

文章编号: 1008-1542(2011)02-0152-05

基于 RTP/RTCP 传输机制的 IPv6 网络音视频传输系统的设计与实现

颜翠英¹, 李 鹏², 靳育婧³

(1. 河北科技大学国际合作处, 河北石家庄 050018; 2. 河北工程技术学院计算机科学系, 河北沧州 061000; 3. 河北工业大学国际教育学院, 天津 300130)

摘 要:以 Direct Show 多媒体框架为基础, 提出一种有效的传输层设计来面向下一代网络音视频传输系统应用。该设计不仅支持 IPv4, 而且支持 IPv6, 达到了与 IP 层协议无关的传输; 采用 RTP/RTCP 传输机制控制特有的 Direct Show 网络传输服务质量, 通过特有的音视频信息头传输方法, 突破了 Direct Show 媒体网络传输局限于特殊媒体格式的限制, 同时能够支持网络组播传输。实验结果表明利用该设计能够实现面向 IPv6 网络音视频的传输系统。

关键词:网络媒体; IPv6; Direct Show 过滤器

中图分类号: TP393 文献标志码: A

Design and application of video and audio transmission supporting IPv6 network based on RTP/RTCP transport mechanism controls

YAN Cu+ying¹, LI Peng², JIN Yu-jing³

(1. Foreign Affairs Office, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China; 2. Department of Computer Science, Hebei Engineering and Technical College, Cangzhou Hebei 061000, China; 3. Department of International Education, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract: This paper presents a transport layer design for the audio and video transmission application over the next-generation network, based on the existing Direct Show media framework, in which there are some work and breakthrough of network applications. The implement supports not only IPv4 network but also for the forthcoming large-scale IPv6 networks, with the IP layer protocol-independent transmission; using the RTP / RTCP transport mechanism controls the quality of the unique Direct Show network transmission service, and the fact that the media transmission of Direct Show is generally limited to the specific media format is pulled down, through the unique method of the audio and video head information transmission; meanwhile the design also can support multicast transmission. The theory and experiment show that a high-performance audio and video transmission system over the next-generation networks can be rapidly constructed via this design.

Key words: networking media; IPv6; Direct Show filter

国际上音视频编解码技术的推陈出新给系统编解码兼容性带来了极大的挑战。IP 组播方式能解决网络拓扑和系统结构方面服务器难以支撑大规模客户流媒体传输的问题, 但因需要路由器硬件支持而使其应用具有局限性; 基于分布式系统 P2P (peer to peer) 流媒体服务通信具有良好的扩展性, 但由于分散性以及延

收稿日期: 2011-01-17; 修回日期: 2011-03-10; 责任编辑: 李 穆

作者简介: 颜翠英(1971-), 女, 河北赵县人, 副教授, 硕士, 主要从事控制科学与工程方面的研究。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

迟问题也带来一系列应用困难。

更先进的 IPv6 网络为网络音视频应用提供了更大发展空间^[1-2]。它能够简化地址分配,达到无缝地址自动配置^[3],引入了网络前缀的进制增强了网络管理功能。现今操作系统上以 IP 双栈实现(RFC 4213)为常见^[4],IPv4 和 IPv6 可能是独立也可能是混合使用^[5-6]。在网络媒体传输协议上,以实时传输协议 RTP 为中心,实现面向端到端的实时多媒体数据传输,能够支持传输广泛的媒体格式如 H. 264, MPEGZX-4, MJPEG, MPEG 等,也包括自定义的非标准格式,同时也独立于底层协议而存在,如 UDP/IP、IPX 等。RTP 传输的控制部分由 RTCP(RTP control protocol)完成,它能够实时监控数据传输状态,提供拥塞控制,保证一定的服务质量。实时流化协议提供了客户端远程控制多媒体流的播放、停止等功能。资源预留协议能够通过预留网络资源,保证媒体流的路由效率,确保了传输的端到端 QoS。对于较复杂的多媒体应用环境,则常加入会话发起协议 SIP,使得双方及多方通信的创建、修改和结束等过程变得更灵活。

采用基于多媒体框架的设计是一个很好的解决方案,具有很高的开发敏捷性。根据平台的差异性,现有的多媒体开发框架主要有 3 类: Apple 公司的 QuickTime 框架, Linux 平台上的 GStreamer 和 Xine 以及微软公司 Windows 平台上的 Direct Show 框架。Direct Show 基于 COM(component object model) 框架跨语言提供共同的处理接口,具有很好的扩展性。框架中 Filter 以功能模块形式划分而独立存在,并相互通信。Direct Show 以 DirectX SDK 的形式公开发布^[7],为软件开发带来了便利性。

本设计是基于 Direct Show 的设计平台进行多媒体通信软件系统设计的相关研究,在保持 Direct Show 框架的体系结构下,采用 RTP/RTCP 传输机制控制特有的 Direct Show 网络传输服务质量达到了与 IP 层协议无关的传输。突破了 Direct Show 媒体网络传输局限于特殊媒体格式的一般情况,能够支持网络组的播传输方法。

1 IPv6 网络音视频传输的设计

1.1 基于 Direct Show 的网络传输模块设计

Direct Show 是基于 Filter 管道连接的处理方式,功能模块被封装在过滤器(Filter)中,通过 Filter 之间的连接达到功能的组合,从而完成流程化的操作处理^[4]。为了达到网络传输目的,笔者设计了 1 对 Filter。一个称为 Sender Filter(Rendering Filter 属性),用来接收上级 Filter 传来的数据并发送到网络中;另一个称为 Receiver Filter(Source Filter 属性),它通过网络接收 Sender Filter 发送来的数据组合整理后交付到下级 Filter 处理,如解码、播放显示等。整体结构分为 2 层:控制层和网络层(见图 1)。分层次的功能结构将更有利于系统中媒体数据的传输与控制的协调。

通过设计的 2 个 Filter,使得媒体数据的网络传输等效于一般的中间变换处理。当然,要有效达到这个目的,需要解决以下问题:如何使得网络传输透明化,即达到音视频传输与 IP 协议无关;如何支持多种多样媒体格式的数据传输;如何控制网络传输的服务质量。

1.2 IP 层协议无关的设计

笔者设计了网络传输调用库 Net Stream,它是基于 Socket 进行了封装,如 IP 地址的封装和 Socket 连接的封装,而且还提供一些基本 API,如域名到 IP 的透明转化,IP 地址格式的有效性验证以及组播属性设置,结构图见图 2。

通过面向对象的派生特性,笔者创建了一个 IPv4/IPv6 协议和 TCP/UDP 透明的数据传输软件结构层。为网络媒体数据提供了统一方的传输接口。

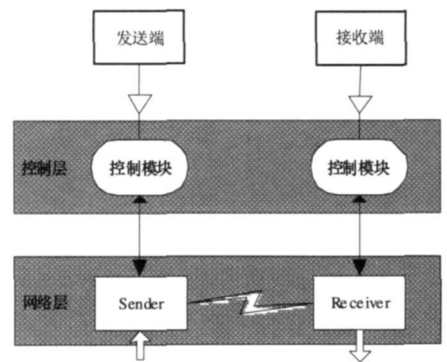


图 1 网络传输结构

Fig. 1 Network transmission structure

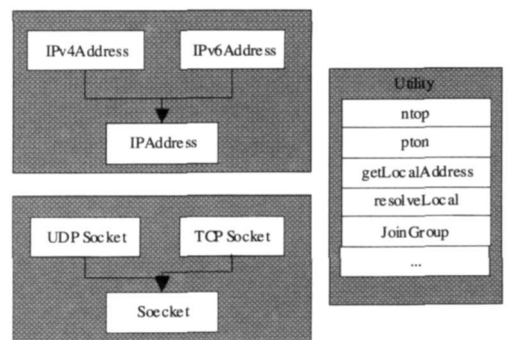


图 2 NetStream 库的结构

Fig. 2 Library structure of NetStream

1.3 媒体格式多样性的支持

在 Direct Show 媒体传输时,把数据分为 3 类: Sample 媒体类型(即 AM_MEDIA_TYPE 相关数据结构)、Sample 属性数据结构(即 AM_SAMPLE2_PROPERTIES 数据结构相关)和 Sample 内容数据。对于不同的多媒体数据格式,以上 3 个数据结构存在不同的值,这些值反映和代表了具体的媒体数据编码格式。因此要支持多样性的媒体格式传输,必须识别不同的格式,比如自文件 AVI, ASF 的格式,或是实时采集的压缩帧格式,如 RGB24, YUV2 的格式等。

Sample 媒体类型和 Sample 属性数据结构较 Sample 内容数据小,加起来一般不超过 1 KB;而且大部分代表媒体数据格式的子域属于静态数据,不会随着传输的过程而改变,只有少量几个相关的时间戳域会发生更新。鉴于这个事实,笔者的设计将实现以上 2 个媒体信息体的直接发送到接收端,由于数据量少,且一般在媒体格式改变的时候才传输,中间媒体内容数据传输时不需要发送这些格式数据,因此不会对网络流量产生影响,方便了对接收端的媒体数据格式的识别与支持,从而使得多样性的媒体数据格式传输成为可能。

1.4 服务质量控制

RTP 是为端到端实时多媒体数据传输设计的^[6],与下层网络协议无关,也支持在广播信道上进行数据传输。RTP 报文由报文头和数据头部分组成,详细说明了 RFC3550 报文头,具体结构见图 3。报文头结构中的数据类型的标志(PT)用于说明多媒体信息所采用的编码方式;在多媒体数据头部加上时间戳(Timestamp)域表示数据块第 1 个字节的采样瞬间时间,如果 1 个数据块太大被分为多个数据包,则它们的时间戳是一致的,用不同的序列号来区别,在接收端的数据包按序列号排序,再加上时间戳信息可恢复数据块,也可以计算延时和抖动。在每 1 个 RTP 会话(Session)中,每 1 个用户都可以提供多种媒体源,RTP 通过随机产生的 SSRC 来唯一标志 1 个媒体源,如果媒体源改变了其源传输地址,它必须选择 1 个新的 SSRC 标志。

RTCP 用于配合 RTP 传递实时数据传输质量的反馈信息及各参与者的相关信息。RFC1889 定义了 RR, SR, SEDS, BYE, APP 等 5 类 RTCP 控制报文。利用上述 5 类控制报文,可以实现如下服务:

Bit 偏移	0-1	2	3	4-7	8	9-15	16-31
0	Ver.	P	X	CC	M	PT	序列号
32	时间戳						
64	SSRC 标识						
96	CSRC 标识(可选)						

图 3 RTP 报文头结构
Fig.3 Structure of message header

- 1) 利用 SR 实现媒体同步;
- 2) 利用 SEDS 实现信源标识;
- 3) 拥塞控制和 QoS 监控。

本设计主要利用 RTCP 实现第 3 个功能,实时监控数据接收方发送数据,报文针对每个信源都提供报文丢失数、已收报文的最大序列号、到达时间抖动、接收最后 1 个的时间、接收最后 1 个的延迟等信息。

2 系统的实现与测试

笔者采用基于 Direct Show 的 SDK 的 C++ 语言来开发,主要功能模块包括网络传输 Filter 框架、传输库及 RTP/RTCP 库的设计。网络传输 Filter 框架包括发送端和接收端的设计。

Sender Filter 继承于 CBaseFilter, INetWorkConfig, ISpecifyPropertyPages 3 个类或接口,实现了类似 Rendering Filter 的功能,它包含 2 个 Input Pin 用于音频和视频数据输入,并且支持多种音视频类型格式的数据输入。没有输出 Pin,但具有 2 个 Socket 发送端口,一个用于发送类型格式数据,另一个用于发送媒体数据内容,在 UDP+ RTP 传输时,类型格式数据通过 RTCP 监控端口发送。对于数据的发送是交付给网络传输库 NetStream 来完成;还有,Sender Filter 实现了自定义 INetWorkConfig 接口,用于外部调用它包含的方法来设置发送参数。为了使用方便,实现了 ISpecifyPropertyPages 接口用于外部窗口属性设置。

Receiver Filter 的实现类似 Sender Filter,但功能相反,它继承于 CSource, INetWorkConfig, IFileSourceFilter, ISpecifyPropertyPages 这 4 个类或接口,其中 IFileSourceFilter 是用来实现 URL 智能调用,Receiver Filter 没有 Input Pin 但有 2 个 Output Pin 分别用来传输视频和音频,同样通过调用 NetStream 库接收网络上的媒体类型和媒体数据内容,把接收的媒体数据组装成 Sample 交付给下一个 Filter 处理,从而

完成了网络媒体数据的传输。

Direct Show Filter 是基于 COM 体系组件,外部通过接口调用其方法,屏蔽了内部实现,有利于分布式共享操作,本设计定义了自定义接口 INetWorkConfig 供外部程序调用,INetWorkConfig 定义示意图见图 4。该接口用于控制层配置 Filter 属性,如设置和查询 IP 地址和端口号;设置和查询发送的媒体数据包的 TTL 值,判断是否发送或接收了媒体数据类型。为了外部程序能查询到该接口,像一般的 Filter 设计一样,在这 2 个 Filter 的 NonDelegatingQueryInterface 函数中添加查询到该接口的代码。

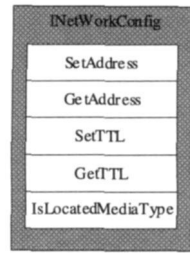


图 4 INetWorkConfig 接口
Fig. 4 INetWorkConfig connection

为了支持多样性的媒体数据的传输,在 Sender Filter 的 Sample 媒体类型检查做限制,最重要的让 sender 得到 Sample 媒体类型,并按需发送。方便网络接收端识别网络传输的 Sample 媒体类型和媒体类型的协商。为了不至于让接收端混淆 Sample 媒体类型和 Sample 内容数据,这里在发送端开启 2 个端口分开发送。在发送端采取被动监听传输方式,而接收端采取主动请求方式连接。

网络传输调用库 NetStream 和 RTP/RTCP 实现库都是利用面向对象语言 C++ 进行了封装,实现了 IPv4/IPv6 地址的封装、Socket 连接的封装、组播属性 API 以及 RTP/RTCP 协议规范封装控制 API。

2.1 功能测试方案

为了测试本设计的有效性和敏捷性,这里列出 1 个测试方案,测试的主要对象为传输模块中的 1 对 Filter,这是因为本设计的基本功能都封装在其中。本测试环境为同时支持 IPv4 和 IPv6 最大传输速率为 1 Gbit/s 的局域网中。为了演示的方便性,测试实验利用了 Direct Show 的 Graphedt 工具,服务器端搭建一个采集音频和视频并用笔者设计的 Sender Filter 发送的 Filter 工作流程图,在客户端搭建 1 个由笔者设计的 Receive Filter 接收音视频并回放的 Filter 工作流程图,整个结构图见图 5。参考指标为 CPU 使用率,网络丢包率以及音视频质量等。

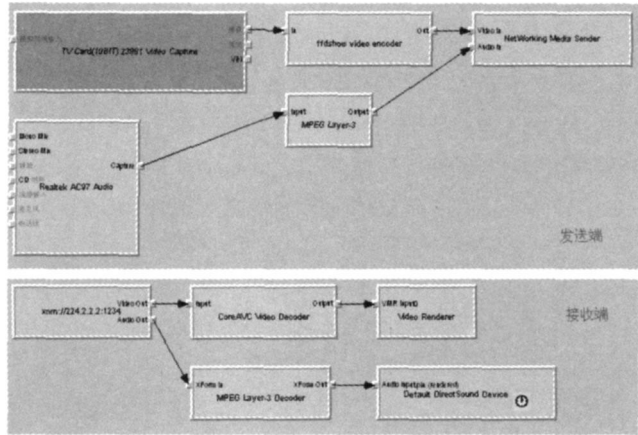


图 5 音视频网络传输测试平台

Fig. 5 Testing platform for audio and video network transmission

2.2 实验结果

首先按照图 5,搭建好测试平台。Receiver Filter 作为一个 Source Filter 继承了 IFileSourceFilter 接口并注册协议名实现了 URL 智能调用,先以 IPv6 协议传输为例,如在 Windows Media Player 中输入 URL: xnm://[ff15::2345:2345]:7890 就可以接收组播地址为 ff15::2345:2345,端口为 7890 上 Sender Filter 发送的媒体数据,端口 7891 为 RTCP 端口,其中 xnm 是自定义协议名。

测试音频时,采集参数设为 22 050 Hz, Stereo, 通过上述 MPEG Layer-3 Filter 以 56 Kbit/s 压缩传入 Sender Filter 发送,在接收端声音可以保持连续。另外通过改变 Fdshow Video Encoder 的编码方式,如 H. 264, H. 263, MPEG 序列, DivX 3, XviD 以及 Windows Media Video 序列编码方式, Sender Filter 都可以发送,并且 Receiver filter 能够自动用 Render 搭建显示 filter 链。可见 Sender Filter 与 Receiver Filter 之间的多媒体传输与媒体格式无关,从而可以适应不同媒体流的传输,测试时可以发现,音频和视频既可以独立又可以同时发送。

在 Ffdshow Video Filter 中设置 4 个线程以 900 Kbit/s H. 264 编码 YUY2, 720* 576 格式图像,音频采

集参数为 22 050 Hz, Stereo, MPEG Layer-3 filter 采用速率 56 Kbit/s 压缩, 在 Celeron CPU 2.4 GHz, 512MB 内存的机器上, 音视频同时发送时, 发送端平均 CPU 占用率仅为 36%, 而接收端的平均 CPU 占用率为 15%, 图像和声音清晰连贯。

在网络中存在其他干扰流量(5 Mbit/s)时, 在发送视频为 H.264 编码 YUY2, 尺寸 720* 576 的图像, 音频为 MPEG Layer-3 Filter 压缩 56 Kbit/s 流, 接收端会有 1% 左右丢包, 并能够通过 RTCP 的 RR 包反馈给发送端。这种情况下, 可以实现服务器和客户端协调是否能够降低音视频编码率重新传输。

3 结 语

讨论了基于 Direct Show 多媒体框架的音视频传输的敏捷设计。面向下一代互连网络, 满足了一些必要的音视频传输需求, 其优势是达到了 IP 层协议无关以及服务质量控制, 支持 IPv6 和组播传输, 而且在 UDP 传输中加入 RTP/RTCP 模块以增加服务质量控制。本设计力求有效性和实用性, 整个工作填补了 Direct Show 多媒体网络传输功能上的一个空白。但本设计现阶段还是 Filter 到 Filter 的形式, 也即点到点相应请求, 把它部署在 P2P 环境还需一些研究工作。同时, 为了达到完美级别, 在未来的工作中可以引入 RTSP 支持, 使得网络间的 Filter 可以方便地感知播放和停止等操作, 从而进一步增加其实用性。

当然本设计所达到敏捷性开发是基于 Windows 的 Direct Show 平台, 但笔者提到的 3 种多媒体框架具有非常相似的架构, 特别是 GStreamer 的 Pipe 类似于 Direct Show Filter 有向图, 甚至同样支持 RTP 传输^[7], 因此设计思想是有可能推广到其他多媒体框架中使用。

参考文献:

- [1] HINDEN R M. IP next generation overview[J]. Communications of the ACM, 1996, 39(6): 61-71.
- [2] 林 闯, 雷 蕾. 下一代互联网体系结构研究[J]. 计算机学报(Computer Journal), 2007(5): 59-64.
- [3] WADDINGTON D G, CHANG F. Realizing the transition to IPv6[J]. IEEE Communications Magazine, 2002(40): 138-147.
- [4] TATIPAMULA M, GROSSETETE P, ESAKI H. IPv6 integration and coexistence strategies for next-generation networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2004(1): 88-96.
- [5] ZEADALLY S, RAICU L. Evaluating IPv6 on windows and solaris[J]. IEEE Internet Computing, 2003(3): 51-57.
- [6] 任志考, 魏志强. 实时视频传输系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计(Computer Engineering and Design), 2007(11): 69-73.
- [7] TURCAN P, WASSON M. Fundamentals of Audio and Video Programming for Games[M]. [s. l.]: [s. n.], 2004.
- [8] 孟军英, 刘教民, 王震洲. 对 IPv4/IPv6 隧道机制的研究[J]. 河北科技大学学报(Journal of Hebei University of Science and Technology), 2005, 26(4): 312-315.
- [9] 王 冰, 王红胜, 张剑炜, 等. 异构网络环境中点对点通信架构研究[J]. 河北工业科技(Hebei Journal of Industrial Science and Technology), 2009, 26(5): 321-324.

(上接第 127 页)

- [3] 王 哲, 黄玉东, 白续铎. Fe/SiO₂ 催化剂的快速制备及催化生长碳纳米管[J]. 黑龙江大学学报(Journal of Heilongjiang University), 2007, 24(1): 93-96.
- [4] NAKAMURA H. Silica gel nanotubes obtained by the gelmetal hod[J]. Am Chem Soc, 1995, 117(9): 2 651-2 652.
- [5] FUMIAKI M, DAVIS S A, CHARMANT J, et al. Mann stephen organic crystal templating of hollow silica fibers[J]. Chem Mater, 1999, 11: 3 021-3 024.
- [6] LIM A R, SCHUENEMAN G M, NOVAK T B. Solid state NMR of SiO₂ nanotube coated ammonium tartrate crystal[J]. Solid State Communications, 1999, 110: 333-338.
- [7] 张惠敏. PVC/超细 SiO₂ 复合材料的制备与加工对其性能的影响[J]. 河北科技大学学报(Journal of Hebei University of Science and Technology), 2005, 26(4): 292-294.
- [8] 庞雪蕾, 唐芳琼. 利用廉价硅酸盐为硅源合成微米级球形介孔二氧化硅[J]. 河北科技大学学报(Journal of Hebei University of Science and Technology), 2010, 31(1): 9-13.