

## 基于动态拓扑构造的信誉激励机制

李绍静<sup>1,2\*</sup>

(1. 青岛农业大学 理学与信息科学学院, 山东 青岛 266109; 2. 华南农业大学 信息学院, 广州 510642)

(\* 通信作者电子邮箱 lishaojing88@sohu.com)

**摘要:** 为了提高对等(P2P)文件共享系统的交易成功率,鼓励节点积极贡献自身资源,增加网络资源,促进网络良性持续发展,建立一种基于动态拓扑构造的激励机制。该激励机制可对网络节点行为进行有效激励,通过拓扑优化来促进网络公平和发展,保证了P2P共享文件系统的良性运行,提高了网络的性能。通过模拟仿真实验和分析表明,提出的基于节点可信度的信誉激励机制具有正确性、有效性等特点,与现有的信任模型相比,在安全性和简约性等也有较大改进,达到了预期的设计目标。

**关键词:** 对等网络;动态拓扑;信誉;激励机制;文件共享

**中图分类号:** TP393 **文献标志码:** A

### Reputation incentive mechanism based on dynamic topology

LI Shao-jing<sup>1,2\*</sup>

(1. College of Mathematics and Information Science, Qingdao Agricultural University, Qingdao Shandong 266109, China;

2. College of Information, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong 510642, China)

**Abstract:** In order to increase the rate of successful exchange, encourage peers to contribute their resources actively, and make the P2P file sharing system develop continually, a dynamic topology based reputation was proposed. The peers in the P2P network were encouraged to contribute their resources via the incentive mechanism, so the network would be running continually. These made P2P file sharing system work normally, and the capability of network would be increased. The simulation experiments and theoretical analysis of the reputation incentive mechanism prove that the mechanism is correct and valid. Compared with the former trust models, the reputation incentive mechanism has higher security and simplicity, and reaches the expected goal.

**Key words:** Peer-to-Peer (P2P) network; dynamic topology; reputation; incentive mechanism; file-sharing

## 0 引言

现实中的对等(Peer-to-Peer, P2P)文件共享系统中,每个理性的参与节点更多地表现出兴趣性和自主性,本能地最大化自己的利益,尽力避免资源共享,力求自身网络效用的最大化,而不考虑网络的整体效用<sup>[1]</sup>。

研究显示,现有的P2P文件共享系统中接近70%的节点几乎不为网络做任何贡献,网络中可用资源的50%来自1%的共享节点,大多数节点只是享受网络中的可用资源,导致搭便车(Free-rider)现象<sup>[2]</sup>,整个网络的运作依赖于少量用户的利他行为,网络可用资源趋于同一化;另一方面是公共悲剧(Tragedy of common)现象<sup>[3]</sup>,即网络资源作为一种非排他占有的公共物品,被部分节点无节制地使用,从而给系统的可扩展性和Internet通信造成很大的压力,这些自私的行为极大地损害了网络整体利益。

本文提出了一种基于节点可信度的动态拓扑构造方法,通过增强高可信度节点的权益、牺牲低可信节点的权益来保证网络满足以下要求:激励共享保证网络的公平性、促进网络良性发展及对Free-rider、Tragedy of common现象的抑制。

## 1 建立激励机制

目前P2P网络的运行机制大多不关心网络拓扑的公平

性,无法保证网络的良性发展。因此,建立有效的激励机制激励P2P网络的节点进行有效的协作并合理使用网络资源是关系到P2P网络生存的重要问题<sup>[4]</sup>。

### 1.1 目前P2P网络中的激励机制存在的问题

在P2P共享网络中引入激励及反激励机制是十分必要的。这里所说的激励机制用于鼓励共享,反激励机制用于抑制自私行为,将二者统一称为激励机制。现有的激励机制分为集中式激励、分布式激励和基于代码不可逆假定的强制激励<sup>[5]</sup>。

目前的P2P网络中的激励机制存在着一些问题,主要体现在以下几个方面。

1)传统的激励机制往往通过引入中心节点来保证激励的有效性,着重于对节点的惩罚,缺乏对不良行为的惩罚<sup>[6]</sup>,不关注拓扑的公平性,也为系统带来了单点失效问题。

2)节点之间兴趣的不对称。在大规模P2P网络中,节点之间由于兴趣不对称而发生成功交易的可能性极小<sup>[7]</sup>。

3)激励机制缺乏拓扑优化功能。

### 1.2 激励机制的设计思想及相关研究

对于如何在P2P网络上建立激励模型,众多研究者进行了大量的研究。根据应用的不同,对于激励的研究主要分为以下几类思想:

1)虚拟货币思想。系统中的成员为其消耗的资源付费,

收稿日期:2012-04-17;修回日期:2012-06-13。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60573043;60773175);广东省科技计划项目(2008B021300010;2009020315014)。

作者简介:李绍静(1979-),女,山东莱阳人,讲师,硕士,主要研究方向:网络信息安全、单片机应用。

同时在他提供服务时获得其他成员为该服务所支付的费用。

Golle 等<sup>[8]</sup>首先提出了使用微支付和虚拟流通的方法来解决 P2P 文件共享网络中的共享激励问题。Zhao 等<sup>[9]</sup>也分别使用了虚拟支付手段解决激励问题。基于这一思想的用户激励机制意义清晰,但需要电子银行技术的支持,并且需要类似于仲裁机构的服务才能实现,难以广泛地应用在普通 P2P 应用中。

2) 区分服务思想。将节点所做的贡献与其能获得的服务联系起来,积极参与到系统中的节点给予更优质的服务,贡献少的成员将难以得到优质服务。

Kamvar 等<sup>[10]</sup>提出了基于节点信任值的带宽激励机制,对 P2P 网络中的积极参与者给以更快的下载速度和更广阔的网络视野。Sun 等<sup>[11]</sup>提出允许节点对邻居进行评价并根据该评价来决定为每个邻居处理转发请求数量。Garcia-Martinez 等将节点对网络的贡献与其搜索服务质量挂钩,贡献越大的节点,邻居数连接越多,但是仅靠增加节点的连接数很难成为共享激励的有效要素,且容易加重 Tragedy of common 问题。

3) 其他研究。Daswani 等首次试图以节点的理性为依据在多自治域的框架下考察 P2P 系统的设计,遗憾的是,由于机制设计来自于微观经济研究领域,很少考虑算法的复杂性问题。分布的算法机制设计提出了一个新的研究方向,试图以博弈论的思想为手段用分布的方法研究机制设计在 P2P 等分布领域中激励问题<sup>[12]</sup>。令人遗憾的是,目前除在多播路由和网络拍卖问题上有所突破外,在很多其他问题上,现有的研究收效甚微。

因此需要构建一种可行的 P2P 激励机制,希望通过节点的可信度产生对资源共享的激励,增强节点真正参与到网络中的积极性,抑制网络节点的自私行为,促进网络的良性发展。

## 2 拓扑构造

### 2.1 拓扑构造的相关研究

P2P 网络的拓扑构造是目前 P2P 系统研究的一个核心问题,一般将 P2P 拓扑分为三种基本类型。

1) 以 Napster 为代表的中心化拓扑结构。中心化拓扑的 P2P 网络维护简单,检索效率高,但存在单点失效问题,因而中心化拓扑结构不适合于大型网络应用。

2) 以 Gnutella 为代表的无中心无结构的拓扑结构。非结构化的全分布式拓扑,能够适应动态变化的 P2P 网络环境;但随着查询数目和网络规模的增加,每个节点的负荷也快速增加,使得网络不具有可扩展性。

3) 以 KaZaa 等为代表的混合式的拓扑结构。混合式拓扑选择处理、存储、带宽等性能较高的节点作为超级节点,每个超级节点管辖一定的普通节点,查询请求只在超级节点之间转发,超级节点负责将这些请求转发给适当的普通节点。

4) 以 Chord, CAN 等为代表的结构化的拓扑结构。

### 2.2 动态拓扑构造

本文中拟采用层次与网状相结合的拓扑结构,即在组间采用网状结构,以求更真实的折射人类社会的信任关系;而在兴趣小组内则采用层次结构,便于管理及进行拓扑的结构优化,如图 1 所示。

本文设计的激励机制以区分服务思想为基础,以用户上传的文件大小来作为衡量其贡献的重要标准,以其信誉和贡

献作为拓扑构造的依据来优化网络拓扑结构。

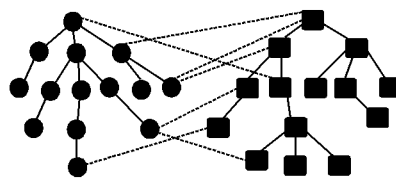


图1 组间及组内的拓扑结构示意图

#### 2.2.1 节点的主观参与策略

如果考虑节点的主、客观因素,可信度反映了节点的建立在其客观能力上的主观参与意向,也可以认为是二者(主、客观因素)的综合。即:

$$T = f(S \cdot A) = f(\eta_1 \alpha_1, \eta_2 \alpha_2, \dots, \eta_n \alpha_n)$$

其中:  $T$  为节点的可信度,  $f$  为综合函数,  $S = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)$  为节点的参与策略,  $A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  为节点的客观属性,如计算能力、存储能力等。

例如,综合函数  $f$  的一个简单实例可为:  $f(S \cdot A) = \sqrt{(\eta_1 \alpha_1)^2 + (\eta_2 \alpha_2)^2 + \dots + (\eta_n \alpha_n)^2}$  将节点的客观属性作为其在一个非均匀笛卡尔空间各维上的投影,  $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$  为各维的扩张因子,本质上反映了节点在其客观能力上的主观投入程度。因此,提高网络可用性,需从提高节点的主观参与策略着手,对此定义如下。

**定义1** 节点的主观参与策略,指节点自主决定的关于其各项物理资源(如计算能力、存储空间、滞网时间以及网络带宽等)在 P2P 网络中的投入程度。

通过上述分析可以看出,节点的主观参与策略决定了 P2P 网络的异构性和动态性。衡量节点参与策略的一个合理的尺度是其在 P2P 网络中与其他节点的交互历史所表现出的可信度。

#### 2.2.2 基于节点可信度的动态拓扑构造

##### 1) 节点的可信度异构。

**定义2** 节点的可信度异构,是指节点在可信度上存在着差异。

P2P 网络难以提供可靠服务的主要因素是节点的动态性和异构性,造成节点异构的原因在于节点间广泛存在的计算、存储能力和网络带宽等因素的差别。本文认为,体现节点参与策略的一个合理的尺度是其在 P2P 网络中与其他节点的交互历史中所表现出的可信度,因此本节的研究重点是建立基于节点可信度基础上的非对称结构化拓扑构造的拓扑激励机制。

##### 2) 节点可信度作为拓扑构造依据。

**定义3** 把在拓扑构造中考虑可信度异构的 P2P 拓扑称为信任敏感拓扑。

在激励机制中引入节点可信度,并在拓扑构造上采用基于节点可信度的拓扑进化方法,是提供有效激励的一种手段。其原因在于:

① 节点可信度来自于节点间的交互历史,它从本质上反映了节点对网络的贡献。

② 拓扑进化可以使得高可信节点逐渐占据拓扑中有利位置,并形成聚集,从而提高其网络效用。

③ 由于低可信节点只能占据拓扑中不利位置,基于拓扑进化的激励机制可以促使其通过提高自身的可信度改变自身的拓扑地位,从而达到激励的效果。

因此,本文欲构造一种基于节点可信度的非对称结构化拓

扑,该拓扑在保留传统结构化拓扑诸如可扩展性、定位确定性等良好特征的前提下,通过拓扑的非对称化,赋予不同可信度的节点以不同的拓扑位置,促使节点积极参与网络活动来提高自身的信誉值,从而达到提高网络的稳定性和效率的目的。

### 3) 基于节点可信度的动态拓扑构造。

引入节点可信度的目的是在拓扑构造及维护时对不同可信度的节点作不同的处理。理想的情况是,高可信节点占据网络中重要位置,使网络拓扑达到平衡状态。

**定义4** 平衡状态是指兴趣组内的节点根据其信誉值(或是信誉和贡献的综合)的大小处于拓扑相应的位置上,信誉最高的节点处于根节点的位置,其他节点的信誉总是大于等于其孩子节点。

本节构造的是树状非对称的动态拓扑结构,所构造的节点拓扑结构并非规则的完全二叉树,而是采用普通的树型结构构造非对称拓扑。需要解决的问题有:

①节点申请加入兴趣组后,如何确定其在整个组拓扑中的位置。

②如何根据节点的可信度,调整节点在拓扑中的位置,使网络达到平衡状态。

③节点因故离开兴趣组后,或者随着时间的推移,节点的信誉值和贡献值发生变化,该如何调整拓扑结构以重新达到平衡状态。

对于第一个问题,通常规定节点新加入组时,连接节点成为层次结构的叶节点的兄弟节点或是孩子节点。第三个问题属于拓扑动态维护问题。

对于第二个问题,网络经过一段时间的运行,各节点的信誉及贡献值势必发生动态变化,拓扑构造需要及时反映这种情形,调整节点的位置,动态的拓扑构造方法如下。

①从拓扑的倒数第二层开始,所有有孩子节点的节点 $S$ 的左孩子节点比较其与兄弟节点的可信度,挑选出信誉(也可以是信誉和贡献按某一规则的组值)最高的节点 $A$ 与父亲节点 $S$ 比较,如果大于其父亲节点,则交换位置,完成链接转换,转②;

②依次继续,拓扑倒数第三层的所有拥有孩子节点的节点 $S'$ ,在其孩子节点挑选出信誉最高的节点 $A'$ 与父亲节点 $S'$ 比较,如果大于其父亲节点,则交换位置,完成链接转换,转①,否则转③;

③依次继续,直至根节点 $L$ ,完成与②相同的操作;

④完成管理员节点相应的数据迁移;

⑤结束。

针对上述调整方法的算法如下:

```

Procedure Heap_Adjust( L )
For ( 拓扑倒数第二层的所有节点 S1, S2, ... )
  If LchildPeer( S ) < > null
    A ← max ( CauclateReputation ( A1 ), CauclateReputation ( A2 ), ... );
  If CauclateReputation( A ) > CauclateReputation( S )
    ChangePosition( A, S );
for ( 拓扑倒数第三层至根节点 )
  For ( 拓扑倒数第三层的所有节点 S1', S2', ... )
    If childPeer( S' ) < > null
      A' ← max( CauclateReputation( A1' ), CauclateReputation( A2' ), ... )
    If ( CauclateReputation( A' ) > CauclateReputation( S' ) )
      { ChangePosition( A', S' ); Heap_Adjust( A' ); }
End

```

其中用到的函数:

LchildPeer( S ):取节点 $S$ 的左孩子节点;

CauclateReputation( A ):计算节点 $A$ 的信誉;

ChangePosition( A, S ):交换节点 $A, S$ 在拓扑中的位置,并完成相关的链接转换。

## 3 区分服务的激励策略

在非对称模型的拓扑中,同对称拓扑中无差别对待所有节点不同,节点往往具有不同的拓扑价值和责任。构造可信度敏感的P2P网络拓扑的一个关键因素是赋予具有不同位置或者说是不同可信度的节点以不同的责任和不同的网络效用,以期在达成网络公平性的同时,激励节点积极为网络作出自己的贡献。对网络贡献多的可信用户将获得正常的服务,而贡献少的用户则不能获得服务甚至面临惩罚,这是基于区分服务思想的激励机制的核心<sup>[13]</sup>。

### 3.1 基于节点可信度的查找机制

为充分发挥拓扑的激励作用,本文采用了一种基于节点可信度的查询机制(Trust-based Searching Mechanism, TSM)<sup>[14]</sup>。TSM的核心思想是:无论节点在查询资源信息还是节点信息时,都力求在组内做尽可能大范围的搜索。任意节点在传播其他节点发出的查询信息时,都会根据信息发出者的可信度以及信息当前的广播半径 $r$ 决定是否予以转发。即,任意节点 $A$ 转发任意节点 $B$ 的搜索信息的概率 $Pf_{AB}$ 为:

$$Pf_{AB} = \begin{cases} (T_A \times T_B)^{1-\frac{1}{r}}, & T_B \leq T_A \\ (T_B/T_A)^{1-\frac{1}{r}}, & T_B > T_A \end{cases} \quad (1)$$

由式(1)可以看出,任意节点的邻居节点转发其消息的概率为1,随着广播半径的增加, $Pf_{AB}$ 退化为 $T_A \times T_B$ 或 $T_B/T_A$ 。

考虑到实际的实现,如果对每一转发请求都要确定节点的可信度,会带来 $O(\log N)$ 的消息开销( $N$ 为系统规模),本文采用了基于广播半径的可信度确认方法,其思想是,随着广播半径的增大,实施可信度确认的概率减小,设广播半径为 $r$ ,则处于该广播半径上的节点实施可信度确认的概率为 $1/(r+1)$ ,也即是说,离消息源越近的节点,对其声称的可信度实施检验的概率越大。当一个离消息源较远的节点收到该消息时,消息声称的可信度很可能已经过确认,容易知道,其概率为 $1-1/r!$ 。如果消息源谎报自己的节点可信度,可信度确认过程可根据相应策略对节点进行惩罚,如降低其可信度,通报网络。因此,可信度确认可以有效抑制节点的作弊行为。

为防止节点无节制地发送广播报文,对转发概率 $Pf_{AB}$ 做了进一步扩展:设在规定间隔内任意节点 $A$ 转发任意节点 $B$ 的搜索报文个数为 $m$ ,则节点 $A$ 转发节点 $B$ 的第 $m+1$ 个报文的概率即式(1)变为:

$$Pf_{AB} = \begin{cases} (T_A \times T_B)^{(1-\frac{1}{r}) \times (m+1)}, & T_B \leq T_A \\ (T_B/T_A)^{(1-\frac{1}{r}) \times (m+1)}, & T_B > T_A \end{cases} \quad (2)$$

其中 $m$ 为系统常数,用于调整抑制效果。这种方法也是一种对Tragedy of common现象的抑制机制,减少节点无节制的广播搜索对网络带宽造成的浪费。

TSM 算法

```

Procedure TS_Forward( i, j, M )
  r = CauclateRadius( M );
  m = CheckMessageNum( j );
  if( T_i ≥ T_j ) p = ( T_i * T_j )^(1-1/r) * (m+1)
  else p = ( T_j / T_i )^(1-1/r) * (m+1);
  if ( md( p ) == true )

```

```

if (md(1/(r+1)) == true)
    T = CheckTrust(j)
if (T == T_j) Forward(M)
else Punish(j);
End

```

其中用到的函数:

CountFwdTable( $j$ ): 计算该节点在给定周期内转发来自  $j$  的消息的次数, 该次数包括收到但未予转发的消息;

rnd( $p$ ): 以概率  $p$  返回布尔值 true;

CauclateRatus( $M$ ): 判断该消息的传播半径, 该半径类似于 TTL 值;

CheckMessageNum( $j$ ): 返回当前周期转发表中来自  $j$  的消息个数;

CheckTrust( $j$ ): 检查  $j$  的全局可信度;

Punish( $j$ ): 对  $j$  进行惩罚。

TSM 保证了高可信节点比低可信节点更容易获取可信的服务和更高的广播范围, 也可以避免节点对网络无节制的使用, 抑制 Tragedy of common 现象, 同时使得节点可信度作为一种激励因素约束节点的行为, 激励网络的公平进化。

### 3.2 基于节点可信度的服务机制

在确定了用户的贡献和信誉之后, 激励机制可以相应地设计一种与贡献及信誉密切相关的区分服务策略。具体规则举例如下。

在节点  $A$  加入组时, 管理员节点  $M$  会对其信誉  $T_A^M$  进行估算, 并据此确定  $A$  进入网络享有的权利, 如:

1) 如果  $T_A^M > t$ , 则节点  $A$  加入组时可得到当前组内所有节点的列表, 并且通信时组内所有节点正常为该用户转发请求;

2) 如果  $0.1 < T_A^M \leq t$ , 并且节点  $A$  信誉大于等于加入组的信誉底线, 则节点  $A$  加入组时可得到当前组内部分节点的列表, 列表中的节点数目为当前系统中总节点数目的  $T_A^M/t$ , 并且组内节点将以概率  $T_A^M/t$  为该用户转发请求;

3) 如果  $0 < T_A^M \leq 0.1$ , 并且节点  $A$  信誉大于等于加入组的信誉底线, 则节点  $A$  加入组时可得到当前组内部分节点的列表, 列表中的节点数目为当前系统中总节点数目的  $T_A^M$ , 并且组内节点将以概率  $T_A^M$  为该节点转发消息;

4) 如果  $T_A^M = 0$ , 则节点  $A$  被拒绝加入兴趣组。

所以节点加入组时, 根据其信誉决定其得到组节点信息的比例  $P_{g_A}$  为:

$$P_{g_A} = \begin{cases} 1, & T_A^M > t \\ T_A^M/t, & 0.1 < T_A^M \leq t \\ T_A^M, & 0 < T_A^M \leq 0.1 \\ 0, & T_A^M = 0 \end{cases} \quad (3)$$

成员为节点转发消息的状况也可以依据规定, 本例中, 转发概率  $P_{\tilde{g}_A}$  为:

$$P_{\tilde{g}_A} = \begin{cases} 1, & T_A^M > t \\ T_A^M/t, & 0.1 < T_A^M \leq t \\ T_A^M, & 0 < T_A^M \leq 0.1 \\ 0, & T_A^M = 0 \end{cases} \quad (4)$$

节点加入组后, 其他节点根据其网络行为针对信誉和贡献设定差异服务函数, 为贡献突出的可信节点提供正常服务, 如此不但抑制了“炮轰”现象, 也间接地实现了对不同的节点提供不同层次服务的激励策略。

## 4 动态拓扑维护

树状非对称结构中, 高可信节点占据树的上层, 低可信节

点的崩溃不会造成整个拓扑的崩溃。然而, 需要考虑的是, 节点因故离开兴趣组, 或者随着时间的推移, 节点的信誉值和贡献值发生变化, 该如何调整拓扑结构以重新达到平衡状态, 即该如何对网络的拓扑结构进行动态维护的问题。

设节点  $S$  失效时, 调整方法如下:

1) 如果  $S$  是叶子节点, 则转 4);

2) 否则, 如果  $S$  是根节点, 则节点  $S$  的所有孩子节点中寻找信誉最高的节点  $A$  取代  $S$  作为根节点, 调整链接转换, 完成管理员节点相关数据的迁移, 对于以节点  $A$  为根节点的子树, 转 1);

3) 否则, 寻找节点  $S$  所有的孩子节点中寻找信誉最高的节点  $A$  取代其位置, 调整链接转换, 对于以节点  $A$  为根节点的子树, 转 1);

4) 结束。

维护算法

Procedure Heap\_Maintain( $L$ )

If LchildPeer( $S$ ) < > null

If ( $S = L$ )

{  $A \leftarrow \max(\text{CauclateReputation}(A1), \text{CauclateReputation}(A2), \dots)$ ;

ReplacePosition( $S, A$ );

将所关于管理员的信息赋给节点  $A$ ;

Heap\_Maintain( $A$ ); }

Else

{  $A \leftarrow \max(\text{CauclateReputation}(A1), \text{CauclateReputation}(A2), \dots)$ ;

ReplacePosition( $S, A$ );

Heap\_Maintain( $A$ ); }

End

其中用到的函数:

LchildPeer( $S$ ): 取节点  $S$  的左孩子节点;

CauclateReputation( $A$ ): 计算节点  $A$  的信誉;

ReplacePosition( $S, A$ ): 节点  $A$  取代  $S$  在拓扑中的位置, 并完成相关的链接转换。

图2中所示的(b)~(d)分别是原拓扑(a)在节点D、C、G离开网络后, 经过拓扑的动态维护后得到的新拓扑。

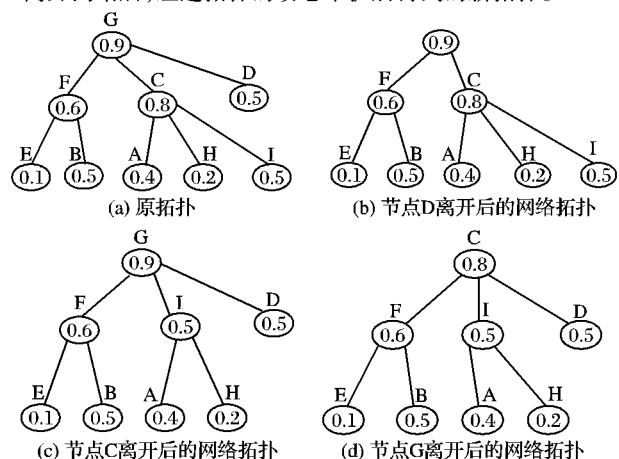


图2 拓扑的动态维护过程

有关本模型其他具体内容, 可参见参考文献[15]。

## 5 模拟仿真及实验结果分析

### 5.1 自私节点及系统资源的变化

本文提出的激励机制的目的是参与节点能够积极地参与网络, 促进网络良性持续发展, 因此理想的情形是, 节点除了下载文件, 可以积极自愿地向网络贡献自身资源。

这种优势从图3、4可明显看出来, 普通的文件共享系统

中的节点对于贡献自身资源没有积极性,而本文机制中的节点为获得更多的权益会积极主动参与网络,提高自身信誉及贡献值,因此系统中的自私节点逐渐减少、资源数量也较迅速地增加。

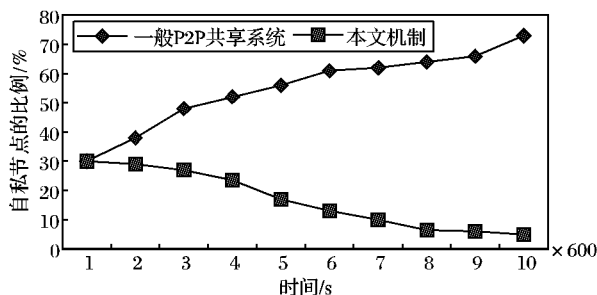


图3 随时间变化系统中自私节点比例

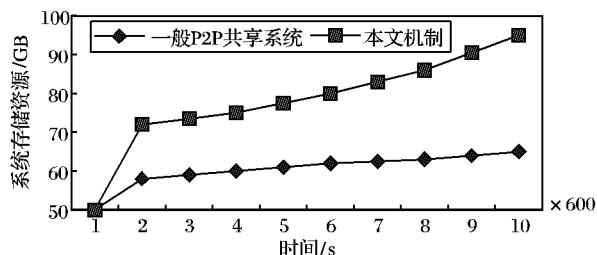


图4 随时间变化系统存储资源情况

## 5.2 可扩展性

P2P文件共享系统通常用于大规模的网络资源共享,如果系统的扩展性差,网络开销随着网络规模的扩大增大得过于迅速,则其可用性在实际应用中将受到限制。

从图5可以看出,本机制在资源增加时对交易的通信开销影响属于可以接受的程度,说明了本机制有着较好的扩展性,大规模的P2P文件共享网络可以参考使用。

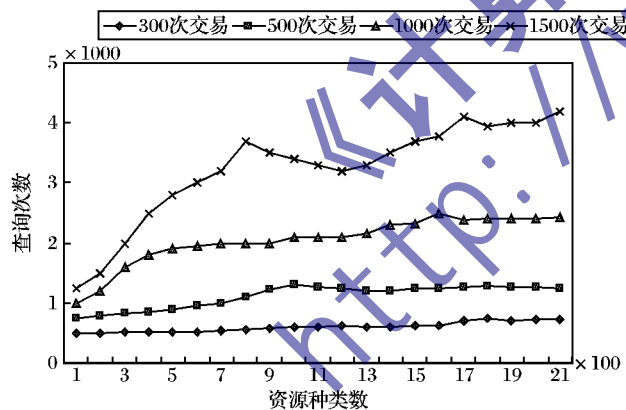


图5 在不同交易次数时的通信开销

## 5.3 网络拓扑进化特征

本实验通过观察拓扑各层的平均可信度差异,看是否能产生基于节点可信度的分层结构,从而检验拓扑构造和维护算法的有效性。对于树的各层,计算所有节点的平均可信度  $T_L, T_L = \sum_{i \in G_L} (T_i/n_L)$ , 其中:  $L$  为层数,  $n_L$  为  $L$  层的节点数目,  $T_i$  为节点  $i$  的可信度,  $G_L$  为  $L$  层的节点集合。

由图6可以看出,本文提出的基于节点可信度的拓扑构造和维护算法非常有效地在构造和动态环境下保证了拓扑关于节点可信度的非对称性,确保网络中可信度高的节点占据拓扑的有利位置。

## 6 结语

本文针对大规模P2P网络中缺乏有效的激励机制的现

状,提出了基于节点可信度的动态拓扑构造的激励机制。通过设计的仿真实验表明,本机制不仅起到了共享激励、抑制Free-rider问题和Tragedy of common问题的作用,同时可以激励用户积极为网络作出贡献以便从网络获益,达成网络的公平性,促进网络拓扑的优化。本机制结构简单,容易被用户接受,适合多种P2P应用环境。

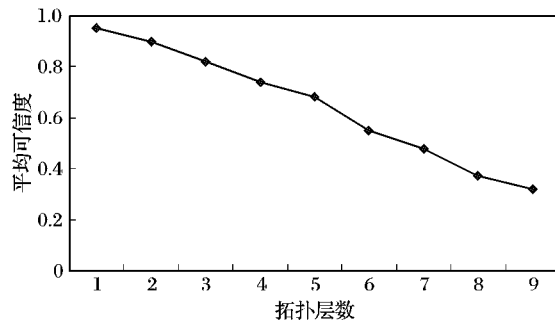


图6 拓扑各层的平均可信度

## 参考文献:

- [1] SHNEIDMAN J, PARKES D C. Rationality and self-interest in peer to peer networks[EB/OL]. [2012-03-01]. [http://www.eecs.harvard.edu/econcs/pubs/shneidmanparkes\\_iptps.pdf](http://www.eecs.harvard.edu/econcs/pubs/shneidmanparkes_iptps.pdf).
- [2] ADAR E, HUBERMAN B A. Free riding on Gnutella. CSL-00-3[R]. Palo Alto: Xerox PARC, 2000.
- [3] FELDMAN M, LAIZ K. Quantifying disincentives in peer-to-peer networks[C]// Workshop on Economics of peer-to-peer Systems. Berlin: Springer-verlag, 2003: 117-122.
- [4] 姜守旭, 李建中. 一种P2P电子商务系统中基于声誉的信任机制[J]. 软件学报, 2007, 18(10): 2551-2563.
- [5] CHUN B, FU Y. Bootstrapping a distributed computational economy with peer-to-peer bartering[EB/OL]. [2012-02-01]. <http://www.theether.org/papers/econp2p03.pdf>.
- [6] 窦文, 王怀民, 贾焰, 等. 构造基于推荐的Peer-to-Peer环境下的Trust模型[J]. 软件学报, 2004, 15(4): 571-583.
- [7] 唐扬斌, 王怀民, 常俊胜. 自组织虚拟计算环境中的组信誉机制[J]. 软件学报, 2007, 18(8): 1968-1986.
- [8] GOLLE P, LEYTON-BROWN K, MIRONOV I. Incentives for sharing in peer-to-peer networks[C]// EC'01: Proceedings of the 3rd ACM Conference on Electronic Commerce. New York: ACM, 2001: 264-267.
- [9] ZHAO B Y, HUANG LING, STRIBLING J, et al. Tapestry: A resilient global-scale overlay for service deployment[C]// IEEE Journal on Selected Areas in Communications. [S. l.]: IEEE, 2004: 41-53.
- [10] KAMVAR S D, SCHLOSSER M T. EigenRep: Reputation management in P2P networks[C]// Proceedings of the 12th International Conference on World Wide Web. New York: ACM, 2003: 123-134.
- [11] SUN QIXIANG, GARCIA-MOLINA H. SLIC: A selfish link-based incentive mechanism for unstructured peer-to-peer networks[C]// ICDCS'04: Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing Systems. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 506-515.
- [12] FEIGENBAUM J, SHENKER S. Distributed algorithmic mechanism design: Recent results and future directions[C]// DIALM'02: Proceedings of the 6th International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications. New York: ACM, 2002: 1-13.
- [13] 彭冬生, 林闯, 刘卫东. 一种直接评价节点诚信度的分布式信任机制[J]. 软件学报, 2008, 19(4): 946-955.
- [14] 窦文. 信任敏感的P2P拓扑构造及其相关技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2003.
- [15] 李绍静. P2P网络文件共享系统中的信誉激励机制研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2007.