

文章编号:1004-1478(2011)03-0058-05

基于 PeerCast 的 P2P 流媒体节点 选择机制的研究与改进

黄道颖, 何海亮, 陈慧, 张安琳, 李建春

(郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:针对 Overcast 系统的延迟性能较差和节点树的平衡性问题,对其带宽优先算法延迟性能进行改进并对其节点结构树予以平衡.仿真实验表明,该算法相比于原来的节点选择算法,性能得到了明显的改善.

关键词:PeerCast;节点选择机制;带宽优先;延迟;树平衡

中图分类号:TP393

文献标志码:A

Study and improvement of P2P streaming media node selection mechanism based on PeerCast

HUANG Dao-ying, HE Hai-liang, CHEN Hui, ZHANG An-lin, LI Jian-chun

(College of Comp. and Com. Eng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China)

Abstract:The Overcast working process and principles of Cisco based on the PeerCast model were expounded, and the node selection strategy of Overcast system was analyzed, the delay performance of bandwidth priority algorithm was improved and node structure tree was also balanced. The simulation results showed that the performance of this new algorithm was better than the original node selection algorithm.

Key words:PeerCast;node selection mechanism;bandwidth priority;delay;tree-balance

0 引言

近年来,由于互联网技术的迅速发展,以 P2P (peer to peer) 技术为核心的流媒体系统得到了广泛的应用.节点是指参与系统的终端,一般包括媒体源服务器、转发服务器和普通客户端.当一个节点加入 P2P 系统时,系统将根据某种策略选择部分节点作为该节点的邻居节点,该节点进一步与这些邻居节点建立连接,获取数据,这种策略就是节点选

择机制.因为 P2P 节点具有动态性,所以每个节点出现的空间、时间、持续时间及节点对之间的性能参数都是未知的.因此,如何在具备动态性特征的 P2P 流媒体系统中更好地选择节点,成为国内外相关研究的一个热点^[1].本文拟选取目前 P2P 流媒体领域较有代表性的开源项目 PeerCast 系统,对其内部机制进行分析,结合 Cisco 公司的 Overcast 系统,对这类树状结构的节点选择算法——带宽优先策略——进行研究.

收稿日期:2011-03-15

基金项目:国家科技支撑计划项目(2006BAK01A38);河南省杰出青年科学基金项目(0612000600);河南省自然科学基金项目(611052300)

作者简介:黄道颖(1967—),男,河南省南阳市人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为计算机网络体系结构、分布式计算系统.

1 基于树状的 P2P 模型结构

目前 P2P 流媒体系统在其网络的组织结构上大体可以分成 2 大类^[2]:一类是基于树的覆盖网络结构,一类是数据驱动随机化的覆盖网络结构. 本文主要针对树形结构进行分析. 由于树形结构的 PeerCast 由高级语言 C++ 编写,可以跨平台运行,因此方便研究其代码,在今后的工作中,可以在它的基础上做出自己的优化和改进.

1.1 PeerCast 模型

基于树的方法不需要复杂的视频编码算法,重要的是如何更好地选择节点,确保流媒体服务质量,并且维持树的平衡性. PeerCast 系统^[2]主要由 Yellow Page(以下简称 YP,整个网络的根目录服务器,运行于流媒体服务器下,管理和显示频道信息)、广播者(接收和中转信息)、流媒体服务器(提供音视频)和客户端(播放 PeerCast 获得的媒体数据)组成. 系统模型如图 1 所示.

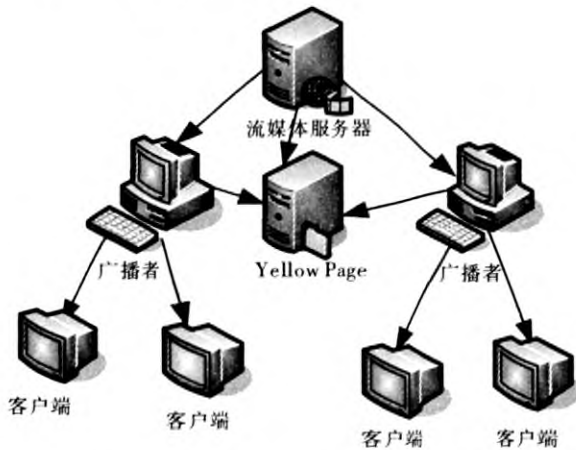


图 1 PeerCast 网络拓扑结构模型

1.2 模型存在的问题

该模型主要的节点选择策略——带宽优先策略,仅采用简单排序法,从一定程度上造成了时间延迟. 另外,其算法在节点加入和离开时并没有某种机制使树的结构平衡,这可能造成树的层次比较高,从而增加了节点之间的传递延迟. 这两方面导致客户端节点等待时间过长,也阻碍了该模型的进一步发展.

2 Overcast 系统的节点选择策略

Overcast 系统是 Cisco 公司开发的一种基于

PeerCast 模型的系统软件,带宽优先算法是其节点选择机制的特点,目标在于追求带宽最大化. 该算法原理^[3-4]是:一个节点首先连接根节点,并将根节点作为当前节点,测量新节点与当前节点,以及与当前节点的子节点之间的带宽,如果与子节点之间的带宽大于等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,并启动新一轮比较. 因此带宽大的、并且在树结构中距离根节点近的概率较高,符合树形结构本身的特点. 如果请求点的带宽大于接收点,接收点把请求点定向到接收点的父节点,接收点自己再定向到请求点. Overcast 带宽优先节点选择机制如图 2 所示.

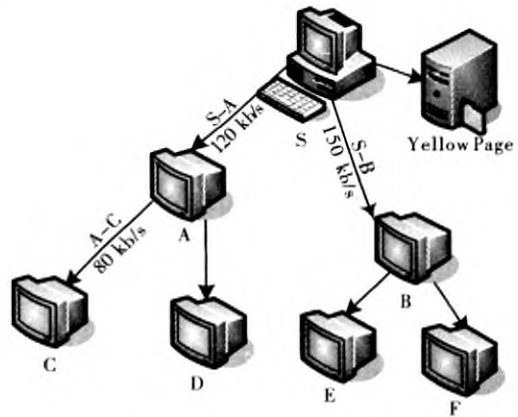


图 2 Overcast 带宽优先节点选择机制

该类方法综合考虑候选节点的性能差异,以及候选节点与请求节点之间的性能关系,以提高节点的流服务质量. 一般而言,等待时延对于用户来说,显得格外重要,在新节点刚加入时和网络带宽还很有限的情况下,花如此长的时间等待一个音频视频文件的连接和下载,降低了系统用户对系统管理者的忠诚度. 就前述算法原理可知,用户需要等待系统的查找、计算,然后进行连接,那么如何减少查找计算时间,成了减少时延的关键所在.

根据当前几种比较流行的查找算法,以时间最优为出发点,本文提出一种带宽优先的改进算法——快速排序法. 首先,YP 中实时跟踪并记录相关节点的信息,包括带宽大小. 当进行查找时,利用 YP 中存储的带宽信息,并利用归并排序算法进行带宽排序,以大大缩短查找最优带宽节点时间. 同时,在形成 P2P 节点树结构时,引入最优平衡树机制,降低节点树的深度,以进一步降低节点选择的延迟.

3 最优带宽节点算法的改进

3.1 传统的查找最优带宽节点的算法

如前所述,当用户点击 YP 页面的某一个频道收看/听时,该 PeerCast 节点第 1 次加入 PeerCast 网络. YP 首先要为该节点寻找父节点,这时使用带宽优先算法:一个节点首先连接根节点,并将根节点作为当前节点,测量新节点与当前节点、当前节点的子节点之间的带宽. 如果与子节点之间的带宽大于等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,并启动新一轮比较. 考察该算法发现,其寻找最优带宽部分的算法非常简单,仅采用了简单排序法,其部分算法伪代码如下:

```
Void SelectSort(SqList &L) {
    //对节点表 L 进行简单选择排序
    for(i=1; i < L.length; ++i) { //选择第 i 个大的
        记录并交换到位
        j = SelectMaxKey(L, i); //在 L.r[i..L.Length] 中
        选择 Key 最大的记录
        if(i != j) L.r[i] < - - > L.r[j]; //与第 i 个记
        录交换
    }
    } //SelectSort
```

简单排序法的时间复杂度为 $O(n^2)$, 因此原带宽优先算法在这一部分的程序算法可以有较大的改进空间.

3.2 改进后的算法

从简单排序法知道,它是从第 1 个节点开始,逐次比较,因此时间延迟较长. 在此提出采用时间复杂度为 $O(n)$ 的归并排序法替换相关程序,即可得到满意的查找效率. 其 C++ 伪代码算法如下:

```
Void Merge(RcdType SR[], RcdType&TR[], int i, int m,
int n) { //将有序的 SR[i...m] 和 SR[m+1...n] 归并为有序的
TR[i...n]
    for(j=m+1, k=i; i <= m && j <= n; ++k) { //
    将 SR 中的记录由小到大并入 TR
        if(LQ(SR[i].key, SR[j].key)) TR[k] = SR[i+
        +];
        else TR[k] = SR[j+ +];
    }
    if(i <= m) TR[k...n] = SR[i...m]; //将剩下的 SR[i
    ...m] 复制到 TR 中
    if(i <= n) TR[k...n] = SR[j...n]; //将剩下的 SR[j...
    n] 复制到 TR 中
    } //Merge
```

将该部分算法用于 Overcast 系统,代替原始逐次寻找带宽最大节点的算法(简单算法),从时间复杂度来看,简单排序算法查找最优带宽节点的时间复杂度是 $O(n^2)$,而归并排序法是 $O(n)$,能很好地改善延迟性能,使用户既能得到高的服务质量,也使等待时间大大缩短.

3.3 平衡树问题

3.3.1 节点的加入 新节点在试图加入时,首先向服务器请求服务,如果服务器有足够的资源,则服务器向新节点提供服务,否则服务器把新节点的请求转发给某个直接的子节点. 子节点根据自己的资源情况判断是否给新节点提供服务,以此类推直到新节点找到一个父节点. 在这个模型中,每个节点仅仅维护自己的父节点和直接子节点的信息. 但系统如果采用带宽优先算法,一味地追求带宽最大化,容易导致树结构的不平衡,从而增大延迟.

3.3.2 节点的退出 当某个节点离开的时候,如果该节点是叶子节点,则它只需要向父节点发一个退出的请求,通知其父节点释放所有为它提供服务的资源,多播树的其他节点保持不变. 如果该节点不是叶子节点的话,那么它的离开会导致其所有的后续节点失去服务,所以在它离开之前,必须为它的所有子节点重新分配父节点. 重新分配父节点有 2 种模式: 1) 该节点的所有后续节点的每 1 个节点都被重新加入; 2) 维持节点后的子树不动,只把它的每个直接子节点作为一个子树重新定向给新服务节点. 这种方式的优点是不需要重新加入所有子节点,树的修复过程会更快. 显然,为了减小波动性,提高流服务质量,原系统采取第 2 种方式,但是同时其节点树结构也可能会出现不平衡现象,一定程度上也影响了系统的延迟性能.

3.4 树状结构的平衡

对于树状模型的 P2P 系统而言^[5],要综合考虑节点树的平衡性,既要为用户提供可靠的流服务质量,又要考虑到延迟性,即客户的容忍度,否则即使流服务质量再好,也会由于前期等待时间过长而影响系统的流行性. 时延主要有 2 方面影响: 一是流服务质量,即所谓的父节点可提供的带宽,如果带宽过小,可能导致缓存池数据不足以提供正常的播放,从而使画面出现停顿或者画面不清晰; 二是提供流服务数据的父节点距离根节点路径,如果距离太远,则传输时间长,并且当距离根节点较近的节点退出时,下面的所有子节点可能全部失去流服

务,影响较大.这也是距离根节点较近优先选择作为父节点的原因之一.

原算法在节点加入和离开时并没有一种机制使树的结构平衡,这将可能造成树的层次比较高,从而增加节点之间的传递延迟.为了避免这种现象,需要对树进行平衡约束,要保证父节点既能提供好的服务质量,又能保持树状结构较好的平衡性.为此,在改进算法中,在PeerCast节点树构造时加入最优平衡树算法,以解决这些问题.

3.5 最优平衡树的构造

在PeerCast树构造之初,它仅仅是一棵只有根节点的树,为对树进行平衡约束引入最优平衡树算法,为每个节点设定平衡因子,并依据最优平衡树原理构造其P2P节点树结构:当节点逐渐增多时,保证该树节点的深度之差的绝对值不超过1,即平衡树上所有节点的平衡因子(指父节点和叶子节点之间经过路由器的跳数)只能是-1,0,1.只要平衡树上的平衡因子的绝对值大于1,那么该树就是一颗不平衡的树.图3是采用最优平衡树算法构造的PeerCast节点树(图3a))和原PeerCast节点树的示意图.

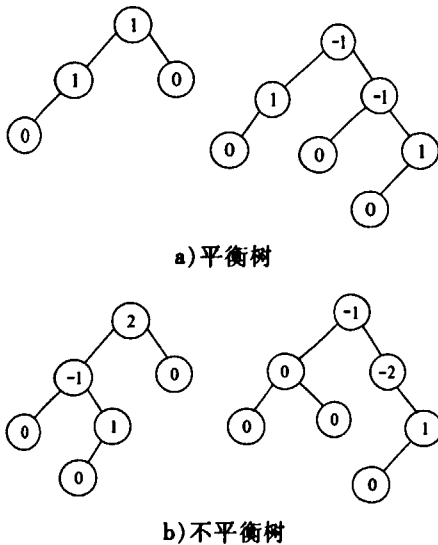


图3 PeerCast节点树平衡与不平衡现象

从图3可以看出,在系统构造PeerCast树时(新节点加入时),采用最优平衡树原理,将树上的平衡因子的绝对值限定在≤1,就可以很好地规避树的不平衡性现象,从而减少不必要的等待时间.

4 性能分析

为了更好地验证改进后算法的有效性,分别测

试改进的节点带宽优先算法和典型的带宽优先算法的主要性能参数.

4.1 实验环境

通过P2P仿真软件PeerSim对P2P流媒体系统进行模拟仿真.在模拟中通过随机增加和减少节点中20%的节点来模拟P2P系统的动态特性.P2P覆盖网的节点总数在0~1000之间变化,流会话持续90min,流速率为1Mb/s.对比3个主要的性能参数,即流服务质量、覆盖网半径及覆盖网压力.

4.2 性能参数

1)流服务质量.用户获得的流服务质量是衡量流媒体系统性能的最重要指标.在有限时间内,节点实际获取到的有效媒体数据占应获取媒体数据的比例,称为节点的实际数据到达率.本实验通过仿真1h的直播时间,设实际到达率为 R_i , N 为节点总数, M 为系统的平均到达率,则有

$$M = \sum_{i=1}^N R_i / N$$

2)覆盖网半径.启动延迟是另一个评判流媒体系统性能的重要标准.系统中参与的节点应该保持与数据源的同步性,通过P2P覆盖网半径来评价.覆盖网半径是指网络中所有节点之间的网络距离最大值,节点之间的网络距离是通过计算2个节点在覆盖网上可连通路的最小跳数(HOP)值来获得的.覆盖网半径越小,证明网络中信息传播速度越快,节点与源同步性越高,延迟越小.

3)覆盖网压力.P2P覆盖网压力定义为通过覆盖网进行数据分发时,穿越骨干网的流量与所有节点下载流量总和的比值.通过计算覆盖网压力,可以估计节点选择机制所形成的覆盖网对网络资源的利用程度.覆盖网压力越小,网络利用率越高,网络拓扑树的平衡性越好.

4.3 结果分析

实验结果如表1所示.

表1 节点选择性能测试结果

算法	覆盖网半径/HOP	流服务质量/%	覆盖网压力/%
改进以后的算法	3.5	74	67
典型的带宽优先	6.0	74	75

1)覆盖网半径分析.针对节点带宽排序的改进,主要是为了缩短延迟.通过表1显示的覆盖网半径可以看出,典型带宽优先算法启动延迟较低,但

较改进的带宽优先算法相差 0.714 倍. 由实验参数可知, 覆盖网半径越小, 延迟越短. 因此改进后的算法延迟性较好.

2) 流服务质量分析. 由表 1 可知, 流服务质量是相同的, 都是 74%, 由此看出, 改进后的算法并没有因为节点排序方法改变或者模型构造方法改变而影响系统的流服务质量.

3) 覆盖网压力性能分析. 评价模型的拓扑树平衡性的好坏, 主要通过 P2P 覆盖网压力性能进行分析. 从表 1 中覆盖网压力的大小可知, 通过最优平衡树的构造方法后, 模型结构趋于更加合理, 覆盖网压力明显减小, 为 67%, 较原来减少 8%.

5 结语

本文以一个开源的 P2P 流媒体系统 PeerCast 为研究对象, 通过分析基于 PeerCast 模型的 Overcast 系统节点选择算法的工作原理, 针对延迟性和构造

树的平衡问题, 对传统的带宽优先选择策略中查找最优带宽节点算法进行改进, 并对其节点树予以平衡. 仿真实验结果表明, 改进后的算法可较好地优化系统性能.

参考文献:

- [1] 郑春浩, 颜金尧. 基于 PeerCast 的 P2P 流媒体系统 [J]. 中国传媒大学学报, 2009, 16(9): 51.
- [2] Deshpande H, Bawa M, Garcia Molina H. Streaming live media over peers [R]. Wikipedia: Stanford University, 2002: 4-18.
- [3] 葛宇, 梁静. 改进的高度优先策略在 P2P 流媒体节点选择机制中的研究 [J]. 计算机系统应用, 2009 (11): 45.
- [4] 郑婕, 张松, 齐浩, 等. P2P 流媒体节点选择机制的研究与仿真 [J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(22): 5398.
- [5] 杨雪. PeerCast 节点选择机制的分析及改进 [J]. 计算机工程, 2009, 35(3): 60.

(上接第 52 页)

效率上: EAP-TLS 中用到了基于公钥密码算法 (如 RSA 算法) 的数字证书, 验证数字证书中的签名需要执行公钥密码算法, 计算量较大; 而 EAP-SAKE 中只用到了带有密钥的 Hash 函数. 显然, 公钥密码算法的计算量要比 Hash 函数大很多, 因此 EAP-SAKE 更适合用于计算资源有限的小型便携式通信设备.

表 1 EAP-TLS 与 EAP-SAKE 对比

认证方式	双向认证	密钥协商	抵御重放攻击	抵御中间人攻击	是否用到公钥密码算法	计算复杂度
EAP-TLS	可以	可以	可以	可以	是	大
EAP-SAKE	可以	可以	可以	可以	否	小

3 结语

随着访问 WLAN 的通信设备向着便携化、小型化的方向发展, 原来使用的认证方式由于需要较多的计算资源和较高的通信能力而不适应这种发展趋势. 本文提出了一种基于 EAP-SAKE 的 WLAN 认证方式, 具有通信量小、计算量小、能提供双向认证和密钥协商功能、可抵御重放攻击和中间人攻击等优

点, 适合在资源受限的设备中用于保护移动通信的信息安全.

参考文献:

- [1] 汪晓华. WLAN 安全风险分析及解决方案 [J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2007, 35(11): 157.
- [2] 802.11i, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications [S].
- [3] 余秦勇. 802.1x 协议分析及其应用 [J]. 信息安全与通信保密, 2005(1): 85.
- [4] 王丽霞. 基于 802.1x/EAP 的 WLAN 安全认证分析与应用研究 [J]. 气象科技, 2010(3): 347.
- [5] RFC3748, Extensible Authentication Protocol (EAP) [S].
- [6] 曹利, 杨凌凤, 顾翔, 等. 基于 802.11i 的 EAP-TLS 认证机制的安全分析 [J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(4): 756.
- [7] RFC 5216, The EAP-TLS Authentication Protocol [S].
- [8] RFC4763, Extensible Authentication Protocol Method for Shared-secret Authentication and Key Establishment (EAP-SAKE) [S].
- [9] RFC5247, Extensible Authentication Protocol (EAP) Key Management Framework [S].