

局域网流媒体 Caching 代理服务器的实现^{*}

谭 劲 余胜生 周敬利

(华中科技大学 武汉430074)

Implementation of Proxy Caching Based on LAN for Streaming Media

TAN Jin YU Sheng-Sheng ZHOU Jing-Li

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract With the widespread use of streaming media application on the Internet, a significant change in Internet workload will be provoked. Caching is one kind of applied technique relatively for enhancing the scalability of streaming system and reducing the workload of server/network. We have utilized RTP/RTSP protocol, and implemented the prototype of streaming proxy caching based on LAN in visual C++ environment with WINSOCK network interface. This system can play a role in decreasing server load, reducing the traffic from streaming server to proxy, and improving the Start-up latency of the client.

Keywords Streaming server, Proxy, Cache, Streaming media, RTSP

1 概述

随着流媒体应用程序在互联网上的广泛应用,必将给 Internet 的负载带来巨大的变化。基于包交换的 Internet 不是为实时、不间断的流媒体传输而设计的,因此互联网上的流媒体系统将受到了以下4个方面的限制。

·**质量限制** 流媒体服务器通常位于请求者很远的地方,这增加了可用路径的数量,同时也增加了包传输的跳转(hop)数,从而增加了包的延迟时间和包丢失的可能性,势必影响到用户的播放质量。

·**规模限制** 目前,单播(unicast)是 Internet 上的一种主要的流媒体播放方式。每个用户都要到源流媒体服务器上请求流媒体对象,建立一条从客户端到流服务器的通道,这将消耗掉巨大的网络带宽,加重服务器的工作负载。因此,这种端到端结构很难支持多个用户对同一媒体的异步访问。

·**交互性限制** 由于端到端路径上潜在的长 RTT (Round Trip Time),用户不能低延迟地进行 VCR 功能(如快进、快退、暂停等)。

·**QoS 限制** 服务质量(QoS)是一个网络支持连续、不受干扰传输的测量手段。好的 QoS 应该在比较小的延迟,甚至在拥塞的条件下,仍然能保证带宽。然而 Internet 不能提供 QoS 保证,只能提供尽力服务。

为了改善流媒体系统的性能,在靠近用户端的代理服务器(Proxy)上对流媒体进行缓存是一种具有成本效益的解决方案,利用用户访问的局域性,在代理服务器上缓存流行的媒体对象,能有效地减少流服务器和网络的负载,改善用户播放时的启动延迟。为此,我们利用 Winsock 网络编程接口,采用实时传输协议 RTP 和实时流协议 RTSP,在 Visual C++ 环境下实现了基于局域网的 Caching 代理服务器原型(Prototype)。

2 系统模型

系统模型如图1所示,Web 服务器是用于 HTTP/TCP 交换控制信息,包括流媒体分类、对象名称(片名)、ID 号、长度、在线(Online)时间、编码类型及对象的压缩数据存放在流服务器的 IP 地址等。当用户启动播放器时,就使用 HTTP 从 Web 服务器检索这些参数进行初始化。流服务器是一台运行在 Windows 2000 下的 RealServer,保存经 RealProducer 压缩后的流媒体数据。代理服务器扮演了一个双重身份的角色,对于客户端,它相当于服务器,对于流服务器,它又相当于一个客户。当客户发出对某个媒体对象的请求时,代理服务器拦截该请求(以 RTSP://开头),如果请求的媒体缓存在代理服务器上,就直接通过局域网将该媒体传给客户,否则,就将该请求转发给服务器,然后将服务器响应的数据转发给客户,同时将这些数据保存在本地硬盘上,以备后续客户访问,此时代理服务器相当于一个应用层路由器。

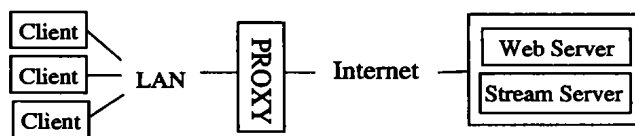


图1 系统模型

3 通信协议

Internet 核心协议 TCP/IP 强调数据传输的可靠性,不提供任何实时功能,不能满足传送流媒体数据的需要,但是 IETF 的集成服务工作组开发了一个叫做集成服务的增强 Internet 服务的模型,该模型包括尽力型服务和实时服务。实时服务将能使 IP 网络为多媒体信息提供服务质量,资源预订

^{*} 本研究项目得到国家“八六三”高技术发展计划(No. 2001AA111011)资助。谭 劲 博士生,主要研究方向是网络通信、多媒体技术、系统结构等。余胜生 教授,博导,主要研究方向是网络通信、多媒体技术、外存储技术等。周敬利 教授,博导,主要研究方向是网络通信、多媒体技术、外存储技术等。

协议 RSVP (Resource Reservation Protocol)、实时传输协议 RTP (Real-time Transport Protocol)^[5]、实时控制协议 RTCP (Real-Time Control Protocol) 和实时流协议 RTSP (Real-Time Streaming Protocol)^[6] 为实时服务提供一个工作基础, 如图2所示。

1. RTP 协议

RTP (Real Time Protocol) 是一个基于 IP 的实时传输协议, 通常用 UDP 协议来传输数据, 起初是为多播 (Multicast) 而设计的, 目的是提供时间信息和保证流同步, 不过现在也用于端到端的传输服务, 以支持应用程序传送实时数据。RTP 协议主要完成对数据包进行顺序编号、加盖时戳、包丢失检查、安全与内容认证等工作。接收端根据时戳重新建立原始音频或视频的时序, 时戳还可以用于同步多个不同的数据流; 顺序编号帮助对接受到的数据包进行重新排序, 也用于对包丢失的检查。

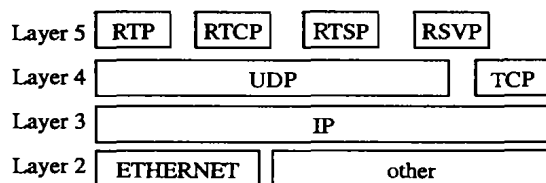


图2 集成服务协议

2. RTSP 协议

RTSP 协议用于媒体播放器和流服务器控制媒体流的传输, 它在服务器端和客户端之间扮演网络远程控制的角色, 提供如快进、快退、停止等 VCR 功能。RTSP 协议和 HTTP 相似, 是一个使用 MIME 头格式的请求-响应协议。和 HTTP 不同的是: RTSP 是一种有状态的协议, 请求会被客户或服务器初始化 (服务器和客户端都可以发出请求)。实际上, RTSP 总是通过 TCP 传送控制信息的。媒体信息通常使用 UDP 传送, 但在同一个 TCP 连接上, 也许会和控制信息交错传送。RTSP 使用序列号匹配请求和响应, 媒体对象由 RTSP URL 标识, 具有前缀“rtsp:”。

RTSP session 同 HTTP 的“GET”请求相似, 对每一次访问对象, 将有一个 session。虽然有许多“PAUSE”和“PLAY”事件插入, 当媒体播放器第一次访问对象时开始到媒体播放器送出一个“TEARDOWN”信息时 session 结束。在 session 和 RTSP 控制连接之间, 没有一对一的映射。相反, 协议依赖 session 标识符区分不同的流。RTSP 定义了11种方法, 必须使用和推荐的6种方法如表1所示。

表1 RTSP 常用方法

方法	方向	要求	意义
DESCRIBE	Client→Server	推荐	获得媒体对象的表示描述
OPTIONS	Client→Server	必选	获得可用的方法 (RTSP 版本、支持的方法等)
	Server→Client	可选	
PLAY	Client→Server	必选	服务器开始利用 SETUP 分配的资源传送数据
SETUP	Client→Server	必选	服务器为流媒体分配资源, 开始 RTSP 会话
PAUSE	Client→Server	比选	暂时停止流传送, 不释放相关资源
TEAR-DOWN	Client→Server	必选	停止传送指定的流媒体, 释放相关资源

处理客户的请求依赖于请求的媒体是否缓存在代理服务服务器上, 因此代理服务器应扮演服务器的角色支持 RTSP 的基本方法, 如 OPTIONS、DESCRIBE、SETUP、PLAY 等, 维持 RTSP 的状态。对于已缓存的媒体对象, 代理服务器直接按客户的请求响应; 对于未缓存的媒体对象, 应在客户与代理服务器间、代理服务器与服务器间建立两个连接, 要到达数据包的无缝传输, 即用户感觉不到代理服务服务器的存在, 须在两个连接间进行协议交换, 如图3所示。

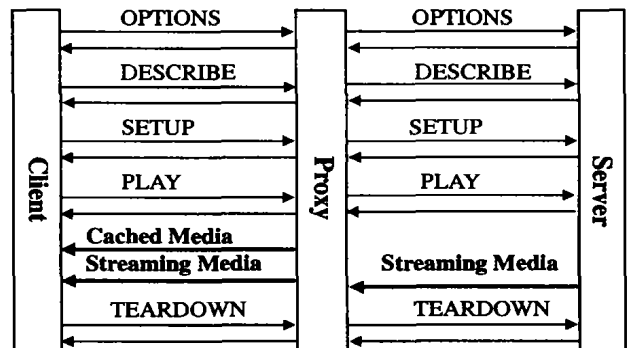


图3 Client、Proxy、Server 间协议交换

4 系统功能模块

流媒体代理服务器系统按功能主要分为5个模块: 客户服务模块、服务请求模块、Cache 管理模块、控制模块和缓冲队列管理模块。其结构如图4所示。

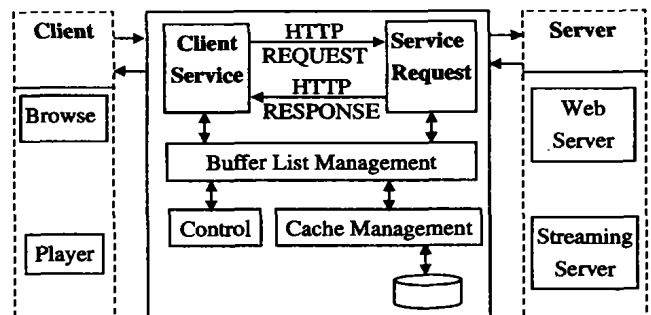


图4 系统功能结构图

1. 客户服务模块

客户服务模块接收客户的请求, 当客户发出的是 HTTP 请求 (请求初始数据) 时, 该模块不作任何处理, 直接将请求通过服务请求模块转发给服务器。当客户发出的是 RTSP 请求时, 该模块查询 Cache 列表, 看请求的对象是否缓存在代理服务服务器上, 如果请求的对象已缓存在代理服务服务器上, 就只建立代理服务器到客户的连接 (实际上是一个线程), 扮演服务器使用 RTP 将数据直接传送给客户。如果请求的对象没有被缓存, 便向控制模块请求该对象, 控制模块通过服务请求模块建立代理服务器到流服务器的连接 (线程), 服务请求模块将接收到的媒体对象数据通过缓冲队列传送给客户。

2. 服务请求模块

服务请求模块扮演客户为客户服务模块从服务器上请求新的媒体流, 建立连接后, 向服务器请求媒体数据, 然后将服务器传过来的数据写入缓冲队列中, 同时与服务器交互其它控制信息。

3. 控制模块

控制模块是整个系统的控制中心,它负责管理一个全局事件(Event)队列,使其它4个模块协调工作,包括缓冲队列的建立与清除、缓冲区的读写与冲突控制、线程同步控制等等。

4. 缓冲队列管理模块

队列管理模块是一个多路传输和多路分解中心,对于客户服务模块来说,它是数据源(对于已缓存的媒体数据,数据源就是缓存的媒体文件),而对于服务请求模块来说,它又是接收器。在控制模块的协调下,当需要从Cache中读出数据包或向Cache写入数据包时,它又与Cache管理模块交互。

5. Cache 管理模块

Cache管理模块负责建立和维护Cache列表,根据缓存策略(替换算法)管理磁盘空间,完成数据包↔磁盘文件的写入与读出等工作。

缓存策略直接影响到Cache代理服务器的性能。随着流媒体在Internet上的流行,目前国外许多高校和科研机构正在致力于流媒体Caching策略的研究。由于流媒体的内在属性,这些研究主要分为两大类:部分缓存(如缓存流媒体的前缀或分层编码的基础层等^[3,4])和完全缓存。为简单起见,本系统采用完全缓存,替换算法采用流性的LRU(Least Recently Used)算法。

在将数据包写进磁盘文件时,应遵循的原则是不对数据包作任何处理,而以数据包为基本单位写入和读出。这样做的根本目的就是保证数据包的无缝传输,好像代理服务器不存在一样。

表2 Cache 列表

ID	URL	FileName	Lock	Cached Date	Accessed Date
1	Rtsp://video.example.com:554/1.rm	1.Dat	0	2001-10-15	2002-10-01
2	Rtsp://video.example.com:554/2.rm	2.Dat	1	2001-11-01	2002-06-20
...	...	...	...	...	...

Cache列表建立URLs到本地磁盘文件名的映射(Map)、缓存的时间,最后访问的时间和缓存对象的状态等信

息,如表2所示。表中Lock字段表示缓存的对象是否正在被客户访问,如果需要释放空间来缓存新的媒体时,就不能替换掉正在被客户访问的媒体。由于对客户端每一个“rtsp://”请求,都要查找Cache列表,为了加快查找速度,可以利用Hash技术来组织文件索引。

结束语 Web Caching^[2]在访问传统的Web对象(文本和图片)中获得了巨大的成功。从浏览器实现的第一级Cache到代理服务器(Proxy)实现的第二级Cache,Web Cache对减少带宽消耗(因而降低网络流量和网络拥塞)、改善用户访问等待时间、降低源服务器的工作负荷起到了重要作用。由于流媒体与传统的Web对象相比有自己内在的属性(实时性传输、适度的包丢失、对象文件普遍很大等),因此代理服务器还没有有效地用于缓存(Caching)像音频和视频这样的流媒体。本文实现了一个基于局域网的流媒体Cache代理服务器原型,进一步完善后可应用于校园网或智能化小区的视频点播(VOD)系统和远程教育中。

参考文献

- 1 吴国勇,邱学刚,等.网络视频流媒体技术与应用.北京邮电大学出版社,2001
- 2 Wessels D. Web Caching. O'Reilly Press, 2001
- 3 Jrexfod S S, Towsley D. Proxy Prefix Caching for Multimedia Streams. In: Proc. IEEE Infocom, March 1999
- 4 Rejaie R, Yu H, Handely M, Estrin D. Multimedia Proxy Caching Mechanism for Quality Adaptive Streaming Applications in the Internet. In: Proc. IEEE Infocom, March 2000
- 5 Schularinne H, Casner S, Frederick R, Jacobson V. RTP: a transport protocol for real-time applications. Internet Engineering Task Force, RFC 1889, Jan. 1996
- 6 Schulzrinne H, Rao A, Lanphier R. Real Time Streaming Protocol (RTSP). Request for Comments (Proposed Standard) 2326, Internet Engineering Task Force, April 1998
- 7 Wu D, Hou Y T, Zhu W, Zhang Y Q, Peha J M. Streaming Video over the Internet: Approach and Directions. IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., 2001, 11(3): 282~300

科学技术贵以奉献与共享

《计算机科学》夙愿作益友

欢迎阅读/订阅 2004 年《计算机科学》

《计算机科学》由国家科技部主管,西南信息中心主办,系“中文科技核心期刊”、“中国科技论文统计与分析用期刊”、“中国科学引文数据库来源期刊”、“中国期刊方阵双效期刊”。主要报导国内外计算机科学与技术的发展动态,内容涉及程序理论、计算机软件、网络与信息、数据库、人工智能、人机界面、国际会议、应用等。

为了开拓信息资源、服务社会,2004年《计算机科学》将版面扩大至184页(大16开),每期约52万字。版载内容将紧跟研究热点、更贴近读者。

2004年每期定价20.00元,半年120.00元,全国各地邮局均可订阅,邮发代号76-68。若错过订期者可直接寄现金到本社购买。

地址:重庆市渝中区胜利路132号《计算机科学》杂志社

邮编:400013

电话:63500828

E-mail: jsjxx@swic.ac.cn

欢迎订阅《计算机科学》月刊,欢迎投稿,欢迎刊登广告