

基于服务质量的 P2P 流媒体节点选择策略的研究*

孙卫军, 周井泉

(南京邮电大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京 210003)

摘要: 分析了现有面向服务质量的 P2P 流媒体的节点选择策略特点, 利用仿真工具 peersim 分析比较三种结构化流媒体协议在传输比率、系统健壮性方面的表现, 并指出算法存在的问题和未来的发展方向。

关键词: P2P 流媒体; 节点选择策略; 激励机制

中图分类号: TP393.09

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)11-0080-02

Study of node selection strategy in P2P media streaming based on service quality

SUN Wei Jun, ZHOU Jing Quan

(College of Electronic Science and Engineering, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: In the article we use peersim to analyze three different structured P2P media streaming approaches and compare their performances at delivery ratio and system robustness. At last, the existing problems for current algorithms and the research direction in the future are presented.

Key words: P2P media streaming; peer selection strategy; incentive strategy

随着互联网成为人们日常生活的组成部分, 越来越多地依赖它来获取或交换信息。其发展趋势是流媒体在网络上的应用, 特别是 P2P 流媒体数据的应用, 已成为流媒体应用较新的手段。在典型的 P2P 流媒体的应用协议中, 一个媒体服务器可以服务于数以万计的用户, 如此强大的服务能力源自于服务器把媒体流数据分发给它的整个用户群体, 而这些用户相应地把他们的媒体数据与其他的用户以 P2P 的方式进行分享。

P2P 流媒体系统中的节点选择策略是指节点加入系统时, 从具有所需内容的其他节点集合中挑选邻居节点所采取的决定策略。P2P 流媒体系统结构图如图 1 所示。节点选择策略是 P2P 系统的核心部分, 是由节点的动态性决定的。但这种动态性使得无法预先采用某种动态的方法来处理这种问题, 与传统的依赖于固定服务器或路由器的节点分配方法差别很大, 所以面临更大的挑战性。

在流媒体系统中, 流服务质量是评价系统性能的最重要的参数。性能好的流媒体系统以提高系统的流服务

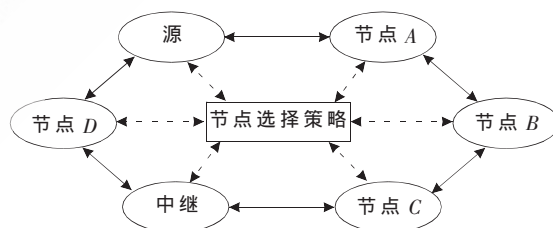


图 1 P2P 流媒体系统结构图

质量为基础, 同时提高系统的健壮性、网络负载均衡性。

1 研究现状

早期节点选择策略是作为整个系统的一部分进行研究, 不同的 P2P 协议都具有节点选择策略的描述算法, 目的是为了满足不同或改进系统性能。而随着 P2P 技术的发展, 节点选择策略作为系统核心部分的重要性越来越凸现出来。通过对已有的 P2P 流媒体协议进行分析, 节点选择策略可将其划分为 3 种类别: 面向系统健壮性、网络负载均衡性、面向流服务质量或面向网络拓扑聚集, 其中面向服务质量的节点选择策略为主要研究领域。

2 面向 P2P 流媒体服务质量的节点选择策略

带宽优先是早期的 Overcast^[1]系统的节点选择标准,

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 91

* 基金项目: 国家 863 项目(2009AA01Z202); 江苏省科技支撑项目(BE2008134)

技术与方法 Technique and Method

该系统基于单播树 tree 结构,以追求带宽最大化为主要目标。节点首先连接根节点,并测量根节点与当前节点的带宽,如果与子节点之间的带宽大于与当前节点之间的带宽,则从这些子节点中选择 1 个作为当前节点,然后再启动新一轮比较。因此带宽大小为该系统的主要衡量标准,带宽大且距离根节点近的节点为候选节点的概率明显高于其他节点,该种策略符合 tree 结构本身的特点。

Promise^[2]系统采用两种方法进行节点选择:(1)以延迟、丢包率、可用带宽等为指标,计算每一候选节点到接收节点路径的良好度;(2)利用拓扑聚集的异构性,考虑到路径的相关性,尽量选择相关性小的节点,减轻拥塞路径对系统性能的影响。

2.1 非循环有向图(DAG)协议系统 Dagster

非循环有向图(DAG)系统 Dagster^[3]设计是用来适应多相的系统环境,系统中的节点拥有不同的下行带宽和不对称的连接。它提供了一种智能的激励机制促使节点贡献更多的下行带宽以服务于其他节点,允许节点拥有多个父节点以便获得分布的媒体流,而且还可以使得父节点对输入的媒体流重新编码实现再分发,通过几种机制的共同作用来提高流服务质量。

对于节点 i ,用 R_i 表示所需求的数据比特率、贡献的带宽为 B_i ,父节点个数的上限为 P_{\max} ,子节点个数的上限为 C_{\max} , i 所请求的父节点的个数为 P_i ,可服务的子节点的个数为 C_i 。从而定义 $b_{(i,j)}$ 为从 i 到 j 的数据传送率。定义 A_i 为可贡献的带宽,有:

$$A_i = B_i - \sum_j b_{i,j} \quad (1)$$

在构成 DAG 的过程中,规则如下:

(1)单向递减的比特率。如果 i 是 j 的父节点,那么 $R_i \geq R_j$ 。之所以需要这个规则是因为 Dagster 允许接收节点接收不同比特率的数据流。一个节点不可能接收到比父节点更好的数据流。

(2)父节点提供的数据比特率相等。对于一个节点 i 和它的任意两个父节点 j 和 k ,有 $b_{j,i} = b_{k,i}$ 。这个规则指出一个节点所需的数据流在它的所有父节点之间是均匀分割的。

(3)抢占规则。如果 $B_i > B_j$,那么 i 可以抢占 j 的位子,这个规则是节点选择策略的关键所在,因为它鼓励节点贡献较高的下行带宽服务于其他节点。

(4)不间断服务规则。如果节点 i 被父节点接受,它不会被剔除掉,除非其所有父节点均失效或其自动离开。

基于以上规则,Dagster 首先定义了合格候选节点的条件,即当节点 i 能够服务于节点 j 并满足相关条件时, i 为合格候选节点。

Dagster 系统也是结构化的 P2P 流媒体系统,其优点是拥有较强的系统健壮性。一个系统构架的结构,降低了系统的复杂度,并在节点选择策略中引入了激励机制。但是系统需要解决的问题是如何实现避免 DAG 图形的循环(这项检验必将增大系统的开销);实现父节

点重编码机制虽然可以提高流服务质量,但也不可避免增加了系统开销及如何应对欺骗节点的挑战。

2.2 基于博弈理论的节点选择策略 GAME

基于博弈理论的节点选择策略 GAME^[4]派生于 DAG 的算法协议,在节点选择的时候同样着眼于节点的贡献带宽,是一种节点间相互合作的策略,从而形成了一种新型的节点选择算法,这种算法的核心在于节点所拥有父节点的数量是可变的(决定于节点贡献带宽的多少)。

GAME 算法引入了博弈理论中的标量值函数 $V(\cdot)$ ^[5],用以对一个节点集量化。具有固定节点数目 N 的 P2P 流媒体系统,其任一子集 G , $V(G)$ 代表了 G 中所有节点的总开销,即:

$$V(G) = \sum v(x) \quad (2)$$

GAME 的节点选择策略提出了专属函数模型 $V(G)$,

$$V(G) = \begin{cases} \log(1 + \sum_{p \in G} \frac{1}{b_p}) & p \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

当父节点只是节点集中唯一时,值函数的值为 0,即 $V(G_i) = 0$,并随着节点集的规模而递增。从另一个角度理解,一个新节点可为一个节点集带来额外的值,从而使得一个节点可以为不同的节点集带来不同的值。因此,这个值函数满足形成节点聚集所需条件。

除了以上特性,这个值函数还可以根据带宽贡献的不同来区分出不同的节点。对于同一个节点集 G ,节点 x 会得到比节点 y 更大的值,条件是 $b_x < b_y$ 。

GAME 协议着重于三个重点参数的数值:节点的上行节点数量、下行节点数量以及每个节点连接的平均节点数。该算法最大的贡献在于,节点的上行节点和下行节点数量是可变的,这与现存协议固定的节点数量相比具有更大的灵活性。在受到节点动态性影响方面,GAME 协议受到的影响较小,能够提高数据传输比率,从而保证流媒体服务质量。但同时智能化的激励机制也增加了系统开销,此外,在如何应对欺骗节点方面,GAME 协议依然没有给出解决办法。

3 面向流媒体服务质量的节点选择策略性能比较

利用仿真软件 peersim,分别对单播树、有向图(DAG)和博弈协议(GAME)在流的传输比率、系统健壮性方面进行比较,初始设定节点数目为 1 000 个,服务器带宽为 3 000 kb/s,节点最小出口带宽为 500 kb/s,媒体流比特率为 500 kb/s,节点反复比率最大为 50%(即最大有 50%的节点产生加入离开动作,可以用来表示网络动态性),博弈协议的分配系数 α 为 1.2,数据传输仿真结果如图 2 所示。

由于单播树协议每个节点只能通过唯一的父节点获取媒体流,一旦父节点离开,其子节点将不能得到服务直到新的父节点被发现,因此不可避免地降低了数据传输率。而 GAME 协议在传输比率上要优于 DAG 协议,

技术与方法 Technique and Method

这是由于 GAME 协议的节点选择策略对节点的贡献带宽激励机制更加智能化,能够充分考虑到节点带宽的异构性,从而保证了较高的传输比率。

在系统健壮性方面,以 15%~50%

之间的反复比率为比较区间,由于其单一的结构模型以及较低的数据传输率,单播树在节点反复比率增大时稳定性最差。而 GAME 协议虽然在传输比率上优于 DAG 协议,但在系统健壮性方面要略逊一筹,由于 GAME 协议分配给高出口带宽的节点较多的父节点,从而导致了其他节点更容易受到系统动态性的影响,系统健壮比较如图 3 所示。

通过比较三种基于提高 P2P 流媒体服务质量的节点选择策略,可以发现早期的单播树节点选择策略(如 Overcast、Promise)具有结构简单、系统开销小的优点,但流媒体数据传输率较低,系统健壮性弱,容易受到系统动态性影响。而 Dagster 和 GAME 策略基于较复杂的单向图结构,能够更好地考虑到节点带宽异构性的影响,GAME 协议的数据传输率较 Dagster 高,因此流媒体服务质量更高,但其系统健壮性要劣于 Dagster,而且较大的系统开销也使得 Dagster 和 GAME 协议实现复杂。并且

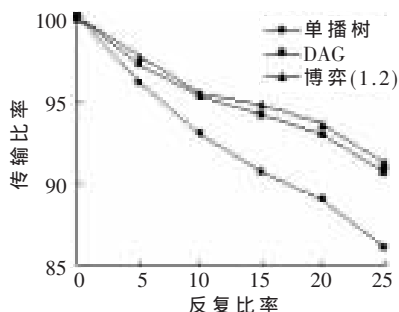


图 2 数据传输比率

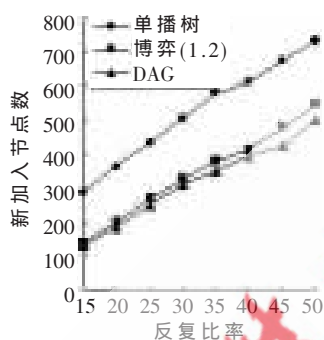


图 3 系统健壮性比较

目前的节点选择策略没有引入信任机制,在应对欺骗节点方面没有办法。

根据对各种策略优缺点的分析,预测 P2P 流媒体节点选择策略未来发展方向为:(1)在提高流媒体服务质量的同时,要保证系统的健壮性,以应对系统动态性的影响。而网络负载均衡性和网络资源利用率也需同时兼顾。(2)在引入激励机制后,引入信任机制。对节点行为进行监督,以应对欺骗节点对系统的不良影响,保证系统的良好服务环境。

参考文献

- [1] JANNOTTI J, GIFFORD D K, JOHNSON K L, et al. Overcast: Reliable multicasting with an overlay network[C]. USA: Proceedings of the Fourth Symposium on Operating Systems Design and Implementation, 2000.
- [2] HEFEEDA M, HABIB A, BOTEV B, et al. PROMISE: Peer-to-peer media streaming using collectcast [C]. Berkeley, California, USA: Proceedings of MM, 2003.
- [3] OOI W T. Dagster: Contributor-Aware end-Host multicast for media streaming in heterogeneous Environment [P]. SPIE Multimedia Computing and Networking, 2005.
- [4] YEUNG M K H, KWOK Y K. Game theoretic peer selection for resilient Peer-to-Peer media streaming [J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2009, 20(10):1512-1525.
- [5] OSBORNE M J, RUBINSTEIN A. A course in game theory [M]. MIT Press, 1994.

(收稿日期:2009-10-13)

作者简介:

孙卫军,男,1983年生,硕士研究生,主要研究方向:现代通信系统与通信信号处理,P2P流媒体。

周井泉,男,1963年生,博士,教授,主要研究方向:现代通信系统特别是通信网络(包括有线网络和无线网络)系统中的优化问题。