



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105721196 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(21)申请号 201610035108.3

(22)申请日 2016.01.20

(71)申请人 昆明理工大学

地址 650093 云南省昆明市五华区学府路  
253号

(72)发明人 龙华 张强 高杰 邵玉斌

(51)Int. Cl.

H04L 12/24(2006.01)

H04L 12/26(2006.01)

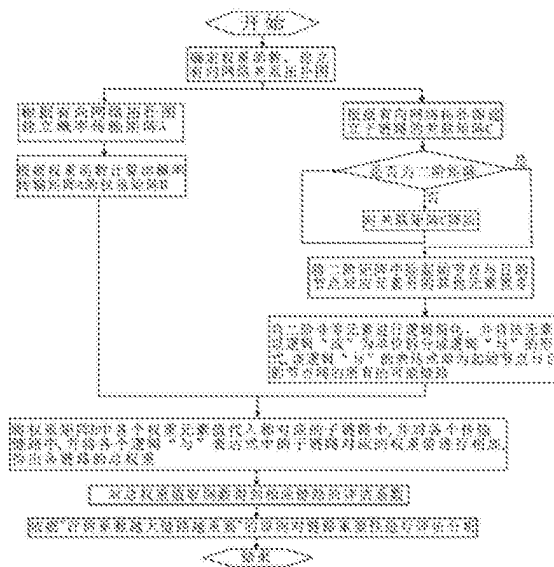
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

## (54)发明名称

一种有向通信网络的链路重要性评价方法

## (57)摘要

本发明涉及一种有向通信网络的链路重要性评价方法,属于通信网络技术领域。本发明首先利用每条直接子链路的传输概率计算出各链路的信息量,并且将其作为链路权重值,然后利用本文提出的链路计算方法,寻找出初始节点与目的节点全部传输路由,将每条链路中的直接子链路分别进行对应的加权后求和得到各链路总权重值,并将总权重值取倒数得到链路的评估系数,根据各链路评估系数的大小对链路重要性进行评价,链路评估系数越大,链路的重要性越高;反之,链路评估系数越小,链路的重要性越低,可为最佳传输链路的选择提供参考。



1. 一种有向通信网络的链路重要性评价方法,其特征在于:首先利用每条子链路的传输概率计算出各链路的信息量,并且将其作为链路权重值,寻找出初始节点与目的节点全部传输路由,将每条链路中的子链路分别进行对应的加权后求和得到各链路总权重值,并将总权重值取倒数得到链路的评估系数,通过每条链路的评估系数对链路进行重要性评价。

2. 根据权利要求1所述的有向通信网络的链路重要性评价方法,其特征在于具体步骤为:

Step 1: 建立网络节点关系模型:

针对一个具有 $m$ 个节点的网络拓扑图,建立一个概率传输方阵 $A$ ,记为 $A=[P(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其中 $P(a_i, a_j)$ 表示节点 $a_i$ 传递信息至 $a_j$ 的概率;

Step 2: 确定权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ :

定义一个 $m$ 阶方阵 $B=[b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其中每个元素 $b(a_i, a_j)$ 表示从节点 $a_i$ 到 $a_j$ 的链路权重 $F[P(a_i, a_j)]$ ,假定节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的传输先验概率为 $P(a_i, a_j)$  ( $0 \leq P(a_i, a_j) \leq 1$ ),节点 $a_j$ 至节点 $a_k$ 的传输先验概率为 $P(a_j, a_k)$  ( $0 \leq P(a_j, a_k) \leq 1$ );

所述权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 的满足以下条件:

(1) 若 $P(a_i, a_j) < P(a_j, a_k)$ ,则: $F[P(a_i, a_j)] > F[P(a_j, a_k)]$ ;

若 $P(a_i, a_j) > P(a_j, a_k)$ ,则: $F[P(a_i, a_j)] < F[P(a_j, a_k)]$ ;

即函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 是先验概率 $P(a_i, a_j)$ 的单调递减函数;

(2) 两个节点间不存在信息传输时其直接子链路权重为无穷大,即在 $P(a_i, a_j) = 0$ 时,则 $F[P(a_i, a_j)] \rightarrow \infty$ ;

(3) 两个节点间传输有且仅有一条可行的传输直接子链路,即以概率1传输信息时,该链路权重为0,即 $P(a_i, a_j) = 1$ 时,故有: $F[P(a_i, a_j)] \rightarrow 0$ ;

(4) 在网络节点拓扑图中,相邻的两条直接子链路之和 $F[P(a_i, a_j)] + F[P(a_j, a_k)]$ 与相邻链路的自变量的联合概率有关,即:

$$F[P(a_i, a_j; a_j, a_k)] = F[P(a_i, a_j)] + F[P(a_j, a_k)];$$

根据以上可总结出,满足上述条件的映射关系的权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 应为:

$$F[P(a_i, a_j)] = \log \frac{1}{p(a_i, a_j)} = -\log P(a_i, a_j) ;$$

所述权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 实际为通信链路的信息量表达式;

Step 3: 根据权重函数,将概率传输方阵转换为网络拓扑图的权重矩阵 $B=[b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ;

Step 4: 构建网络关联矩阵:

针对一个具有 $m$ 个节点的网络拓扑图建立一个关联矩阵 $C=[e(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其代表节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的直接子链路,所述关联矩阵的建立遵循以下规则:

(1) 关联矩阵元素定义为:  $e(a_i, a_j) = \begin{cases} 0; & \text{若节点 } a_i \text{ 与节点 } a_j \text{ 间无直接子链路} \\ e_k; & \text{若节点 } a_i \text{ 与节点 } a_j \text{ 间有直接子链路 } e_k \end{cases}$ ;

(2) 若节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的之间有多条直接子链路,比如存在直接子链路 $e_s, e_k$ ,则对两条子链路进行逻辑“或”运算,即元素定义为:  $e(a_i, a_j) = e_s \oplus e_k$ ;

(3)将 $a_j$ 作为第 $m$ 个节点,即关联矩阵的第 $m$ 列反映了目的节点 $a_j$ 的连接状况;

Step 5:关联矩阵的节点消除变换:

建立关联矩阵中新元素生成模型: $e(a_s, a_l) = e(a_s, a_c) \cdot e(a_c, a_l) \oplus e(a_s, a_l)$ ,以消除起始节点 $a_s$ 与目的节点 $a_l$ 之间的节点 $a_c$ ,消除节点 $a_c$ 表示删除原关联矩阵的第 $c$ 行和第 $c$ 列进行关联矩阵降阶,其中“ $\cdot$ ”表示逻辑“与”运算,“ $\oplus$ ”表示逻辑“或”运算, $e(a_s, a_l)$ 表示消除节点 $a_c$ 后产生的新关联矩阵的元素,经过迭代降阶最终得到只剩起始节点和目的节点的一个二阶矩阵,将二阶矩阵除起始节点与目的节点对应的矩阵元素外的其余元素归零;此时该二阶方阵中只剩下一个非0元素,将这个非0元素进行逻辑运算化简,这个元素即表示起始节点和目的节点的所有连接状况,将所有逻辑“或”拆分,拆分后而形成的所有逻辑“与”表达式即为起始节点与目的节点之间的全部可能传输链路;

Step 6:链路重要性评价分析

对Step 4、Step 5所产生的起始节点与目的节点的全部传输链路,根据网络拓扑图的权重矩阵 $B=[b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,将权重矩阵中对应的权重元素值代入各传输链路的直接子链路中,并对各个传输链路中各个逻辑“与”运算的直接子链路的权重值进行算术相加得出各传输链路的总权重值,通过将总权重值取倒数得到评估系数,将然后根据各链路的评估系数进行路径重要性评价,评估系数越大,传输链路对网络的重要性越高;反之,评估系数越小,传输链路对网络的重要性越低。在进行网络信息传输时可据此来考虑链路的择取使用。

## 一种有向通信网络的链路重要性评价方法

### 技术领域

[0001] 本发明专利涉及一种有向通信网络的链路重要性评价方法,属于通信网络技术领域。

### 背景技术

[0002] 在有向通信网络中,一旦传输链路出现故障,可能会造成通信瘫痪,链路重要性分析的传统研究方法都是从链路删除或者链路收缩后对网络架构的连通性造成的影响大小进行链路重要性研究分析的,很少从链路所传信息量的多少进行链路重要性判断。这样易导致局部性地对链路重要度进行判断而不是从全局的概念进行链路重要性判断,在实际应用中往往易产生判断误差。针对这些问题,提出一种有向通信网络的链路重要性评价方法,把通信链路传输的信息量作为传输链路的权重值综合至网络链路中,对链路重要性进行评估分析,给网络通信中最佳传输路由的选择提供参考。

### 发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是,提供一种有向通信网络的链路重要性评价方法,用以解决上述问题。

[0004] 本发明的技术方案是:一种有向通信网络的链路重要性评价方法,首先利用每条子链路的传输概率计算出各链路的信息量,并且将其作为链路权重值,寻找出初始节点与目的节点全部传输路由,将每条链路中的子链路分别进行对应的加权后求和得到各链路总权重值,并将总权重值取倒数得到链路的评估系数,通过每条链路的评估系数对链路进行重要性评价。

[0005] 具体步骤为:

[0006] Step 1:建立网络节点关系模型:

[0007] 针对一个具有 $m$ 个节点的网络拓扑图建立一个概率传输方阵 $A$ ,记该概率传输方阵为 $A=[P(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其中 $P(a_i, a_j)$ 表示节点 $a_i$ 传递信息至 $a_j$ 的概率。

[0008] Step 2:确定权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ :

[0009] 事件的不确定程度可以用事件出现的概率来描述,信息量是对消息发生的概率的度量,消息中包含的信息量与消息发生的概率密切相关,消息出现的概率越小,则消息中包含的信息量就越大;反之,消息出现的概率越大,则消息中包含的信息量就越小。数学家香农在题为“通讯的数学理论”的论文中指出:“信息是用来消除随机不定性的东西”。由信息的定义可知,在通信过程中,收信者所获取的信息量,在数量上等于通信前后不确定性的消除。定义一个 $m$ 阶方阵 $B=[b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其中每个元素 $b(a_i, a_j)$ 表示从节点 $a_i$ 到 $a_j$ 的链路权重 $F[P(a_i, a_j)]$ ,假定节点 $a_i$ 和节点 $a_j$ ,以及节点 $a_j$ 和节点 $a_k$ 的传输先验概率分别为 $P(a_i, a_j)$ 和 $P(a_j, a_k)$ ,且满足 $0 \leq P(a_i, a_j) \leq 1, 0 \leq P(a_j, a_k) \leq 1$ 。

[0010] 所述权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 的满足以下条件:

[0011] (1)若 $P(a_i, a_j) < P(a_j, a_k)$ ,则: $F[P(a_i, a_j)] > F[P(a_j, a_k)]$ ;

[0012] 反之:若 $P(a_i, a_j) > P(a_j, a_k)$ , 则: $F[P(a_i, a_j)] < F[P(a_j, a_k)]$ ;

[0013] 即函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 是先验概率 $P(a_i, a_j)$ 的单调递减函数;

[0014] (2)两个节点间不存在信息传输时其直接子链路权重为无穷大,即在 $P(a_i, a_j) = 0$ 时,有: $F[P(a_i, a_j)] \rightarrow \infty$ ;

[0015] (3)两个节点间传输有且仅有一条可行的传输直接子链路,即以概率1传输信息时,该链路权重为0,即 $P(a_i, a_j) = 1$ 时,故有: $F[P(a_i, a_j)] \rightarrow 0$ ;

[0016] (4)在网络节点拓扑图中,相邻的两条直接子链路之和 $F[P(a_i, a_j)] + F[P(a_j, a_k)]$ 与相邻直接子链路的自变量的联合概率有关,即:

[0017]  $F[P(a_i, a_j; a_j, a_k)] = F[P(a_i, a_j)] + F[P(a_j, a_k)]$ ;

[0018] 根据以上可总结出,满足上述条件的映射关系的权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 应为:

[0019] 
$$F[P(a_i, a_j)] = \log \frac{1}{p(a_i, a_j)} = -\log P(a_i, a_j)。$$

[0020] 所述权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 实际为通信链路的信息量表达式。

[0021] Step 3:根据权重函数,将概率传输方阵转换为网络拓扑图的权重矩阵 $B = [b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ 。

[0022] Step 4:构建网络关联矩阵:

[0023] 对一个具有 $m$ 个节点的网络拓扑图建立一个关联矩阵,其表示为: $C = [e(a_i, a_j)]_{m \times m}$ 其代表节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的直接子链路,对于方阵的建立,遵循以下规则:

[0024] (1)关联矩阵元素定义为:
$$e(a_i, a_j) = \begin{cases} 0; & \text{若节点 } a_i \text{ 与节点 } a_j \text{ 间无直接子链路} \\ e_k; & \text{若节点 } a_i \text{ 与节点 } a_j \text{ 间有直接子链路 } e_k \end{cases};$$

[0025] (2)若节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的之间有多条直接子链路,比如存在直接子链路 $e_s, e_k$ ,则对两条直接子链路进行逻辑“或”运算,即元素定义为: $e(a_i, a_j) = e_s \oplus e_k$ ;

[0026] (3)将 $a_j$ 作为第 $m$ 个节点,即关联矩阵的第 $m$ 列反映了目的节点 $a_j$ 的连接状况。

[0027] Step 5:关联矩阵的节点消除变换:

[0028] 建立关联矩阵中新元素生成模型: $e(a_s, a_l) = e(a_s, a_c) \cdot e(a_c, a_l) \oplus e(a_s, a_l)$ ,以消除初始节点 $a_s$ 与目的节点 $a_l$ 之间的节点 $a_c$ ,消除节点 $a_c$ 表示删除原关联矩阵的第 $c$ 行和第 $c$ 列进行关联矩阵降阶,其中“ $\cdot$ ”表示逻辑“与”运算,“ $\oplus$ ”表示逻辑“或”运算, $e(a_s, a_l)$ 表示消除节点 $a_c$ 后产生的新关联矩阵的元素,经过迭代降阶最终得到只剩起始节点和目的节点的一个二阶矩阵,将二阶矩阵除起始节点与目的节点对应的矩阵元素外的其余元素归零。此时该二阶方阵中只剩下一个非0元素,将这个非0元素进行逻辑运算化简,这个元素即表示起始节点和目的节点的所有连接状况,将所有逻辑“或”拆分,拆分后而形成的所有逻辑“与”表达式即为起始节点与目的节点之间的全部可能传输链路。

[0029] Step 6:链路重要性评价分析:

[0030] 一条完整的通信网络链路定义为初始节点至目的节点间进行通信时通过的所有直接子链路的有序组合,对于完整的通信网络链路来说,直接子链路信息量越大,表示直接子链路的权重值越大,对应的该完整的链路总权重值也越大,意味着信息通过此链路传输的概率越小,链路相对整个网络架构来说重要性较低;反之,直接子子链路的信息量越小,

表示直接子链路的权重值越小,对应的完整的通信链路的权重也越小,意味着信息通过此链路传输的概率越大,此时链路相对整个网络架构来说重要性更高。因此将链路重要性定义为与每条完整链路的评估系数相关,评估系数为每条完整链路的总权重值,总权重值越大,对应的评估系数越小,表示该完整链路的重要性相对较低;反之,总权重值越小,对应的评估系数越大,表示该完整链路的重要性相对较高。依据链路重要性定义,对Step 4、Step 5所产生的起始节点与目的节点的全部传输链路,根据网络拓扑图的权重矩阵 $B=[b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,将权重矩阵中对应的权重元素值代入各传输链路的直接子链路中,并对各个传输链路中各个逻辑“与”运算的直接子链路的权重值进行算术相加得出各传输链路的总权重值,通过将总权重值取倒数得到评估系数,将然后根据各链路的评估系数进行路径重要性评价,评估系数越大,传输链路对网络的重要性越高;反之,评估系数越小,传输链路对网络的重要性越低。在进行网络信息传输时可据此来考虑链路的择取使用。

[0031] 本发明的有益效果是:

[0032] 1、本发明专利为有向通信链路的重要性判断提供一种新的评价方法,不仅为通信最佳传输链路的选择提供参考,而且对提升互联网用户的网络体验及互联网环境也至关重要。

[0033] 2、本发明专利通过将信息量以加权的的形式综合至链路的重要性评价中,极大地提高了链路重要性评价的准确性。

## 附图说明

[0034] 图1是本发明专利的流程图;

[0035] 图2是本发明专利的实例有向网络拓扑图。

## 具体实施方式

[0036] 实施例1:一种有向通信网络的链路重要性评价方法,首先利用每条直接子链路的传输概率计算出各直接子链路的信息量,并且将其作为链路权重值,寻找出初始节点与目的节点全部传输路由,将每条链路中的直接子链路分别进行对应的加权后求和得到各链路总权重值,并将总权重值取倒数得到链路的评估系数,通过每条链路的评估系数对链路进行重要性评价。

[0037] 具体步骤为:

[0038] Step 1:建立网络节点关系模型:

[0039] 对一个具有 $m$ 个节点的网络拓扑图建立一个概率传输方阵 $A$ ,记该概率传输方阵为 $A=[P(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其中 $P(a_i, a_j)$ 表示节点 $a_i$ 传递信息至 $a_j$ 的概率。

[0040] Step 2:确定权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ :

[0041] 事件的不确定程度可以用事件出现的概率来描述,信息量是对消息发生的概率的度量,消息中包含的信息量与消息发生的概率密切相关,消息出现的概率越小,则消息中包含的信息量就越大;反之,消息出现的概率越大,则消息中包含的信息量就越小。数学家香农在题为“通讯的数学理论”的论文中指出:“信息是用来消除随机不定性的东西”。由信息的定义可知,在通信过程中,受信者所获取的信息量,在数量上等于通信前后不确定性的消除。定义一个 $m$ 阶方阵 $B=[b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其中每个元素 $b(a_i, a_j)$ 表示从节点 $a_i$ 到 $a_j$ 的链路权

重 $F[P(a_i, a_j)]$ , 假定节点 $a_i$ 和节点 $a_j$ , 以及节点 $a_j$ 和节点 $a_k$ 的传输先验概率分别为 $P(a_i, a_j)$ 和 $P(a_j, a_k)$ , 且满足 $0 \leq P(a_i, a_j) \leq 1, 0 \leq P(a_j, a_k) \leq 1$ 。

[0042] 所述权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 的满足以下条件:

[0043] (1)若 $P(a_i, a_j) < P(a_j, a_k)$ , 则: $F[P(a_i, a_j)] > F[P(a_j, a_k)]$ ;

[0044] 反之:若 $P(a_i, a_j) > P(a_j, a_k)$ , 则: $F[P(a_i, a_j)] < F[P(a_j, a_k)]$ ;

[0045] 即函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 是先验概率 $P(a_i, a_j)$ 的单调递减函数;

[0046] (2)两个节点间不存在信息传输时其直接子链路权重为无穷大, 即在 $P(a_i, a_j) = 0$ 时, 有: $F[P(a_i, a_j)] \rightarrow \infty$ ;

[0047] (3)两个节点间传输有且仅有一条可行的传输直接子链路, 即以概率1传输信息时, 该链路权重为0, 即 $P(a_i, a_j) = 1$ 时, 故有: $F[P(a_i, a_j)] \rightarrow 0$ ;

[0048] (4)在网络节点拓扑图中, 相邻的两条链路之和 $F[P(a_i, a_j)] + F[P(a_j, a_k)]$ 与相邻链路的自变量的联合概率有关, 即:

[0049]  $F[P(a_i, a_j; a_j, a_k)] = F[P(a_i, a_j)] + F[P(a_j, a_k)]$ ;

[0050] 根据以上可总结出, 满足上述条件的映射关系的权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 应为:

[0051] 
$$F[P(a_i, a_j)] = \log \frac{1}{p(a_i, a_j)} = -\log P(a_i, a_j)。$$

[0052] Step 3: 根据权重函数, 将概率传输方阵转换为网络拓扑图的权重矩阵 $B = [b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ 。

[0053] Step 4: 构建网络关联矩阵:

[0054] 对一个具有 $m$ 个节点的网络拓扑图建立一个关联矩阵, 其表示为: $C = [e(a_i, a_j)]_{m \times m}$ 其代表节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的直接子链路, 对于方阵的建立, 遵循以下规则:

[0055] (1)关联矩阵元素定义为: $e(a_i, a_j) = \begin{cases} 0; & \text{若节点} a_i \text{与节点} a_j \text{间无直接子链路} \\ e_k; & \text{若节点} a_i \text{与节点} a_j \text{间有直接子链路} e_k \end{cases}$ ;

[0056] (2)若节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的之间有多条直接子链路, 比如存在直接子链路 $e_s, e_k$ , 则对两条子链路进行逻辑“或”运算, 即元素定义为: $e(a_i, a_j) = e_s \oplus e_k$ ;

[0057] (3)将 $a_j$ 作为第 $m$ 个节点, 即关联矩阵的第 $m$ 列反映了目的节点 $a_j$ 的连接状况。

[0058] Step 5: 关联矩阵的节点消除变换:

[0059] 建立关联矩阵中新元素生成模型: $e(a_s, a_l) = e(a_s, a_c) \cdot e(a_c, a_l) \oplus e(a_s, a_l)$ , 以消除初始节点 $a_s$ 与目的节点 $a_l$ 之间的节点 $a_c$ , 消除节点 $a_c$ 表示删除原关联矩阵的第 $c$ 行和第 $c$ 列进行关联矩阵降阶, 其中“ $\cdot$ ”表示逻辑“与”运算, “ $\oplus$ ”表示逻辑“或”运算,  $e(a_s, a_l)$ 表示消除节点 $a_c$ 后产生的新关联矩阵的元素, 经过迭代降阶最终得到只剩起始节点和目的节点的一个二阶矩阵, 将二阶矩阵除起始节点与目的节点对应的矩阵元素外的其余元素归零。此时该二阶方阵中只剩下一个非0元素, 将这个非0元素进行逻辑运算化简, 这个元素即表示起始节点和目的节点的所有连接状况, 将所有逻辑“或”拆分, 拆分后而形成的所有逻辑“与”表达式即为起始节点与目的节点之间的全部可能传输链路。

[0060] Step 6: 链路重要性评价分析:

[0061] 一条完整的通信网络链路定义为初始节点至目的节点间进行通信时通过的所有

子链路的有序组合,对于完整的通信网络链路来说,直接子链路信息量越大,表示直接子链路的权重值越大,对应的该完整的链路总权重值也越大,意味着信息通过此链路传输的概率越小,链路相对整个网络架构来说重要性较低;反之,直接子链路的信息量越小,表示直接子链路的权重值越小,对应的完整的通信链路的权重也越小,意味着信息通过此链路传输的概率越大,此时链路相对整个网络架构来说重要性更高。因此将链路重要性定义为与每条完整链路的评估系数相关,评估系数为每条完整链路的总权重值,总权重值越大,对应的评估系数越小,表示该完整链路的重要性相对较低;反之,总权重值越小,对应的评估系数越大,表示该完整链路的重要性相对较高。依据链路重要性定义,对Step 4、Step 5所产生的起始节点与目的节点的全部传输链路,根据网络拓扑图的权重矩阵 $B=[b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,将权重矩阵中对应的权重元素值代入各传输链路的直接子链路中,并对各个传输链路中各个逻辑“与”运算的直接子链路的权重值进行算术相加得出各传输链路的总权重值,通过将总权重值取倒数得到评估系数,将然后根据各链路的评估系数进行路径重要性评价,评估系数越大,传输链路对网络的重要性越高;反之,评估系数越小,传输链路对网络的重要性越低。在进行网络信息传输时可据此来考虑链路的择取使用。

[0062] 实施例2:一种有向通信网络的链路重要性评价方法,首先利用每条直接子链路的传输概率计算出各链路的信息量,并且将其作为链路权重值,寻找出初始节点与目的节点全部传输路由,将每条链路中的直接子链路分别进行对应的加权后求和得到各链路总权重值,并将总权重值取倒数得到链路的评估系数,通过每条链路的评估系数对链路进行重要性评价。

[0063] 具体步骤如为:

[0064] Step1:通过附图2的有向网络拓扑图,对传输链路重要性的评价计算过程进行分析和验证,这里假设寻找节点 $a_1$ 至节点 $a_5$ 的全部传输链路,并通过计算对传输链路重要性进行分析,图2中 $e_1$ 、 $e_2$ 、 $e_3$ 、 $e_4$ 、 $e_5$ 、 $e_6$ 、 $e_7$ 、 $e_8$ 、 $e_9$ 、 $e_{10}$ 、 $e_{11}$ 定义为通信网络信息传输的直接子链路。对有向网络拓扑图2建立概率传输矩阵A:

$$[0065] \quad A = \begin{matrix} & \begin{matrix} a1 & a2 & a3 & a4 & a5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ a4 \\ a5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0 & 0.6 & 0.22 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0 & 0 & 0.4 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.2 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

[0066] Step2:根据概率传输矩阵计算规则计算出权重矩阵B:

$$[0067] \quad B = \begin{matrix} & \begin{matrix} m1 & m2 & m3 & m4 & m5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} m1 \\ m2 \\ m3 \\ m4 \\ m5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \infty & 0.699 & 1 & \infty & \infty \\ 0.523 & \infty & 0.222 & 0.658 & \infty \\ \infty & 0.523 & \infty & 0.222 & \infty \\ \infty & 1 & \infty & \infty & 0.398 \\ \infty & \infty & 0.301 & 0.699 & \infty \end{bmatrix} \end{matrix}$$

[0068] Step3:对图2构建关联矩阵C,本例中需要消除节点 $a_2$ 、节点 $a_3$ ,以及节点 $a_4$ ,以达到将关联矩阵C降阶的目的:



$$[0069] \quad C = \begin{matrix} & a1 & a2 & a3 & a4 & a5 \\ \begin{matrix} a1 \\ a2 \\ a3 \\ a4 \\ a5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & e_2 & e_3 & 0 & 0 \\ e_1 & 0 & e_4 & e_7 & 0 \\ 0 & e_5 & 0 & e_8 & 0 \\ 0 & e_6 & 0 & 0 & e_{10} \\ 0 & 0 & e_9 & e_{11} & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

[0070] (1)取 $a_k=a_2$ ,消除节点 $a_2$ ,将关联矩阵 $C$ 降为4阶,得到表示节点 $a_1$ 、节点 $a_3$ 、节点 $a_4$ 、节点 $a_5$ 连接状况的新关联矩阵 $C1$ :

$$[0071] \quad C1 = \begin{bmatrix} e_2 \cdot e_1 & e_2 \cdot e_4 \oplus e_3 & e_2 \cdot e_7 & 0 \\ e_5 \cdot e_1 & e_5 \cdot e_4 & e_5 \cdot e_7 \oplus e_8 & 0 \\ e_6 \cdot e_1 & e_6 \cdot e_4 & e_6 \cdot e_7 & e_{10} \\ 0 & e_9 & e_{11} & 0 \end{bmatrix}$$

[0072] (2)取 $a_k=a_3$ ,消除节点 $a_3$ ,将关联矩阵 $C1$ 降为3阶,得到表示节点 $a_1$ 、节点 $a_4$ 、节点 $a_5$ 连接状况的新关联矩阵 $C2$ :

$$[0073] \quad C2 = \begin{bmatrix} e_2 \cdot e_4 \cdot e_5 \cdot e_1 \oplus e_3 \cdot e_5 \cdot e_1 & e_2 \cdot e_4 \cdot e_5 \cdot e_7 \oplus e_2 \cdot e_4 \cdot e_8 \oplus e_3 \cdot e_5 \cdot e_7 \oplus e_3 \cdot e_8 & 0 \\ e_6 \cdot e_4 \cdot e_5 \cdot e_1 & e_6 \cdot e_4 \cdot e_5 \cdot e_7 \oplus e_6 \cdot e_4 \cdot e_8 & e_{10} \\ e_9 \cdot e_5 \cdot e_1 & e_9 \cdot e_5 \cdot e_7 \oplus e_9 \cdot e_8 \oplus e_{11} & 0 \end{bmatrix} \quad (3) \text{取 } a_k$$

$=a_4$ ,消除节点 $a_4$ ,将关联矩阵 $C2$ 降为2阶,将二阶矩阵除起始节点与目的节点对应的矩阵元素外的其余元素归零,并将剩余的一个非零元素进行逻辑简化,得到表示节点 $a_1$ 、节点 $a_5$ 连接状况的新关联矩阵 $C3$ :

$$[0074] \quad C3 = \begin{bmatrix} 0 & e_2 \cdot e_4 \cdot e_5 \cdot e_7 \cdot e_{10} \oplus e_2 \cdot e_4 \cdot e_8 \cdot e_{10} \oplus e_3 \cdot e_5 \cdot e_7 \cdot e_{10} \oplus e_3 \cdot e_8 \cdot e_{10} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

[0075] 从关联矩阵 $C3$ 中可以得出节点 $a_1$ 至节点 $a_5$ 的由直接子链路连接而成的全部传输链路,即关联矩阵 $C3$ 中用“逻辑或”连接的4个“逻辑与”表达式:

$$[0076] \quad L1 = e_2 \cdot e_4 \cdot e_5 \cdot e_7 \cdot e_{10}$$

$$[0077] \quad L2 = e_2 \cdot e_4 \cdot e_8 \cdot e_{10}$$

$$[0078] \quad L3 = e_3 \cdot e_5 \cdot e_7 \cdot e_{10}$$

$$[0079] \quad L4 = e_3 \cdot e_8 \cdot e_{10}$$

[0080] 通过列表法和图解法都可以得到和上述相同结果的传输链路,将权重矩阵中对应的权重元素值代入各传输链路的直接子链路中,并对各个传输链路中各个逻辑“与”运算的直接子链路的权重值进行算术相加得出各传输链路的总权重值:

$$[0081] \quad M(L1) = B_{(1,2)} + B_{(2,3)} + B_{(3,2)} + B_{(2,4)} + B_{(4,5)} = 0.699 + 0.222 + 0.523 + 0.658 + 0.398 = 2.5$$

$$[0082] \quad M(L2) = B_{(1,2)} + B_{(2,3)} + B_{(3,4)} + B_{(4,5)} = 0.699 + 0.222 + 0.222 + 0.398 = 1.541$$

$$[0083] \quad M(L3) = B_{(1,3)} + B_{(3,2)} + B_{(2,4)} + B_{(4,5)} = 1 + 0.523 + 0.658 + 0.398 = 2.579$$

$$[0084] \quad M(L4) = B_{(1,3)} + B_{(3,4)} + B_{(4,5)} = 1 + 0.222 + 0.398 = 1.62$$

[0085] 对总权重值去倒数得到相应完整链路的评估系数:

$$[0086] \quad S[M(L1)] = \frac{1}{M(L1)} = \frac{1}{2.5} = 0.4$$

$$[0087] \quad S[M(L2)] = \frac{1}{M(L2)} = \frac{1}{1.541} = 0.649$$

$$[0088] \quad S[M(L3)] = \frac{1}{M(L3)} = \frac{1}{2.579} = 0.388$$

$$[0089] \quad S[M(L4)] = \frac{1}{M(L4)} = \frac{1}{1.62} = 0.617$$

[0090] Step4:链路重要性分析:定义每条链路直接子链路的权重值和为每条链路总权重值 $M(L)$ , $L$ 代表链路,对于链路 $L1$ 而言:节点 $a_1$ 与节点 $a_5$ 通过依次通过直接子链路 $e_2$ 、直接子链路 $e_4$ 、直接子链路 $e_5$ 、直接子链路 $e_7$ 、直接子链路 $e_{10}$ 进行信息传输,其对应的总权重值 $M(L1)=2.5$ ,其对应的评估系数 $S[M(L1)]=0.4$ ;在链路 $L2$ 中,节点 $a_1$ 与节点 $a_5$ 通过依次通过直接子链路 $e_2$ 、直接子链路 $e_4$ 、直接子链路 $e_8$ 、直接子链路 $e_{10}$ 进行信息传输,其对应的总权重值 $M(L2)=1.541$ ,对应的评估系数为 $S[M(L2)]=0.649$ ;在链路 $L3$ 中,节点 $a_1$ 与节点 $a_5$ 通过依次通过直接子链路 $e_3$ 、直接子链路 $e_5$ 、直接子链路 $e_7$ 、直接子链路 $e_{10}$ 进行信息传输,其对应的总权重值 $M(L3)=2.579$ ,对应的评估系数 $S[M(L3)]=0.388$ ;在链路 $L4$ 中,节点 $a_1$ 与节点 $a_5$ 通过依次通过直接子链路 $e_3$ 、直接子链路 $e_8$ 、直接子链路 $e_{10}$ 进行信息传输,其对应的总权重值 $M(L4)=1.62$ ,对应的评估系数 $S[M(L4)]=0.617$ ;对比这四条链路的权重值,链路的总权重值由高至低依次是 $L3$ 、 $L1$ 、 $L4$ 、 $L2$ ,所含未知信息量由高至低的链路依次是 $L3$ 、 $L1$ 、 $L4$ 、 $L2$ ,对应的评估系数由高至低的顺序依次为: $L2 \rightarrow L4 \rightarrow L1 \rightarrow L3$ ,则各链路对于网络的重要性按从高至低的顺序为: $L2 \rightarrow L4 \rightarrow L1 \rightarrow L3$ ,在进行网络信息传输时,可依据此重要性选择最佳信息传输链路。

[0091] 实施例3:一种有向通信网络的链路重要性评价方法,首先利用每条子链路的传输概率计算出各链路的信息量,并且将其作为链路权重值,寻找出初始节点与目的节点全部传输路由,将每条链路中的子链路分别进行对应的加权后求和得到各链路总权重值,并将总权重值取倒数得到链路的评估系数,通过每条链路的评估系数对链路进行重要性评价。

[0092] 具体步骤为:

[0093] Step 1:建立网络节点关系模型:

[0094] 针对一个具有 $m$ 个节点的网络拓扑图,建立一个概率传输方阵 $A$ ,记为 $A=[P(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其中 $P(a_i, a_j)$ 表示节点 $a_i$ 传递信息至 $a_j$ 的概率;

[0095] Step 2:确定权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ :

[0096] 定义一个 $m$ 阶方阵 $B=[b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其中每个元素 $b(a_i, a_j)$ 表示从节点 $a_i$ 到 $a_j$ 的链路权重 $F[P(a_i, a_j)]$ ,假定节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的传输先验概率为 $P(a_i, a_j)$  ( $0 \leq P(a_i, a_j) \leq 1$ ),节点 $a_j$ 至节点 $a_k$ 的传输先验概率为 $P(a_j, a_k)$  ( $0 \leq P(a_j, a_k) \leq 1$ );

[0097] 所述权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 的满足以下条件:

[0098] (1)若 $P(a_i, a_j) < P(a_j, a_k)$ ,则: $F[P(a_i, a_j)] > F[P(a_j, a_k)]$ ;

[0099] 若 $P(a_i, a_j) > P(a_j, a_k)$ ,则: $F[P(a_i, a_j)] < F[P(a_j, a_k)]$ ;

[0100] 即函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 是先验概率 $P(a_i, a_j)$ 的单调递减函数;

[0101] (2)两个节点间不存在信息传输时其直接子链路权重为无穷大,即在 $P(a_i, a_j) = 0$ 时,则 $F[P(a_i, a_j)] \rightarrow \infty$ ;

[0102] (3)两个节点间传输有且仅有一条可行的传输直接子链路,即以概率1传输信息时,该链路权重为0,即 $P(a_i, a_j) = 1$ 时,故有: $F[P(a_i, a_j)] \rightarrow 0$ ;

[0103] (4)在网络节点拓扑图中,相邻的两条直接子链路之和 $F[P(a_i, a_j)] + F[P(a_j, a_k)]$ 与相邻链路的自变量的联合概率有关,即:

[0104]  $F[P(a_i, a_j; a_j, a_k)] = F[P(a_i, a_j)] + F[P(a_j, a_k)]$ ;

[0105] 根据以上可总结出,满足上述条件的映射关系的权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 应为:

[0106]  $F[P(a_i, a_j)] = \log \frac{1}{p(a_i, a_j)} = -\log P(a_i, a_j)$  ;

[0107] 所述权重函数 $F[P(a_i, a_j)]$ 实际为通信链路的信息量表达式;

[0108] Step 3:根据权重函数,将概率传输方阵转换为网络拓扑图的权重矩阵 $B = [b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ;

[0109] Step 4:构建网络关联矩阵:

[0110] 针对一个具有 $m$ 个节点的网络拓扑图建立一个关联矩阵 $C = [e(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,其代表节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的直接子链路,所述关联矩阵的建立遵循以下规则:

[0111] (1)关联矩阵元素定义为: $e(a_i, a_j) = \begin{cases} 0; & \text{若节点} a_i \text{与节点} a_j \text{间无直接子链路} \\ e_k; & \text{若节点} a_i \text{与节点} a_j \text{间有直接子链路} e_k \end{cases}$ ;

[0112] (2)若节点 $a_i$ 至节点 $a_j$ 的之间有多条直接子链路,比如存在直接子链路 $e_s, e_k$ ,则对两条子链路进行逻辑“或”运算,即元素定义为: $e(a_i, a_j) = e_s \oplus e_k$ ;

[0113] (3)将 $a_j$ 作为第 $m$ 个节点,即关联矩阵的第 $m$ 列反映了目的节点 $a_j$ 的连接状况;

[0114] Step 5:关联矩阵的节点消除变换:

[0115] 建立关联矩阵中新元素生成模型: $e(a_s, a_j) = e(a_s, a_c) \cdot e(a_c, a_j) \oplus e(a_s, a_j)$ ,以消除初始节点 $a_s$ 与目的节点 $a_j$ 之间的节点 $a_c$ ,消除节点 $a_c$ 表示删除原关联矩阵的第 $c$ 行和第 $c$ 列进行关联矩阵降阶,其中“ $\cdot$ ”表示逻辑“与”运算,“ $\oplus$ ”表示逻辑“或”运算, $e(a_s, a_j)$ 表示消除节点 $a_c$ 后产生的新关联矩阵的元素,经过迭代降阶最终得到只剩起始节点和目的节点的一个二阶矩阵,将二阶矩阵除起始节点与目的节点对应的矩阵元素外的其余元素归零;此时该二阶方阵中只剩下一个非0元素,将这个非0元素进行逻辑运算化简,这个元素即表示起始节点和目的节点的所有连接状况,将所有逻辑“或”拆分,拆分后而形成的所有逻辑“与”表达式即为起始节点与目的节点之间的全部可能传输链路;

[0116] Step 6:链路重要性评价分析

[0117] 对Step 4、Step 5所产生的起始节点与目的节点的全部传输链路,根据网络拓扑图的权重矩阵 $B = [b(a_i, a_j)]_{m \times m}$ ,将权重矩阵中对应的权重元素值代入各传输链路的直接子链路中,并对各个传输链路中各个逻辑“与”运算的直接子链路的权重值进行算术相加得出各传输链路的总权重值,通过将总权重值取倒数得到评估系数,将然后根据各链路的评估系数进行路径重要性评价,评估系数越大,传输链路对网络的重要性越高;反之,评估系数越小,传输链路对网络的重要性越低。在进行网络信息传输时可据此来考虑链路的择取

使用。

[0118] 上面结合附图对本发明的具体实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

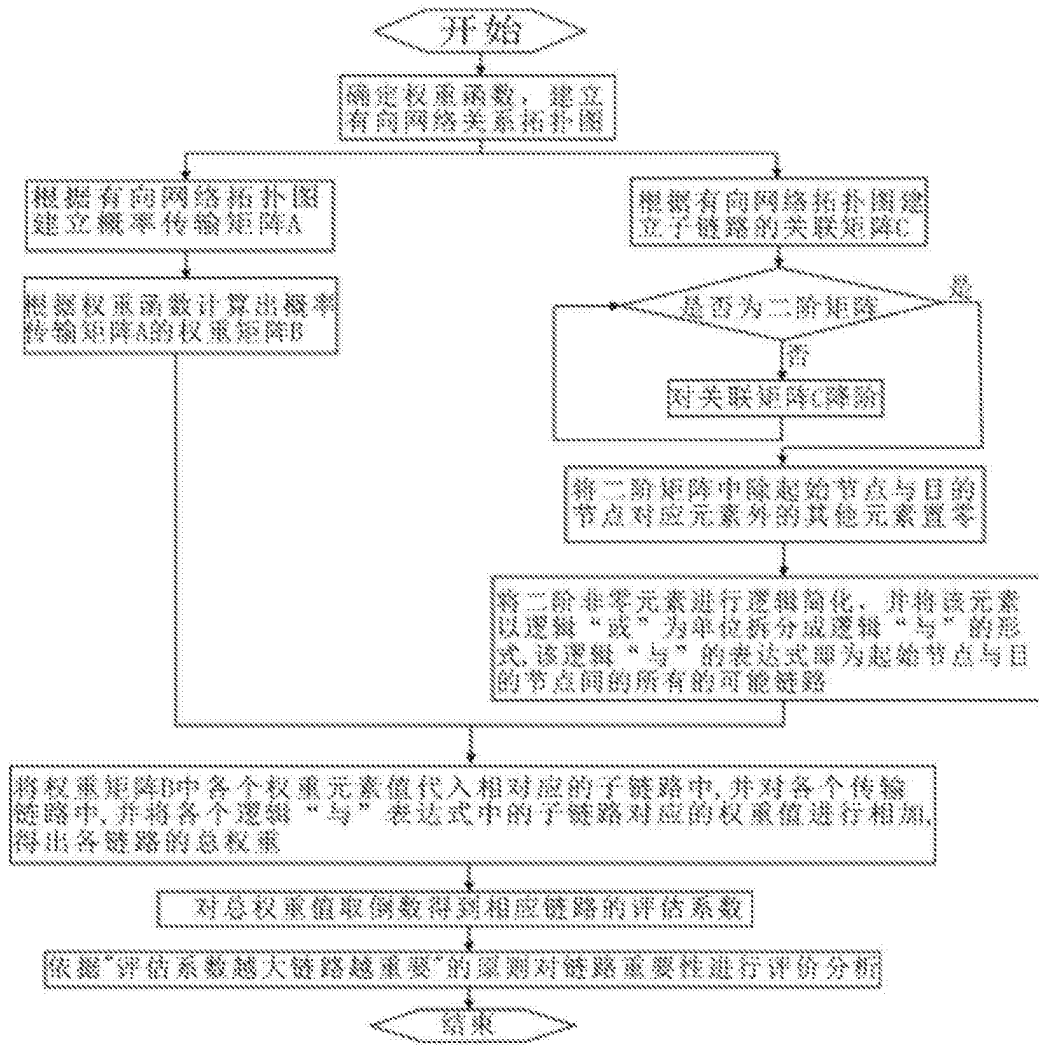


图1

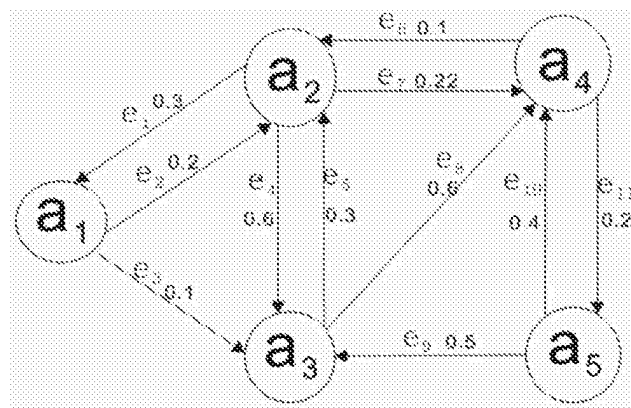


图2