

P2P 技术在视频网格中的应用研究

赵 凡¹, 赵 宏²

(1. 甘肃省科学技术情报研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 兰州理工大学计算机与通信学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 研究优化视频效率问题, 现有视频网格结构可伸缩性不足的缺点, 使系统效率降低。引入 P2P 技术将客户端主机中缓存的视频流数据发送给同一子网或者相邻子网中的客户端主机, 缩短网络中视频流数据的传送路径, 节约网络干线的数据流量, 降低区域服务器的负载, 提高视频网格的可伸缩性。提出了融入 P2P 技术的 PGVOD 系统的结构设计方案和节点的运行模式, 描述了 LCN 的设计及其动态更新过程。最后通过视频网格模拟器 VGSim 将 PGVOD 与基于 C/S 模式的视频网格系统进行对比, 结果表明, 能够有效减少网络中的视频流流量, 提高系统的吞吐量和性能。

关键词: 点对点网络; 视频网格; 组播; 视频网格模拟器

中图分类号: TP393 文献标识码: A

Application of P2P Techniques in Video Grid

ZHAO Fan¹, ZHAO Hong²

(1. Institute of SCI & TECH. Information of Gansu, Lanzhou Gansu 730000, China;

2. School of Computer and Communication, Lanzhou University of Technology, Gansu Lanzhou 730050, China)

ABSTRACT: In current video grid, the scalability is low. In this paper, P2P techniques were imported to transfer data of video stream buffered in client computers to other client computers which located in the same or neighboring subnet, to shorten the path of video data stream, and the transmission path of data of video streams in main stem network was also reduced. So, the payloads of POP servers were depressed and the scalability of video grid was improved. A structure design scheme of PGVOD system with P2P techniques and its access mode of node were proposed. The process of designing, dynamic updating and managing of LCN were described. Then the paper compared PGVOD with video grid of C/S structure by the VGSim, a simulator of video grid. The result shows that PGVOD can cut down the data of video streams in networks, and improve the throughput and performance of system.

KEYWORDS: Peer-to-peer; Video grid; Multicast; VGSim

1 引言

当前的视频网格仍然采用了典型的 C/S (Client/Server) 播放模式, 作为边缘节点的区域服务器被部署在用户聚集的区域, POP (Point Of Provider) 承担了大部分资源查找和服务提供工作。当在线点播服务的用户不断增加时, POP 的处理能力必将达到其极限而开始拒绝后来的点播服务请求。为了提高系统的处理能力, 容纳更多的用户同时在线点播服务, 通常的做法是提高 POP 的配置, 增加更多的 POP 节点,

同时提高干线和支线网络的带宽。但这种方式投入较高, 对系统整体性能改善的贡献不大, 并且在用户点播的低潮期, 设备的使用效率较低, 很难满足急剧增长的用户需求^[1]。另外, 在视频网格的环境中, 服务器数量的庞大将导致故障概率的增加。

P2P 技术支持客户端之间点对点数据的直接传送, 而正在点播影片的客户端主机中缓存了视频流数据, 如果通过 P2P 技术将客户端缓存的视频流数据发送给同一子网或者相邻子网中需要该视频流数据的客户端主机, 则 POP 服务器的工作负载将大大降低。

基金项目: 甘肃省科技支撑计划(090GKCA040); 兰州理工大学博士基金(14-0913)

收稿日期: 2011-01-07 修回日期: 2011-02-16

2 PGVOD 体系结构设计

2.1 系统模型定义

针对现有视频网络的结构和特点,PGVOD(P2P Grid Video-On-Demand)系统将P2P技术引入到视频网格中,将原有的视频网格结构作为网格层,P2P所形成的层称为P2P层,如图1所示。连接于POP节点上的客户机节点之间直接交换视频流数据,减少POP负载。设计一个候选节点列表(List of Candidate Node,LCN),用于存放能给客户端提供服务的节点列表,并在此基础上通过有效的节点加入和失效恢复等策略提高系统性能。

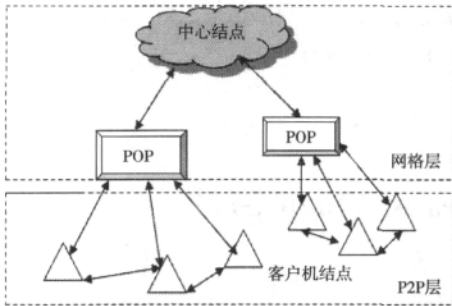


图1 PGVOD 体系结构

PGVOD应用了P2P机制打破了现有系统的C/S模式,客户机节点既能从服务器接受服务,也能向其他客户机节点接受服务,减轻POP的工作负载。P2P技术主要致力于资源查找和资源共享,其在系统组织和QoS(Quality of Service)保证方面比较欠缺,而网格技术的运用则能够较好地解决这个问题^[2,3]。

PGVOD体系结构中,网格层由可信的高性能服务器组成,是完成视频点播任务的主要部分,负责视频资源的聚合、调度和用户身份认证等功能,而P2P层由客户机节点组成,它们在享受网格层节点所提供的视频点播服务的同时,为P2P层中其他节点提供自身缓存的视频流数据,且接收来自网格层节点的管理信息和将自身的状态信息反馈给网格层中的节点。

该结构既能提供有保证的计算服务,又能整合分布在网络中的节点自主贡献出来的视频资源,充分利用P2P技术的优势解决了现有视频网格中存在的资源瓶颈问题。

PGVOD中,请求同一视频对象的客户机形成一个组播组,服务器向组中的客户机节点发送一路组播流。当新来客户向服务器请求同一视频对象时加入该组播组,并通过LCN从组播组中已有的客户机节点获得遗失视频流片段。

本文将PGVOD系统中的数据流分为两种:单点视频流和多点组播视频流。多点组播视频流采用IP组播的方式由服务器向组播组中的客户机节点发送视频数据,供多个客户机节点共享;单点视频流采用点对点的方式,在客户机节点

之间开辟单独的视频数据流通道。客户机节点向服务器发出请求后,加入正在进行的组播组当中,接收组播视频流,组播会话开始到客户机节点开始接收组播视频流之间的遗失视频流片段,即单点视频流,由组播组中较早加入的客户机节点提供^[4]。

当客户机向服务器请求一个视频对象时,服务器将组播组中的客户机信息汇总为一个候选节点列表LCN。客户机信息包括客户机ID、服务开始时间和外传带宽。其中,客户机ID是区分客户机的唯一标识;服务开始时间是客户机加入组播组的时间;外传带宽是向其它客户机提供服务的可用带宽,当一个客户机成为另一个客户机的父节点时,其外传带宽减1,若某个子节点与父节点之间的连接断开,则父节点的外传带宽加1^[5]。

为方便讨论,假设:①每个用户在任意时刻都只从一个对等节点接收遗失视频流片段;②节点加入系统的时间序列服从强度为 λ 的泊松分布;③客户机节点加入组播组时均从视频流的第1个数据块开始请求。

2.2 节点管理方案

客户机向服务器发出服务请求后,从服务器处下载一个非专用视频服务器软件。此软件一方面被网格管理中心用来对网络延迟和网络带宽进行动态检测并发布其信息,另一方面通过搜集信息动态地产生和更新候选节点列表LCN。

当服务器接收到一个客户机节点的服务请求时,服务器将它加入组播组,并向它发送一个包含最近加入组播组的客户机节点的候选节点列表。客户机从LCN中选择一个适当的服务器节点作为其父节点,并向它发出服务请求。当LCN中没有可用的候选节点时,服务器新建一个会话,创建新的组播组。客户机在一个特定时间 T_{σ} 内等候回应,并从接收到的回应中选择一个服务器节点,忽略 T_{σ} 以后收到的回应。

假设有两个客户机 C_{i-1} 和 C_i ,它们请求相同的视频对象,且 C_{i-1} 先向服务器发出请求。此时,服务器在其LCN中检测到没有客户机正在接收相同的视频对象,故服务器开始提供多点组播视频流。对于来自 C_i 的请求,服务器知道 C_{i-1} 正在接收相同的视频对象,故将包含有节点 C_{i-1} 的LCN发送给 C_i , C_i 从LCN中选择 C_{i-1} 作为其服务器节点,并从 C_{i-1} 接受遗失视频流片段即单点视频流。

C_i 的服务管理者从所选的服务器节点请求一个服务。当服务被服务器节点认可后, C_i 的缓存管理者开始对接收到的视频段进行缓存。媒体播放器播放缓存中的视频段。由于VCR操作或者失效,一个客户机不能再从它的服务器节点接收视频数据时,客户机的缓存管理者会由于所缓存的数据量下跌到一个临界值而察觉这种情况。然后客户机要求它的节点选择器从LCN中选择一个新的服务器节点。当一个客户机从服务节点接收视频数据,它将接收的数据保存在它的缓存中并进行播放。

2.3 LCN的组织

LCN为一张二维表,由<客户机ID,服务开始时间,外传

带宽 > 的行组成。服务器将 LCN 大小限制为 n ($0 < n \leq N$, N 为客户机节点总数)。因为,如果 LCN 太大,虽然一个客户机能通过使用 LCN 选择一个合适的服务器节点,但也会引起消息的溢出。反之,若 LCN 太小,客户机从 LCN 中选择合适的服务器节点就比较困难。一个客户机节点倾向于选择具有足够外传带宽并且服务开始时间最近的节点。当一个客户机开始或者结束播放时,它通过非专用视频服务器软件通知服务器,服务器因此更新它的 LCN。

例如,外传带宽分别为 $4B$ 、 $0B$ 、 $3B$ 、 $1B$ 和 $5B$ (B 为一个服务流所占带宽) 的客户机 $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ 、 $C4$ 和 $C5$ 以一定的顺序组建为一个组播组,如图 2 所示。所有请求发出后的每个客户机的 LCN 如表 1 所示,每个客户机的 LCN 中 * 标记表示被选择的服务器节点。假设 $n=3$ 。当前接收服务的客户机被列入服务器的 LCN 内。因为有足够的外传带宽,且 $C2$ 外传带宽为 0 , $C1$ 分别向 $C2$ 和 $C3$ 提供不同的遗失视频流片段, $C4$ 选择 $C3$ 作为其父节点且接受服务。当 $C5$ 的请求到达时,因为考虑到若 $C1$ 失效,将引发类似多米诺骨牌效应的连续点播失效,造成连续和频繁的客户机节点服务重定位或服务被中断,甚至大量客户机节点被迫退出系统的情况发生,故服务器重新创建一个会话,将 $C5$ 纳入一个新的组播组中,从首块视频段开始向 $C5$ 提供视频流^[4]。如果此时 $C6$ 请求一个服务,则服务器创建一个 LCN,它包含 $C5$ 却不包含 $C3$ 、 $C4$,因为 $C3$ 和 $C4$ 加入组播组的时间离 $C6$ 请求服务的时间间隔太远,在很短的时间内 $C3$ 和 $C4$ 将结束视频流的传输,很有可能立刻离开组播组,不能再向其他客户机节点提供服务。

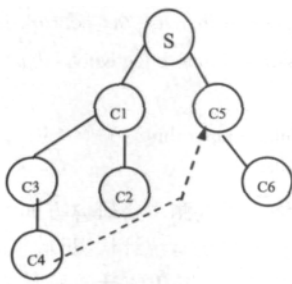


图 2 组播树示意图

表 1a 服务器中的 LCN

客户机 ID	服务时间	带宽
C1	t0	4B
C2	2t0	0B
C3	4t0	3B
C4	6t0	1B
C5	10t0	5B

如果组播组中的一个客户机节点在向其他节点提供视频流片段的时候失效,则他的子节点在 LCN 中选择新的候选节点作为其服务器节点。若 LCN 中没有可用的候选节

点,则此客户机节点直接向服务器发出请求,服务器创建一个新的组播组,从首块视频数据块开始向其提供服务。

表 1b 客户机节点 C2 的 LCN

客户机 ID	服务时间	带宽
* C1	t0	4B

表 1c 客户机节点 C3 的 LCN

客户机 ID	服务时间	带宽
* C1	t0	3B
C2	2t0	0B

表 1d 客户机节点 C4 的 LCN

客户机 ID	服务时间	带宽
C1	t0	2B
C2	2t0	0B
* C3	4t0	3B

表 1e 客户机节点 C6 的 LCN

客户机 ID	服务时间	带宽
* C5	10t0	5B

3 模拟结果与分析

为了评估 PGVOD 的特性,利用视频网格模拟器 VG-Sim^[6] (Video Grid Simulator) 模拟了服务器流的变化。在模拟中,忽略服务器失效的情况。曲线包括大约 3 天的工作量,从 GMT2010-02-03 15:00 到 2010-02-06 15:00。视频流传播服务软件为 Microsoft WMS9,使用 4.1 日志格式。影片热度遵循 Zipf 分布,且 $\alpha=0.8$ 。表 2 显示模拟参数值。

表 2 仿真中参数的默认值

参数	值
客户机数量	1 000
视频数量	1
视频持续时间	6 000s
请求到达间隔	参数为 10s 的泊松分布
外传链接数量 b	高斯分布下 b 在 $[0, 4]$ 之间

模拟中,客户机的共享缓冲器大小被设为影片文件等长;外出链接的数量被设置在 0 到 4 之间。

模拟中将 PGVOD 与 C/S 结构的视频网格的服务器流数量进行仿真比较,服务器流变化结果如图 3 所示。从曲线可以看出,在很短的时间间隔内,越多的客户机播放同样的视频对象,PGVOD 能够保存越多的服务器流。设每个客户机有多于一个的外传链接,如有 2 个。若 5 个客户机正在播放同样的视频对象,则 PGVOD 具有 6 至 10 个能完成服务的可用外出链接。

(下转第 125 页)

参考文献:

- [1] A I F, W Su, S Y, and C E. A Survey on Sensor Networks[C]. Proc. IEEE Communications Magazine, 2002, 11(8): 102-113.
- [2] T S Rappaport. Wireless Communications: Principles and Practice[M]. Prentice Hall: New Jersey, 1996. 50-143.
- [3] G L, E D. Robust range estimation using acoustic and n multimodal sensing[J]. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2001, 11(3): 1312-1320.
- [4] X. Cheng, T A G Xue, D Chen. TPS: a time-based positioning scheme for outdoor wireless sensor networks[C]. IEEE INFOCOM2004, March, 2004, (3): 2685-2696.
- [5] D Niculescu, B Nath. Ad hoc positioning system (APS) using AOA[C]. Proc 22nd Annual Joint Conf of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM'2003), 2003, 3: 1734-1743.

- [6] T D J. Statistical theory of passive location systems[J]. IEEE Trans. On AES 1984, 20(2): 183-198.
- [7] Y T Chan and K C Ho. A simple and efficient estimator for hyperbolic location[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 42(8): 1905-1915.
- [8] 王彦本, 白菊蓉. 基于数据压缩的雷达网络定位研究[J]. 计算机仿真, 2009, 12(12).



[作者简介]

姜晓洁(1980-),女(汉族),山东荣成人,研究生,讲师,主要研究方向:软件开发(数据库系统开发)。

孙志(1982-),男(汉族),山东泗水人,研究生,讲师,主要研究方向:控制理论与控制工程。

(上接第117页)

若假设只有两个客户机正播放同样的视频对象,则只有3至4个可用的外传链接。当多于可用链接的客户机请求服务时,则将创建新的服务器流。若一个客户机节点同意在它的播放时间向其他客户机节点提供服务,且它使用一个包含传播功能的媒体播放器,服务器就可能向更多的客户机节点提供服务且不需要担心额外的服务器带宽。

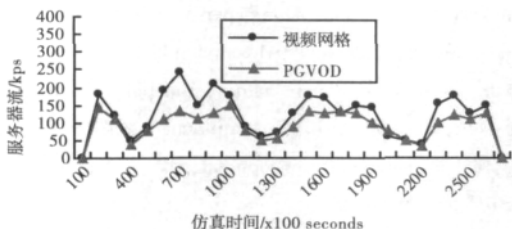


图3 同等时间间隔内服务器流的比较

4 结论

本文在视频网格中提出了一个基于组播的、应用了P2P机制的视频网格,称为PGVOD。其中,客户机跟其他同一组播组中的客户机共享当前播放视频对象的视频数据,节省了视频网格中POP节点的带宽资源。

通过改变服务器和媒体播放器的服务机制,这个方法能被很容易地应用到视频流传播方法中。组播组之间的协同工作和节点管理简单有效,有助于组播组的负载平衡,减轻服务器负荷,增加系统可扩展性和提高容错性能。最大剩余外传带宽优先的父节点选择算法能充分利用用户资源,提高系统容量。模拟结果显示,在动态的网格环境中,PGVOD在并发流占用数、并发流利用率、服务能力和容错性等方面的

性能均优于同类系统。PGVOD在视频网格中很容易配置,且服务器和网络开销大大减少。

参考文献:

- [1] S H Chan, F Tobagi. Distributed servers architecture for Networked video services[J]. IEEE/ACM Trans on Networking, 2001, 9(2): 125-136.
- [2] I Foster, C Kesselman, S Tuecke. The anatomy of the grid: Enabling scalable virtual organizations[J]. International Journal of High Performance Computing Applications, 2001, 15(3): 200-222.
- [3] M K Ramanathan, V Kalogeraki, J Pruyne. Finding good peers in peer-to-peer networks[C]. The Int Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS02), Fort Lauderdale, California, 2002.
- [4] 梁建民,祝明发. IP组播下的视频点播实现技术[J]. 计算机科学, 2002, 29(7): 31-33.
- [5] 王逸泉. 网络视频点播系统的研究与实现[D]. 国防科学技术大学研究生院硕士学位论文, 2004.
- [6] 赵宏,吾守尔·斯拉木,侯勇,刘欣文,姚正亮. 视频网格模拟器的构建与实现[C]. 2008系统仿真技术及其应用会议论文集(Vol 10), 2008. 333-336.



[作者简介]

赵凡(1984-),男(汉族),甘肃省正宁县人,助理工程师,主要研究领域为软件工程。

赵宏(1971-),男(汉族),甘肃省西和县人,教授,工学博士,硕士研究生导师,主要研究领域为高性能计算、嵌入式系统。