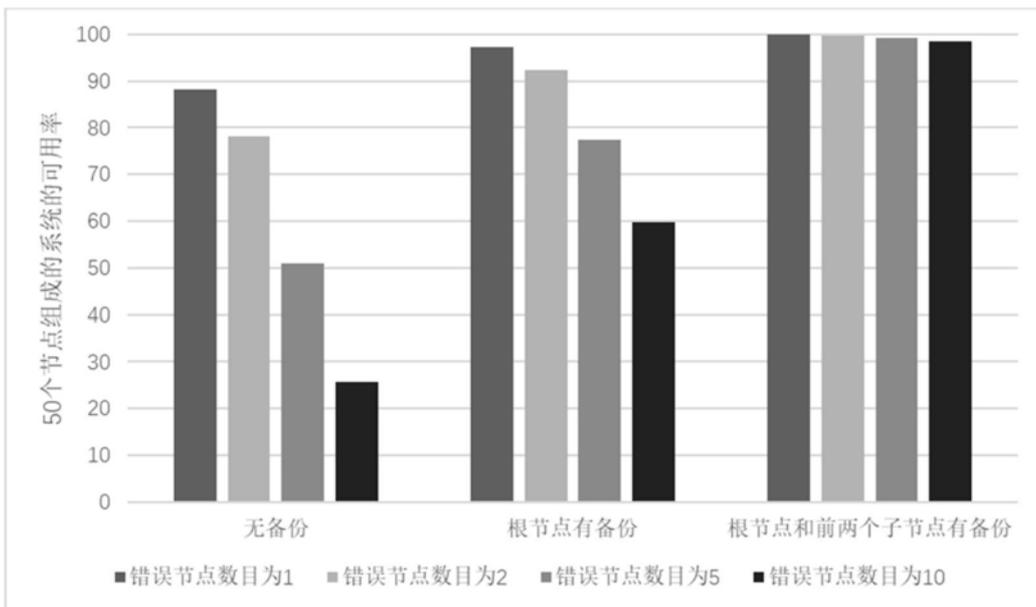


图7

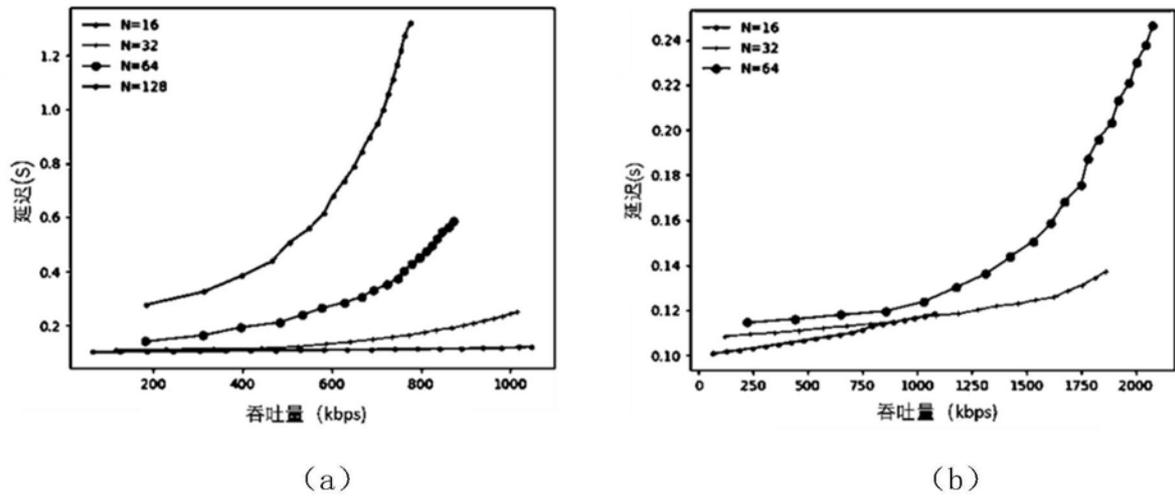


图8

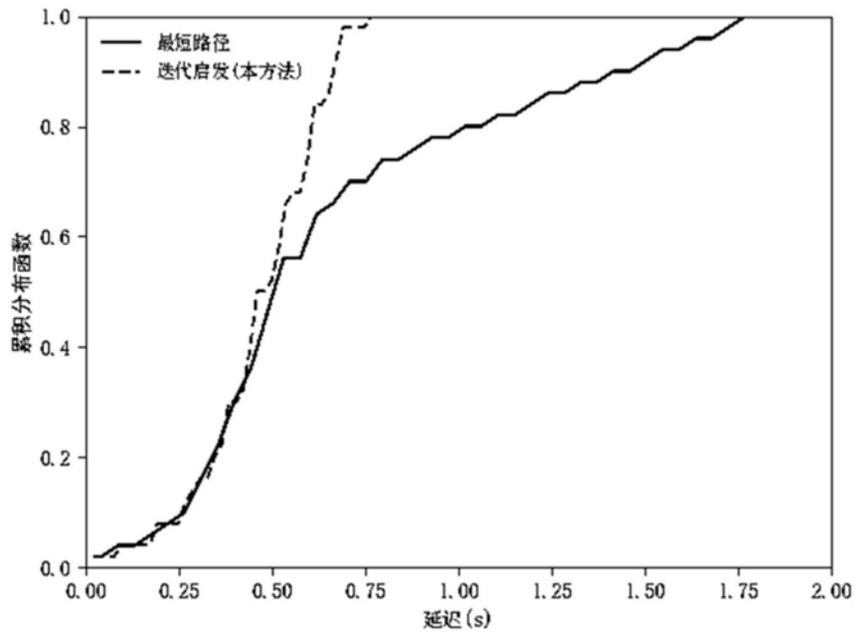


图9

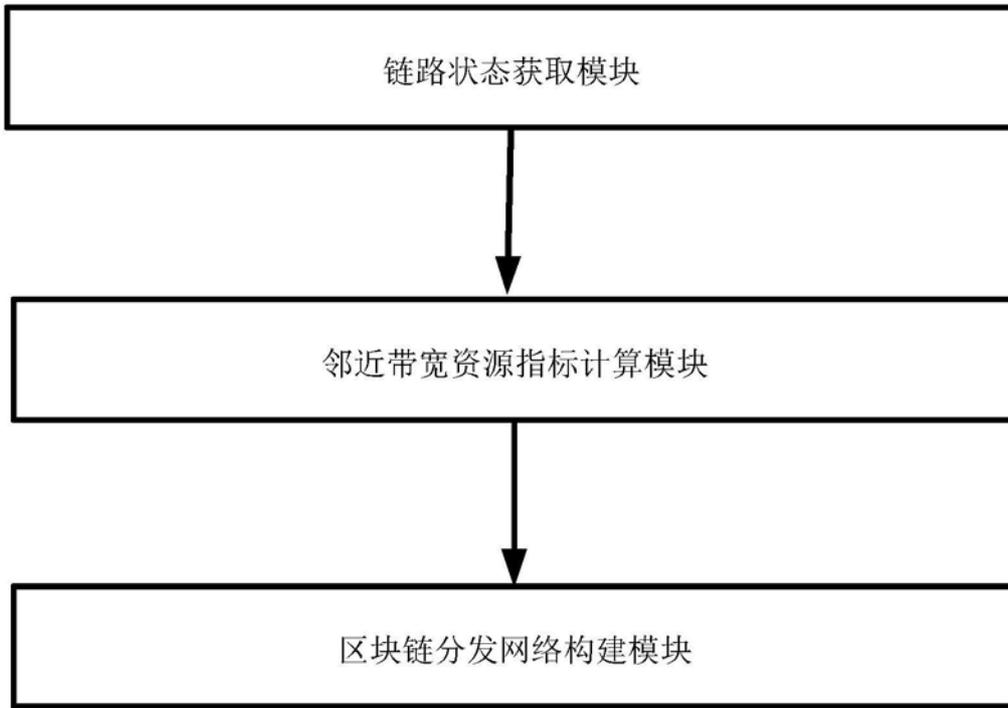


图10