

一种改进的基于等级的 P2P 流媒体激励机制

虞 歌¹, 颜 婷²

(1 杭州师范大学 杭州国际服务工程学院, 浙江 杭州 310012;

2 杭州师范大学 信息科学与工程学院, 浙江 杭州 310036)

摘 要: P2P 流媒体系统中自私节点的不合作行为严重破坏了 P2P 流媒体系统的整体性能. 分析了 Habib 等人提出的基于等级的鼓励用户贡献转发资源的激励机制的缺陷, 提出了一种改进的基于等级的激励机制. 仿真实验结果表明, 改进后的算法具有更好的性能, 能更有效的抑制自私节点的行为.

关键词: P2P; 流媒体; 激励机制

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)01-0169-04

An Improved Rank-Based Incentive Mechanism for Peer-to-Peer Media Streaming

YU Ge¹, YAN Ting²

(1 Hangzhou Institute of Service Engineering, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310012, China;

2 Institute of Information Science and Engineering, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China)

Abstract: The existence of selfish and malicious peers and their non-collaborative behaviors heavily damage the whole performance of the peer-to-peer system. Making an analysis to a rank-based incentive mechanism which was proposed by Habib, found that there were some deficiencies in this incentive mechanism. Thus, an improved rank-based incentive mechanism was proposed which could urge selfish peers to behave collaboratively. The preliminary results verify that the improved incentive mechanism provides a good quality of service and availably control the behaviors of selfish peers.

Key words: peer-to-peer; media streaming; incentive mechanism

1 引言

流媒体技术是一种在数据网络上传递多媒体信息的技术. 把 P2P 技术引入到流媒体传输中而形成了 P2P 流媒体技术, 该方法有两方面的优点: (1) 这种技术并不需要互联网路由器和网络基础设施的支持, 性价比高且易于部署; (2) 在这种技术中, 流媒体用户不只是下载媒体流, 而且还把媒体流上载给其他用户, 因此, 这种方法可以扩大用户组的规模, 且更多的需求也带来了更多的资源^[1].

P2P 流媒体系统工作的前提是各个节点都是合作的, 它们通过贡献资源来提高整个系统的服务性能. 然而在 P2P 网络中, 节点由于固有的理性均希

望最大化自己的利益和效用, 从而导致了只想索取资源而不愿贡献资源的“搭便车”行为. 为使节点愿意主动共享其资源, 抑制“搭便车”现象, 激励机制的研究已经成为 P2P 网络技术新的研究热点^[2].

需要一个合理机制来约束用户在获取资源的同时向公共社区贡献资源^[2]. PROMISE P2P^[3] 流媒体系统的研究表明: 当节点的协作度很低时, 即使在负载比较低的情况下系统的性能也很差; 当一个无私节点同时向多个流会话提供上载时, 提供者和远端接收者的流服务质量都会受损. 因此, 激励机制是保证 P2P 流媒体系统正常运行的关键. 采用激励机制的目标是刺激参与节点的相互协作, 以使得不同利益的节点与其他节点共享资源, 使得整个系统的公

平性和效率达到最优化。

文中提出了一种改进的基于等级的 P2P 流媒体激励机制,仿真实验结果表明,改进后的算法提升了节点的服务质量,有效抑制了节点的自私行为。

2 基于等级的激励机制

文献[4]提出了一种基于等级的鼓励用户贡献转发资源的激励机制。该机制选择节点质量的差异性体现了积分的不同:贡献大的节点允许它有灵活的节点选择权,相应的能得到高质量的视频服务,而对于“搭便车”则限制其节点选择范围,只能收到低质量的视频。

其主要思想是:记录每个节点 i 给其他节点转发数据的贡献 x_i 并对应为一定的分值 S_i ,这个分数用来决定该用户在系统中的级别 R_i 。节点选择依赖于请求者与候选者的等级排序,节点的等级越高,可供选择的供应节点可靠性越高,服务质量越有保障,而等级低的节点选择父节点的范围有限,因此获得低质量的流。 Q_i 使节点获得收益 U_i ,而节点 i 上传资源耗费的成本 C_i 又使节点收益降低。 U_i 、 Q_i 、 C_i 之间的关系如下:

$$U_i(x_i) = a_i Q(x_i) - b_i C(x_i),$$

其中, a_i 和 b_i 分别定义了节点 i 的视频流质量和共享成本值。上传资源所耗费节点的成本考虑了存储所需成本及带宽因素:

$$C_i = c_L L_i M + c_T T_i D_i$$

其中, c_L 是单位存储成本, L_i 是节点上传资源块数量, M 是资源块的平均大小, c_T 是单位传输成本, T_i 是 i 的传输速率, D_i 是 i 的传输时长。积分 S 的累积分布函数为:

$$F(S) = \sum_{i=S_{\text{low}}}^{S_{\text{high}}} f(i)$$

其中, f 为积分 S 的概率密度函数,积分的评定依赖于累积分布函数 $F(S)$ 及系统的节点数量。

最后,质量函数需要考虑的特性为:节点积分递增时,质量函数非递减;质量无限接近 $Q_{\max}$, $Q_{\max}$ 为节点接收流媒体质量,由 N_s 个最好的供应节点提供;质量函数的初始值为非负数 Q_{BE} ,其中 $Q_{BE} = Q(S_i = 0) \geq 0$, Q_{BE} 表示当一个节点刚加入系统时,开始的积分为 0,并获得尽最大努力服务。质量函数被定义为:

$$Q(R_i) = \begin{cases} Q_{\max} & R_i \geq \frac{N_s}{G_i} \\ \frac{R_i G_i}{N_s} Q_{\max} + (1 - \frac{R_i G_i}{N_s}) Q_{BE} & \text{其他} \end{cases}$$

其中, R_i 为节点 i 的等级, G_i 为可供选择的高质量服务节点个数, $R_i G_i$ 为高质量服务供应节点数。

3 改进的基于等级的激励机制

文献[4]提出的激励机制能有效的加强 P2P 流媒体系统中节点的合作,提高流会话质量。但该激励机制存在一个重要的缺陷:当系统中的一些节点已达到较高的等级,获得了预期的服务质量,这些节点就没有动力进一步贡献资源了,而该机制并不能或很久以后才能发现这类“搭便车”,导致系统中一些能力较强的节点不能被很好的利用。为解决这个问题,在上述激励机制中引入一种监控机制。

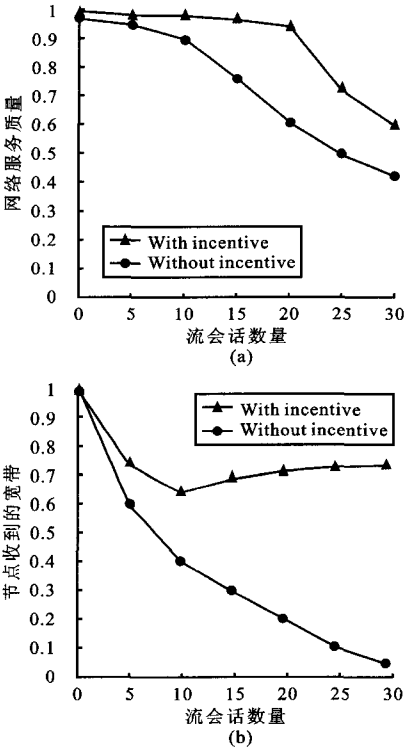
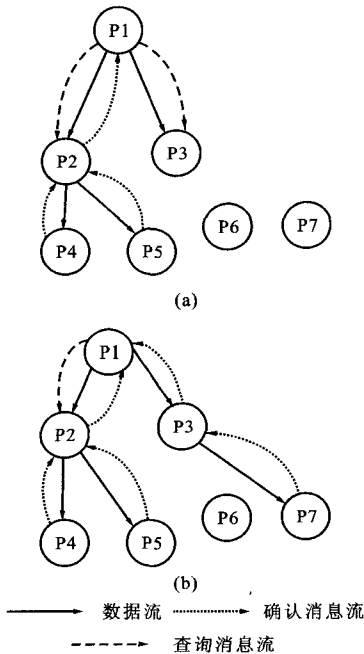
假设在一个 P2P 流媒体系统中有 N 个(用户)节点: $P_1, P_2, \dots, P_N$ 。如果 P_i 给 P_j 传输了流数据,就称 P_i 是 P_j 的上行节点, P_j 为 P_i 的下行节点,用 $P_i \rightarrow P_j$ 来表示。 P_i 的下行节点的集合表示为: $D(P_i) = \{P_j \mid P_i \rightarrow P_j, 1 \leq j \leq N\}$, P_i 的上行节点的集合表示为: $U(P_i) = \{P_j \mid P_j \rightarrow P_i, 1 \leq j \leq N\}$ 。在流媒体会话期间, P_i 节点的行为被其上行节点 $U(P_i)$ 和下行节点 $D(P_i)$ 监控。在流会话过程中,如果节点 P_i 给其下行节点发送了流数据,则其下行节点会给 P_i 发送一个 REC 消息,在一定的时间间隔内上行节点会向其发送 QUERY 消息查询该节点是否收到其下行节点的 REC 消息,以判断该节点是否给其下行节点提供了流数据,如果 P_i 不能提供则证明它是一个自私节点,由上行节点对其实施惩罚,不再对其提供资源并将它的等级降为 0。为了重新获得好的流质量, P_i 节点必须继续为其他节点提供服务以提高自身的等级。因此,采用监控机制后,避免了当节点等级过高已获得预期的服务质量时,不再为其他节点提供服务的问题。改进后等级的计算公式表示为:

$$R(i) = \gamma \frac{S_i}{\sum_{i=S_{\text{low}}}^{S_{\text{high}}} f(i)}$$

其中 γ 为监控因子,当 $U(P_i)$ 发送的 QUERY 消息查询成功时, $\gamma = 1$, 否则 $\gamma = 0$ 。

图 1(a) 为部分流媒体多播树, P_1 给 P_2 和 P_3 贡献了流数据,而 P_3 是个自私节点,不打算把自己接收到的流数据贡献给其他节点, P_2 是个合作节点,它给 P_4 和 P_5 贡献了资源。既然 P_4 、 P_5 收到了 P_2 发出的流数据,它们就会定期的给 P_2 发送确认消息 REC($i, 2$), 其中 $i = 4, 5$; 上行节点 P_1 看到 P_2 收到其他节点的确认消息就说明 P_2 贡献了自己的资源。

而 P_3 没有确认消息,则 P_1 可以判断它为自私节点,作为惩罚, P_1 将不在为其提供流数据,而是选择了 P_6 代替(图 1(b)),此时 $\gamma = 0$ 则 $R(3)$ 为 0.



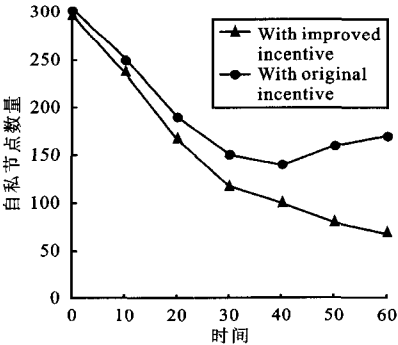
4 实验分析

为了评价激励机制的性能,使用 NS-2 进行了仿真实验. 采用一个类似 Internet 的 Transit-stub 网络拓扑模型,分为三层:最上面一层是中转域(transition domain),类似于大的 Internet 服务提供商;第二层是桩域(stub domain),类似于小的 ISP、校园网或一般企业网;最下层是端节点(end host). 只有端节点作为流数据的接收者和发送者参与到流会话中,实验中用了 1000 个端节点,300 个自私节点^[5-6].

实验一:模拟了在引入该激励机制的系统中,随着流会话数量的增加,网络服务质量以及系统丢包率的变化情况. 图 2(a)为流会话数量与网络服务质量的关系图. 可以看出,在采用文中所提出的激励机制的系统中,当流会话数量 $K < 15$ 时,网络服务质量 Q 是非常接近于 1 的,随着流会话数量 K 的增加,虽然网络服务质量有所下降,但比起未采用文中激励机制的系统,服务质量要好得多. 图 2(b)为流会话数量与节点收到的带宽关系图. 可以看出,在没有激励机制的系统中,随着流会话数量的增多,节点收到的带宽迅速下降. 而在有激励机制的系统中,节点收到的带宽基本处于一个较高且稳定的水平.

实验二:模拟对比了基于改进前后的激励机制

的系统中自私节点的变化情况. 从图 3 中可以看出,当时间小于 40 时,两种激励机制中的自私节点都起到了抑制作用,但改进后的系统对自私节点的抑制更好些. 当时间大于 40 后,采用改进前的激励机制的系统中的自私节点又有了一定幅度的回升,这是因为该系统中的一些等级高的节点已经达到了预期的服务质量后停止共享资源成为了新的自私节点;而在采用改进后的激励机制的系统中,自私节点的数目仍在下降. 可见改进后的激励机制能更好的抑制自私节点的行为^[7-8].



5 结束语

文中针对 Habib 等人提出的基于等级的激励

机制存在的缺陷,采用一种监督惩罚的方法对原有激励机制进行了改进.在一个流会话期间,节点的行为被其上行节点和下行节点监控,下行节点会颁发流证书给该节点,以证明该节点提供了流数据,上行节点向该节点索要流证书以判断该节点是否给其他节点提供了流数据,若该节点被证明是自私的,则由上行节点进行惩罚.这样,克服了原有的一些等级高的节点不再共享资源的缺点,以及更好、更及时的发现系统中的自私节点.最后通过仿真实验论证了改进后的算法有效的提升了网络中节点的服务质量,更好的抑制了节点的自私行为.

参考文献:

- [1] 王洪波,马铁慧. P2P 流媒体技术原理及应用[J]. 中兴通讯技术, 2007, 13(6): 18-21.
- [2] Weihong Wang, Baochun Li. To play or to control: a game-based control-theoretic approach to peer-to-peer incentive engineering[C]//Proceedings of IEEE International Workshop on Quality of Service. USA: Berkeley, 2003: 174-192.
- [3] Hefeeda M, Habib A, Botev B, et al. PROMISE: peer-to-peer media streaming using collect cast[C]//Proceedings of the eleventh ACM international conference

on Multimedia. USA, 2003: 45-54.

- [4] Habib A, Chuang J. Incentive mechanism for peer-to-peer media streaming[C]// Proceedings of 12th IEEE International Workshop on Quality of Service. Canada, 2004: 171-180.
- [5] Yun Tang, Lifeng Sun, Meng Zhang, et al. A novel distributed and practical incentive mechanism for peer to peer live video streaming[C]// ICME 2006. Canada. Toronto, 1533-1536.
- [6] Thomas Silverston, Olivier Fourmaux, Jon Crowcroft. Towards an incentive mechanism for peer-to-peer multimedia live streaming systems[C]// Peer-to-Peer Computing. Germany: Aachen, 2008: 125-128.
- [7] 冯健, 张建华, 温乃宁. 一种基于响应度的 P2P 点播流媒体系统激励机制[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(6): 198-201.
- [8] 张建风, 王汝传, 徐小龙. 基于一种新的激励机制的 P2P 系统的 UML 建模[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(10): 175-177.

作者简介:

虞 歌 男, (1963-), 硕士, 副教授, CCF 会员. 研究方向为计算机网络.

颜 婷 女, (1985-), 硕士研究生. 研究方向为计算机网络.

(上接第 168 页)

5 结束语

文中设计实现了一种高性能, 面积优化的智能卡加解密硬件系统, 实现了 128 bit AES 和 1024 bit RSA 硬件加解密功能, 可有效支持数字签名签署, 数字签名验证等操作, 具有可靠的安全性能. 采用 SMIC 0.18 μ m 混合工艺进行了流片验证, 验证结果表明该加解密系统完全达到智能卡对高安全性的要求, 同时具有良好的加解密性能和较小的面积, 可广泛应用于 3G 智能卡芯片中.

参考文献:

- [1] 景为平, 徐晨, 陈海进. AES 密码算法的结构优化与实现[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(2): 36-38.
- [2] Henry Kuo, Ingrid Verbauwhede, Patrick Schaumont. A 2.29Gbits/sec, 56mW non-pipelined rijndael AES encryption IC in a 1.8V, 0.18 μ m CMOS technology[C]// IEEE 2002 Custom Integrated Circuits Conference. USA: Florida, 2002: 147-150.
- [3] Refik Sever, Nesiln Ismailiglu, Yusuf C Tekmen, et al. A high speed ASIC implementation of the rijndael algorithm

[C]// ISCAS. Las Angeles: IEEE, 2004(2): 541-545.

- [4] Lu Chihchung, Tseng Shauyin. Integrated design of AES (Advanced Encryption Standard) encrypter and decrypter [C]// ASAP'02. USA: London, 2002: 277-285.
- [5] STMicroelectronics. ST22N144, ST22N144_A data brief, rev 2[EB/OL]. (2006-06-10)[2010-11-19]. <http://www.st.com>
- [6] Infineon Technology. SLE88CX720P preliminary short product information[EB/OL]. (2006-03-09)[2010-11-20]. <http://www.infineon.com>
- [7] Kwon T W. Two implementation methods of a 1024 bit RSA cryptoprocessor based on modified Montgomery algorithm[C]// ISCAS2001. New York: IEEE press, 2001(4): 650-653.
- [8] 刘强, 佟东, 程旭. 一款 RSA 模乘幂运算器的设计与实现[J]. 电子学报, 2005, 33(5): 156-160.
- [9] Richard Herveille. RSA specification[EB/OL]. (2003-03-10)[2010-10-15]. <http://www.opencore.com>

作者简介:

戴 鹏 男, (1983-), 博士研究生. 研究方向为微处理器体系结构设计、SOC 体系结构设计等.