

IPTV 频道切换中一种基于优先路径能力的组播树算法

姜占华 孙丹丹 王爱民

(吉林大学计算机科学与技术学院 长春 130012)

(吉林大学符号计算与知识工程教育部重点实验室 长春 130012)

摘 要 为了减少 IPTV 频道切换延时,提出了一种基于优先路径能力评估的组播树维护算法。首先根据候选父节点到源节点的距离确定优先路径集合,然后应用节点能力评估方案对候选路径进行能力评估,根据路径能力的等级确定最优父节点,完成组播树管理。仿真结果表明该算法有效地提高了组播效率,可以减少 IPTV 频道切换时间。

关键词 IPTV,频道切换延时,组播,节点能力,路径能力

中图法分类号 TP393 **文献标识码** A

Multicast Algorithm Based on Priority Route Performance in IPTV Channel Zapping

JIANG Zhan-hua SUN Dan-dan WANG Ai-min

(College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun 130012, China)

(Key Laboratory of Symbolic Computation and Knowledge Engineering of Ministry of Education, Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract In order to reduce the channel zapping time of the IPTV, this paper presented a new multicast algorithm based on the priority route performance evaluation which maintains the multicast tree. First of all, the priority route set was got according to the distance between the candidate parent node and the source node, then it was described that the candidate path performance was evaluated by using the peer performance assessment algorithm, ultimately, the optimal parent node was obtained based on the level of path performance, and then the multicast tree management was completed. Analysis and simulations show that this algorithm improves the efficiency of the multicast tree effectively, reduces the channel zapping time of the IPTV and enhances the QoE(Quality of Experience).

Keywords IPTV, Channel zapping time, Multicast, Peer performance, Path performance

1 引言

IPTV(Internet Protocol TV or Interactive Personal TV, 交互式网络电视)因为带宽和加载方式原因不能像传统电视那样同时接收所有的频道节目,所以在进行频道切换时,要经过一系列的请求处理及数据传输过程,才能最终接收到新频道数据,这将导致延时的发生,从而降低用户的体验质量,因此减少 IPTV 频道切换延时具有重要意义。

网络延时是指 STB(机顶盒)发送组播组加入报告至接收到第一个组播组包的时间间隔,包括互联网组管理协议传输组播组加入消息的时间、组播路由协议传输组加入消息的时间、组播路由器对组播树维护的时间和从 IPTV 头端到 STB 的组播流传输时间。网络延时在很大程度上是由于传输延迟所导致的,因此减少传输延时是改善 IPTV 频道切换速度的重点内容。

从 IPTV 头端发出的组播流需要经过一系列路由器及代理网关的转发才能到达 STB,因此与 IPTV 服务有关的传送网络分为三部分:核心网、接入网和小区网络。IPTV 头端通常位于核心网并与核心路由器相连,组播流从 IPTV 头端发

出后,经过核心网中数个组播路由器的转发到达与接入网连接的边缘路由器上,而接入网起到了连接核心网络和小区网络的作用,组播流通过接入网中路由设备的转发传送到代理网关上,通过代理网关的传输,组播流最终将到达 IPTV 用户端。

IPTV 频道切换使用 IP 组播技术来实现,组播协议分为组成员关系协议和组播路由协议。组成员关系协议是主机与路由器之间交互的协议,包括用来建立及维护组播组成员关系的 IGMP(互联网组管理协议)。组播路由协议是组播路由器与组播路由器之间交换组播路由信息的协议,比较常用的是 PIM(协议无关组播)。组播路由协议根据 IGMP 维护的这些组播组成员关系信息,建立并维护组播路由树,实现组播数据包转发,提高组播效率。

在多媒体应用中,组播树的结构决定了媒体流的传输时间及组播树整体的服务质量,因此在执行传统频道切换的组播组加入处理操作时,由于新的组播节点的加入,组播路由器需要使用某种组播算法对组播树进行调整和维护,既可以减小媒体流传输延时又可以提高组播树的服务能力,进而减少网络延时,降低 IPTV 频道切换时间。

到稿日期:2010-02-05 返修日期:2010-04-27 本文受吉林省科技发展计划(国际合作)项目(20070708),华为(深圳)高校合作项目(YBIN2008351)资助。

姜占华(1951—),男,副教授,主要研究方向为移动通信网络;孙丹丹(1985—),女,研究生,主要研究方向为移动通信网络,E-mail:sddfeixu@126.com(通信作者);王爱民(1970—),男,副教授,主要研究方向为移动通信网络。

研究人员已经提出了一些有效的组播树生成与维护算法^[1-10],但由于本文的出发点主要是基于能力评估技术的,因此下面仅简略介绍两种类似的算法。

文献[5]中提出了一种基于节点性能估算的应用层组播树构建和维护算法(PPE),该算法综合考虑节点的性能及其在组播树中的位置,来提高组播树的效率和降低端到端的延迟,其缺点是仅以终端节点的转发能力即出度来作为评估节点性能的唯一标准,而没有考虑节点的资源配置等综合因素,具有局限性。

文献[6]提出了一种基于投标-招标机制的媒体流组播树的生成与维护算法(PIB),该算法综合考虑了网络的服务质量、节点的资源配置以及节点间的动态拓扑结构,其优点是提高了系统的服务质量,缺点是仅对候选父节点进行能力评估,而没有考虑全路径的整体能力,不够精确,而且该算法没有针对传输延时做专门评估,因此不能得到最优的最小延迟组播树。

针对上述算法的不足,本文提出了基于优先路径能力评估的组播算法(PRPE算法),该算法既可以减少媒体流的传输延时,又可以增强组播树的转发能力及整体性能,从而降低网络延时,加快频道切换速度。

2 基于优先路径能力评估的组播树算法

2.1 算法概述

设 C 为申请加入的节点, $stream$ 为该申请节点请求的来自源 S 的媒体流, n 为候选父节点个数, $FA = \{F_i | 0 < i \leq n\}$ 为第一候选父节点集合, F_i 为第 i 个候选父节点。

2.2 节点能力评估方案(PPA)

很多文献^[5-8]针对节点能力评估进行了深入的研究。其中文献[6]就在综合考虑网络的服务质量、节点的资源配置以及节点间的动态拓扑结构的基础上,提出了一种简化的节点能力评估方案,但是该方案没有考虑节点的剩余出度对转发能力及吞吐量的影响,因此从这个角度出发,对该评估方案进行了相应改进。

由于上行带宽的限制和为了降低工作负载,将节点的出度 D 约定为 5,将节点已有的子节点个数用参数 Cnt 来表示,则节点剩余出度 RD 的值可按式(1)确定。

$$RD = D - Cnt \quad (1)$$

对于候选父节点,当 $RD \leq 0$ 时,认为该节点不具有转发能力,不具备作为候选父节点的条件,从 FA 中删除该节点;而当 $RD > 0$ 时,继续完成对该节点转发能力的评估。

F_i 在收到申请节点对 $stream$ 的请求后,其所在源路径上的各节点查看所收到的 $stream$ 的码率,并计算该节点能提供的最大输出码率^[6] $mRate$ 以及节点总的资源状况^[6] Cap 的值。

在构成节点信息三元组的各个参数值均求出后,就可以使用式(2)来确定 $ValTriple$ 的值。

$$ValTriple = (RD, mRate, Cap) \quad (2)$$

对节点能力的评估除了综合考虑最大输出码率^[6]和总的资源状况^[6]外,还加入了对节点的剩余出度的衡量,从而保证节点的转发可行性,因此节点的能力值最终可以根据式(3)来确定。

$$Pri(F_i) = F_a * RD + F_b * mRate + F_c * Cap \quad (3)$$

式中, $F_i \in FA$, $F_a, F_b, F_c \in R^+$, 且 $F_a + F_b + F_c = 1$ 。

可以利用该式判断节点是否具有媒体流转发能力,为组播路径能力的评估提供计算依据。

2.3 组播路径能力评估

使用 SAA 分别对候选路径中各个节点进行能力评估,进而计算整个组播路径的服务质量,目的是确定出最优父节点。

下面给出组播路径能力评估所需要的参数及其含义。

(1)源路径集合(P): FA 中每个候选父节点到源节点的路径所组成的集合, $P = \{P_i | 0 < i \leq n\}$, 其中 P_i 表示与 F_i 相对应的源路径。

(2)组播路径节点集合($MPNS$): 一条源路径上的所有节点所组成的集合, $MPNS = \{PA_i | 0 < i \leq tCnt\}$, 其中 $tCnt$ 为该路径上节点的个数。

(3)路径节点等级集合(PV): 根据 PPA 评估方案,分别对 $MPNS$ 中的每个 PA_i 进行节点能力评估,评估结果相应地构成的集合 $PV = \{PV_i | 0 < i \leq tCnt\}$, 其中 PV_i 为 PA_i 对应的能力值。

(4)路径等级集合(V): 针对每一个 P_i , 分别求出其能力等级值,由这些值所构成的集合 $V = \{V_i | i > 0\}$, 其中 V_i 为 P_i 对应的能力值。

在上述各集合参数的支持下,组播路径能力评估方案首先确定候选父节点集合 FA ,继而由 FA 得到源路径集合 P ,通过计算每条源路径的等级值得出路径等级集合 V ,最后根据 V 中各能力值的级别在 P 中选择具有较高能力等级的 $pathCnt$ 个源路径,并将其按等级值从高到低的顺序排列,进而依照各集合间的对应关系找出每个源路径所对应的候选父节点并构成第二候选父节点集合 FB ,则 FB 中第一个节点即为 C 的父节点,而从 FB 中删除第一个节点后所得到的节点集则成为 C 的最终父节点候选集。其中对一条源路径的等级值的计算,需要先获得该组播路径的节点集合 $MPNS$,再计算出与其相对应的路径节点等级集合 PV ,最后根据式(4)求出该组播路径的能力等级值。

$$PathValue(P_i) = \sum_{i=1}^{i=Cnt} X_i * PV_i \quad (4)$$

式中, $PV_i \in MPNS$, $X_i \in R^+$, 并且 $\sum_{i=1}^{i=Cnt} X_i = 1$ 。

2.4 最优父节点选择

C 要申请某个媒体流时,先根据所申请的媒体流确定候选父节点集合,当其向各个候选父节点发出加入申请后,再根据 CSL 并按照最短距离法选择 n 个候选父节点组成第一候选父节点集合 FA ,确保其中的每个 F_i ($0 < i \leq n$) 都具有较短的 CSL,继而根据组播路径能力评估方案确定父节点及其父节点候选集,从而达到减少媒体流传播延迟和增强组播树服务质量的目的。

2.5 组播树维护

规定组播树中已有的节点用五元组 $X(H, DEG, RATE, CAP, F)$ 来表示,如图 1 所示。其中 H 代表节点在组播树中的深度; DEG 为节点的剩余出度,代表 X 的转发能力; $RATE$ 为节点的最大输出码率; CAP 表示节点总的资源配置状况; 候选父节点集 F 是 X 的子孙节点的候选父节点的集合; S 为媒体流源端; C 为申请加入节点。实线部分为已经创建完成的组播树,虚线部分为申请节点 C 可能加入的候选位置。 C 申请加入的组播树维护过程如下:

(1) C 申请媒体流 $stream$ 时,首先向上层路由器 $R1$ 发送组加入申请, $R1$ 查看是否有流 $stream$ 的组播组。如果有就

将C加入组中,并向C发送组播流;若没有则继续执行。

(2)R1向源S发送C的媒体流申请,核心路由器CR将所有含有该媒体流的节点作为C的候选父节点回应给R1。

(3)C从R1处获得候选父节点集合,并向各候选父节点发送加入申请,候选父节点在接收到C对stream的请求后,发送应答消息给C。

(4)C根据基于优先路径能力评估的组播树维护算法确定最优父节点,加入组播树,完成对组播树的维护。

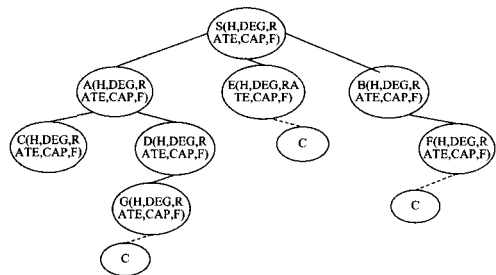


图1 带有节点信息的组播树

3 仿真结果及分析

3.1 传输延时

实验采用的仿真工具是NS2。核心网络由5个核心路由器CR和10个边缘路由器ER组成。CR之间的链路带宽为1Mb/s,CR与ER之间的链路带宽为2Mb/s,S,C分别为源端和申请主机,ER与主机之间的带宽为2Mb/s。各链路时延均为10ms。考虑实际网络环境复杂多变,终端众多,仅依靠几个节点的试验很难真正反映在各种网络环境下性能参数的真实变化,所以分别从20个节点到160个节点进行模拟试验,并在相同的模拟场景下对平均网络延时指标进行比较。

由于PRPE设计的目的是用于管理传输媒体流的组播树,并主要考察组播流传输延时所导致的网络延时,因此下面仅针对传输延时进行仿真实验,仿真结果与PIB,PPE进行比较,如图2所示。

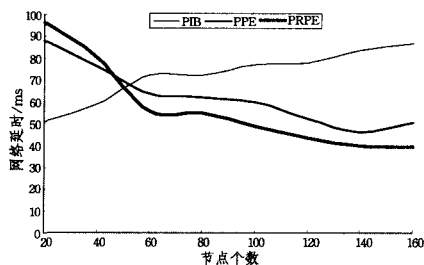


图2 平均网络延时

(1)PIB中考虑了候选父节点的能力等级,而未对组播路径的能力进行评估,所以不能获得最小网络延时;PPE中考虑了组播树的稳定性,而未简单地选择最小RTT节点作为父节点,所以在网络延时性能方面并不能达到最好;但是PRPE在选择了较小的CSL的基础上,利用路径能力评估算法提高了组播树的媒体流转发能力,因此PRPE在网络延时性能上较PIB和PPE有明显改善。

(2)当节点不多时,PRPE考虑了优先路径能力等级平均值,而没有简单地选择最高能力等级节点或最短路径节点作为父节点,因此对网络延时性能改善不及PIB和PPE;但随着节点个数的增加和组播树规模的扩大,路径优先等级平均

值会趋于一个稳定值,此时最短路径算法起主导作用,因此PRPE在网络延迟性能上比PIB和PPE有明显改进。

3.2 媒体流转发能力

PIB中综合考虑了节点的可用带宽、CPU、内存资源等因素对节点流转发能力的影响,而未考虑节点的剩余出度对其所起到的决定性作用,所以流转发能力及整体性能不能达到最好;PPE中仅以终端节点出度来作为评估节点流转发能力的唯一标准,而没有考虑节点的资源配置等综合因素,具有局限性,因此在提高节点流转发能力及整体性能方面有待加强;但是PRPE中除了综合考虑节点的资源配置等因素外,还加入了对节点的剩余出度的衡量,从而保证节点的转发可行性,路径能力评估算法的提出更是提高了组播树的媒体流转发能力,因此PRPE在媒体流转发能力及整体性能上较PIB和PPE都有显著提高。

综上所述,PRPE既可以减少媒体流的传输延时,又可以增强组播树的流转发能力及整体性能,从而降低网络延时,加快频道切换速度。

结束语 提出了一种减少IPTV频道切换时间的组播树管理方案,该算法在对候选路径进行能力评估的基础上,通过对申请节点的最优父节点的选择来进行组播树维护操作,在提高组播树转发能力的基础上减少了传输延时,从而降低了网络延迟,加快了频道切换速度,改善了用户体验质量。

参考文献

- [1] Yoid F P. Extending the Multicast Internet Architecture(White Paper)[Z]. <http://www.aciri.org/yoid>. 2006-10-02
- [2] Okada Y, Oguro M, Katto J. A New Approach for the Construction of ALM Trees Using Layered Coding[C]//Proc. of the 4th International Conference on Networking and Services. Reunion-Island, France:[s. n.]. 2005:23-28
- [3] Liu Yong, Liu Wei-guo, Yang Bin. Annular Management Strategy for Multicast Tree in MPLS Network[J]. Computer Engineering, 2008, 34(12):105-109
- [4] Banerjee S, Bhattacharjee B, Kommareddy C. Scalable Application Layer Multicast[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2002, 32(4):205-217
- [5] 曾彬,张大方,黎文伟,等. 基于节点性能估算的应用层组播算法[J]. 计算机工程, 2009, 35(8):13-16
- [6] 靳志峰,周兵,张宏坡. P2P视频会议系统中的媒体流组播树的生成与维护[J]. 计算机科学, 2007, 34(8):134-201
- [7] Pianese F, Keller J, Biersack E W. PULSE, A Flexible P2P Live Streaming System[C]//Proc. 9th IEEE Global Internet Symposium. 2006
- [8] Veloso E, Almeida V, Meira W, et al. A Hierarchical Characterization of a Live Streaming Media Workload[C]//Proceedings of the SIGCOMM Internet Measurement Workshop. Marseille, France, Nov. 2002
- [9] Zhang Meng, Luo Jian-guang, Zhao Li, et al. A Peer-to-Peer Network for Live Media Streaming-Using a Push-Pull Approach[C]//ACM Multimedia '05. Singapore, 2005
- [10] Luo Jianguang, Zhao Li, Yang Shiqiang. An Algorithm of Constructing ALM Tree Based on User Behavior Analysis[J]. Journal of Computer Research and Development, 2006, 43(9):1557-1563