

对等网络中一种新的激励机制研究

杨 武, 金可音, 周 飞

(湖南工业大学 计算机与通信学院, 湖南 株洲 412008)

摘 要: 针对对等网络中的搭便车问题, 提出了一种可监测调控的激励机制。按网络中搭便车节点的数量分为3个等级, 在不同等级情况下使用不同的激励策略。提出了一种基于带宽分配的惩罚策略。仿真实验表明, 该激励机制不仅体现了节点享受服务的公平性, 提高了下载成功率, 而且保护了开发者的经济利益。

关键词: 对等网络; 搭便车; 激励机制

中图分类号: TP393

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2011)02-0047-04

A Novel Incentive Mechanism in P2P Networks

Yang Wu, Jin Keyin, Zhou Fei

(School of Computer and Communication, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: For the free-rider problem in peer-to-peer networks, proposes an incentive mechanism of monitoring control. According to the number of free-rider nodes in networks, divides it into three grades and uses different tactics at each grade. Proposes a penalty strategy based on bandwidth allocation. Simulation results show that the incentive mechanism not only reflects the fairness of node services and improves the success rate of downloads, but also protect the economic interests of developers.

Keywords: peer-to-peer networks; free-riding; incentive Mechanism

0 引言

作为分布式系统的一个应用, 对等网络正以其高扩展性获得越来越多的关注。对等网络又称为P2P (peer-to-peer) 网络, 它不采用传统的客户/服务器架构, 在P2P中单个节点既充当服务器又充当客户, 因此可以充分利用闲置在网络边缘的客户节点资源, 提高资源利用率, 增强系统扩展性。

对等网络提倡“我为人人, 人人为我”的信息共享与服务理念。但是节点为追求自身利益的最大化, 不愿提供自己的资源共享给其它的节点使用。2008年8月 Adar 和 Huberman 对 Gnutella 一天的流量

进行了测量, 并做了统计分析^[1]。文献[1]首次把对等网络节点的只享受信息资源服务而不为系统作贡献的行为称为搭便车行为。对等网络中的搭便车节点会对网络造成较大的负面影响。广泛存在的搭便车行为会减低网络的性能, 退化网络架构, 降低系统的健壮性; 进一步加剧的话可能导致整个系统的崩溃。

1 相关研究

为解决对等网络中的搭便车问题, 有关研究者提出了一系列的搭便车行为抑制机制。文献[2]首先

收稿日期: 2011-01-18

作者简介: 杨 武 (1977-), 男, 湖北广水人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为计算机网络, 分布式计算,

E-mail: yangwu9999@tom.com

提出了基于微支付的激励机制。在该机制中,建立虚拟货币的概念,将其用作 P2P 网络中服务及资源交易的媒介,相应地设计交换规则体系。在此基础上,服务提供结点可以通过中央服务器收取由服务请求结点支付的虚拟货币。文献[3]提出了基于直接互惠的机制,其主要思想是将结点能够从系统获得服务的 QoS (服务质量)与结点提供给系统的贡献度相结合,对于贡献程度高的结点,系统将回报以较高的下载速度,以获取更多的内容;否则,系统将回报以较低的下载速度,获取的内容较少。文献[4]运用博弈理论中的非合作博弈对 P2P 网络进行建模,通过请求结点的概率函数确定不同的信誉值,根据信誉值的高低来提供差别服务。

上述激励机制都各有其优点,但激励的机制过于苛刻。在以 Gnutella 为代表的 P2P 应用软件中仍未采用搭便车行为抑制^[5]。文献[6]指出:已提出的一些激励机制在工程实现上并不困难,可 P2P 软件开发者却不采用,主要是担心会降低系统的用户数量。对对等网络运营商来说,在线用户的数量是衡量系统价值的重要指标。文中提出了一种新型的激励机制,在不同的阶段使用不同的激励策略,在控制搭便车行为的同时,也注意开发者的利益,关注 P2P 系统的在线用户数量。

文献[7]中对 3 种不同的网络: CIA (具有集中索引服务器的对等网络), DIFA (分布式洪泛路由机制对等网络), DIHA (分布式哈希表索引对等网络),考察了不同比例的搭便车节点与网络吞吐率的关系。如图 1 所示,图中对等网节点数为 5 000。

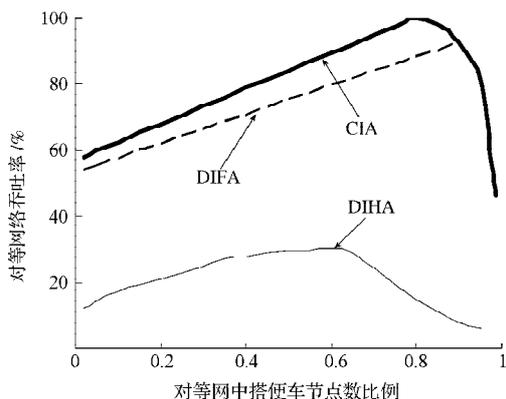


图1 搭便车比率对网络吞吐率的影响

Fig. 1 The influence of free-riding ratio on network throughput rate

从图 1 可看出不同的对等网络对搭便车节点是有一定的容忍量的。只有当搭便车节点数量超过一定的限度时,才对网络产生严重的影响。

2 激励机制

2.1 激励模型

文中提出一种基于分级调控的激励机制 (grading and adjustable incentive mechanism, GAIM)。GAIM 的提出思想来源于搭便车节点与网络吞吐率的关系,从图 1 可看出对等网络是可以容忍一定限度的搭便车节点。在这个过程中,搭便车节点对网络的影响是正面的,提高了网络的利用效率。只有在搭便车节点数超过了限度时,网络效率才开始大幅度下降。

激励机制 GAIM 的核心思想是:根据搭便车节点的数量不同分为 3 个等级。在每个等级中,由于搭便车节点对网络的影响不同,分别采用不同的激励策略,对搭便车节点进行不同的控制。等级划分情况如下:

1) 绿级 (Green)

这个级别的搭便车节点数量很少。激励机制在这个级别不限制搭便车节点,鼓励节点的加入来增加系统的在线节点数量,增加经济效益。

2) 橙级 (Orange)

这个级别的搭便车节点的数量较多,对网络已经产生了一定的影响。激励机制限制搭便车节点,降低搭便车节点享受服务的质量,延长在线时间。

3) 红级 (Red)

这个级别的搭便车节点的数量很多,严重影响了网络的服务,网络有崩溃的危险。激励机制严格控制搭便车节点,禁止搭便车节点的服务。

GAIM 设立监测控制服务器,监测网络中搭便车节点的数量,并根据网络等级划分的限度确定网络等级发送给其它节点。

为了更好地说明 GAIM 的设计原理,对一些重要效用函数做出如下定义。

定义 1 节点 i 的服务能力 U_i 表示节点在对等网络中可提供服务能力的大小,

$$U_i = F_{Di} / T_{Di}, \quad (1)$$

式中: F_{Di} 表示节点 i 在对等网络中下载文件的总量;

T_{Di} 表示节点下载这些文件所用的时间总量。

定义 2 节点 i 的享受能力 C_i 体现节点在对等网络中可以享受服务的能力的大小,也是节点对网络实际所做贡献的大小,

$$C_i = k * F_{Ui} / T_{Di} * i, \quad (2)$$

式中: F_{Ui} 表示节点 i 上传文件的总量;

k 为时间因子,节点 i 在线时间越长, k 的值就越大, k 的初值为 1。

做出如上定义把节点的效用函数分为 2 个部分,

定义1 保证网络的下载效率, 定义2 体现各个节点的公平性。

定义3 搭便车节点的定义

在对等网络中如何确定一个节点为搭便车节点比较困难, 文中给出了一个搭便车节点量化的定义。根据网络中节点共享资源的具体情况, 预先设定1个阈值 X , 如果节点 i 发生以下情况:

$$F_{U_i}/T_{D_i} * U_i \leq X, \quad (3)$$

即认为节点 i 为搭便车节点。

2.2 激励协议

激励机制要在系统中起到应有的作用, 必须有一套合适的交互方式, 即协议来保证机制的运行。图2给出了激励机制的模型与其工作的流程。

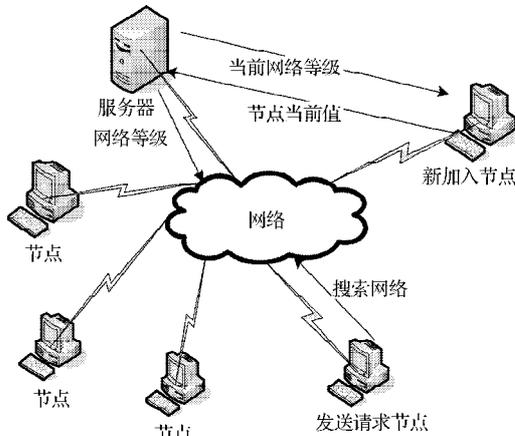


图2 激励机制 GAIM 模型

Fig. 2 The GAIM model of incentive mechanism

如图2所示, 一个节点加入系统, 首先把节点自身的享受能力值、服务能力值发送给监测服务器, 服务器计算当前的搭便车节点比率, 返回当前网络等级值给节点。节点要求得到服务, 首先搜索网络, 找到所有的资源节点, 按照资源节点的服务能力排序, 按序发送请求。当节点退出系统时, 更新自己的服务能力与享受能力, 给监测服务器发送退出消息, 监测服务器重新计算搭便车比率, 控制网络等级。

1) 节点加入协议

节点加入到对等网络, 首先将自身节点的和值发送给监测控制服务器, 服务器返回网络当前的等级值给节点。

2) 节点发送请求协议

节点搜索网络找到拥有资源节点, 对所有资源节点按照 U_i 从大到小排序生成节点列表 Q , 然后按照列表 Q 顺序发送请求。

3) 节点响应协议

节点受硬件方面的制约, 不可能响应所有节点请求, 同时为所有的节点提供服务。节点响应协议

的具体流程如下:

i) 节点接受到请求。

ii) 查看当前网络等级, 根据不同等级转iii)、iv)、v)。

iii) 绿级, 按请求节点值大小加入等待队列。

iv) 橙级, 比较请求节点与自身的 C_i 值, 若大于或等于自身 C_i 值, 则加入等待队列。否则, 以概率 $1-e^{-c_i}$ 响应; 其它不响应。

v) 红级, 比较请求节点与自身的值 C_i , 若大于自身值 C_i , 则加入等待队列。否则不响应。

2.3 惩罚策略

文献[5, 7]指出, 在常见的P2P激励机制的惩罚策略中, 主要有如下惩罚方案: 第一类的惩罚方法是直接取消搭便车者与其它节点的连接, 如果搭便车者与邻接节点的连接中断, 该节点则被从对等网络中清除。第二类是快速降低搭便车者发出的查询请求消息包的TTL值。在无结构对等网络中, 报文转发次数依赖于报文TTL值。一般报文转发一次, 其TTL值减1。若采用以上惩罚机制, 则搭便车者发出的查询报文TTL值可能一次减2。报文在对等网络中转发次数降低, 传播范围变小, 获得响应报文数量会降低。以上2种策略发挥作用时, 搭便车节点会知道自己被限制服务, 故而会主动离开网络。第三类是忽略节点的服务请求。节点收到其它节点的请求后, 判断是否需要响应。在这种情况下, 用户节点是不知道自己被限制服务。

采用以上过于严厉的惩罚策略, 节点就可能主动或被动离开网络, 文中激励机制采用了第三类的激励策略。GAIM是通过限制节点的下载速度来实现的, 当节点下载时采用基于带宽分配的算法分配带宽, 即

$$S_i = N * C_i / \sum_{j=1}^M C_j, \quad (4)$$

式中: i 表示发送请求节点;

M 为节点的连接数;

N 为上传带宽。

根据节点对系统的贡献分配资源, 这样的策略降低了节点的下载速度, 抑制了搭便车行为, 同时让节点增加在线时间, 保证了网络在线节点数量。

3 实验仿真

为了验证激励机制GAIM的效果, 文中构造了仿真实验来检验模型。实验规模包括1000个节点, 网络系统为具有集中索引服务器的对等网络系统, 设定搭便车节点阈值 X 为0.05。规定搭便车节点数小于

800是为绿级;800~900为橙级;大于900为红级。应用场景是文件共享服务,在这里假定文件共享网络是理想的,即每个用户节点可以找到需要的资源,以及声称拥有该资源的所有节点。

首先,对比了基于GAIM激励机制的系统中搭便车节点和贡献节点平均下载效率,如图3所示。从图3看出,搭便车节点的下载效率在系统中没有很明显的变化,而贡献节点的下载效率随着时间增长,上升的越大。

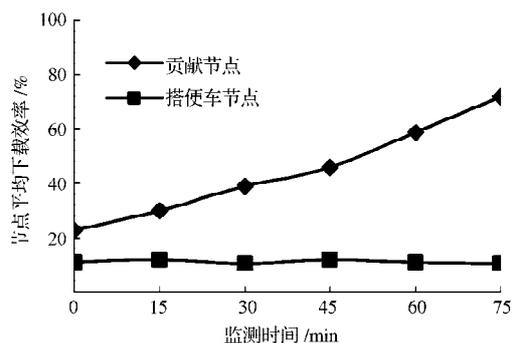


图3 贡献节点与搭便车节点下载效率比较

Fig. 3 The download efficiency comparison of contribution nodes and free-riding nodes

其次,对比了基于GAIM激励机制的系统和没有引入激励机制的系统随着时间的变化,系统中搭便车节点下载时间的变化情况,如图4所示。从图4看出,在有激励机制GAIM的对等网络中,搭便车节点在线时间要远远大于没有激励机制的对等网络中搭便车节点的在线时间。

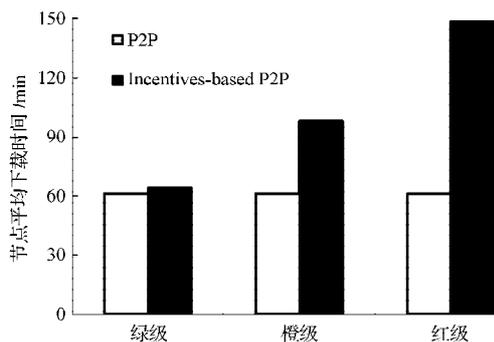


图4 搭便车节点平均下载时间比较

Fig. 4 The comparison of average download time free-riding nodes

由这2个实验可见,文中提出的激励机制GAIM实现了较好的激励功能,抑制了搭便车节点的下载效率。对贡献节点来说,提升了它们的下载效率。

4 结语

针对P2P网络中日益泛滥的搭便车问题,本文提出了一种基于分级调控策略的激励机制,在不同的等级情况下使用不同的抑制策略;并且使用了一种基于带宽的策略来抑制搭便车节点的搭便车行为,通过仿真实验表明,该机制能够有效抑制搭便车节点的下载效率,延长搭便车节点在线时间,能够有效地抑制节点的搭便车行为;同时,考虑了系统在线用户数量,保护了系统开发者的经济利益。

参考文献:

- [1] Adar E, Huberman B. Free Riding on Gnutella[J]. First Monday, 2000, 5(10): 32-35.
- [2] Golle P, Leyton-Brown K. Incentives for Sharing in Peer-to-Peer Networks[C]//Proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce. New York: ACM, 2001: 264-267.
- [3] Cohen B. Incentives Build Robustness in Bittorrent[C]//Proceedings of the 1st Workshop on the Economics of Peer-to-Peer Systems. California: Berkeley, 2003: 1-6.
- [4] Buragohain C, Agrawal D, and Suri S. A Game Theoretic Framework for Incentives in P2P Systems[C]//Proceedings of the Third International Conference on P2P Computing. Linkoping Sweden: IEEE, 2003: 48-56.
- [5] Hughes D, Coulson G, Walkerdine J. Free Riding on Gnutella Revisited: The Bell Tolls[J]. IEEE Distributed Systems Online, 2005, 6(6): 1-18.
- [6] 余一娇, 金海. 对等网中的搭便车行为分析与抑制机制综述[J]. 计算机学报, 2008, 31(1): 1-15.
Yu Yijiao, Jin Hai. A Survey on Overcoming Free Riding in Peer-to-Peer Networks[J]. Chinese Journal of Computers, 2008, 31(1): 1-15.
- [7] Ge ZH, Figueiredo DR, Jaiswall S, et al. Modeling Peer-to-Peer File Sharing System[C]//Proceedings of the IEEE INFOCOM. New York: IEEE, 2003: 2188-2198.
- [8] Karakaya M, Korpeoglu I, Ulusoy O. A Distributed and Measurement-Based Framework Against Free Riding in Peer-to-Peer Network[C]//Proceedings of the 4th International Conference on Peer-to-Peer Computing. Zurich Ch: IEEE, 2004: 276-277.

(责任编辑:罗立宇)