

一种基于优先级区分的视频流传输控制算法

王明伟, 林建中, 王 奇

(南京邮电大学 通信与信息工程学院, 江苏 南京 210003)

摘要: 视频流传输控制对于提高网络服务质量具有重要意义。分析了 MPEG 视频流编码和传输特性, 通过引入流间优先级和流内优先级机制, 提出了一种基于优先级区分的视频流传输控制算法 (PDVT), 对不同类型的帧标记上不同的优先级, 并进行优先级区分的调度。采用流间优先级机制区分 MPEG 流和其它网络流量, 采用流内优先级机制区分 MPEG 视频流中不同类型帧的优先级。仿真实验表明, 提出的 PDVT 算法能够向不同优先级流提供区分服务, 大大提高了视频流传输质量, 从而验证了算法的有效性。

关键词: 视频流; 视频编解码; 优先级; 视频流仿真

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)02-0054-04

A Video Stream Transmission Control Algorithm Based on Priority Differentiation

WANG Ming-wei, LIN Jian-zhong, WANG Qi

(College of Telecommunications and Information Engineering, Nanjing University
of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Video stream transmission control mechanism is very important to improve quality of service of internet. Video codec and transmission characteristics are analyzed, and inter-flow and intra-flow priority differentiation mechanisms are introduced. Then, a priority differentiation-based video stream transmission control algorithm (PDVT) is proposed. Different kind of video frame is marked with different priority and is scheduled according to its priority. Inter-flow priority mechanism distinguishes MPEG stream and other streams, while intra-flow priority mechanism distinguishes different kinds of MPEG frame in a video stream. Simulation results show that the proposed algorithm PDVT can provide differentiated service for flows with different priority and can improve video transmission quality greatly.

Key words: video stream; video codec; priority; video stream simulation

0 引言

网络视频传输应用在因特网上正得到越来越多的部署。视频流传输控制机制对于提高视频传输质量和网络服务质量具有重要意义, 成为一个重要的研究热点^[1-3]。视频流因数据量大, 且对带宽、时延及时延抖动等提出了更高的服务质量要求, 必须经过压缩编码才能在因特网上进行有效传输。目前已有多种视频图像编解码标准, 如国际标准化组织 ISO 的 MPEG、国际电信联盟电信部 ITU-T 的 H. 26x, 以及 MDC、AVC 等^[4,5]。文献[6]对视频在 IP 网络中的传输质量进行了研究, 没有涉及优先级机制对视频传输性能的影响

问题。文献[7]提出了一个视频传输及视频传输质量评价框架, 并提出了一个视频仿真与评价方法。文献[8]根据视频传输特性提出了一个视频分层传输拥塞控制算法。文中在分析 MPEG 视频编码特性与区分服务^[9]的基础上, 提出了一种基于优先级区分的视频流传输控制算法 (PDVT)。仿真实验表明, 文中提出的视频流传输控制算法 (PDVT) 提高了网络带宽利用率和视频流传输质量。

1 MPEG 视频编码和传输特性

MPEG 标准定义了三种图像类型: ① I 帧图像, 采用帧内编码, 不参照其它图像; ② P 帧图像, 参照前一幅 I 帧或 P 帧图像做运动补偿编码; ③ B 帧图像, 参照前一幅和后一幅 I 帧或 P 帧图像做双向运动补偿编码^[8]。

图 1 为 I、P 和 B 帧图像相互依赖关系示意图。

收稿日期: 2010-06-02; 修回日期: 2010-09-29

基金项目: 江苏省自然科学研究项目 (09KJB520009)

作者简介: 王明伟 (1978-), 女, 讲师, 研究方向为信息网络与多媒体技术等; 林建中, 高工, 研究方向为 IPTV、多媒体技术等; 王 奇, 高工, 研究方向为智能信号处理、无线传感器网络等。

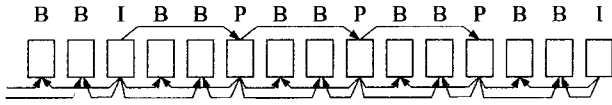


图1 I、P和B帧图像相互依赖关系示意图

文献[10]给出了以25帧/秒的MPEG视频图像帧序列的一个实例,分析了I帧、P帧、B帧图像之间的间隔,及其包含的信息量和图像质量的差别,并给出了视频流在网络中传输的基本机制。

由于视频帧流传输所具有的特殊性和视频图像的感官性,因此,视频传输质量的评价是一个较为复杂的问题,要综合考虑实时性和可靠性^[10]。

2 视频流传输的优先级机制

对视频流传输的优先级机制的设计分为流间优先级和流内优先级两个方面的机制。

(1) 流间优先级机制。流间优先级机制主要用于MPEG流和其它网络流量在共享网络带宽时,可进行基于优先级的区分。当网络发生拥塞时,根据不同优先级,对队列中的分组进行有区分的丢弃。具体方法是,对不同流标记以不同的优先级,利用分组头部的服务质量控制字段的用于优先级的3个比特位,可用于表示8个优先级(0~7)。对于IPv6,则可使用流量类别字段进行设定。对优先级队列进行了扩展,并设置了流间优先级机制的使能标志。当标志为1时表示使用流间优先级机制,当标志为0时表示不使用流间优先级机制。

(2) 流内优先级机制。流内优先级机制主要用于MPEG视频流内部的帧优先级传输机制。MPEG编码中,从帧大小看,I帧包含的信息最多,P帧次之,B帧最小。从帧间依赖关系看,P帧依赖于I帧,B帧依赖于其前后的I帧或P帧,因此,I帧最重要,传输优先级最高,P帧次之,B帧重要性最低。针对不同类型的帧标记上不同的优先级,进行优先级区分的调度。当网络发生拥塞时,为了保证重要性高的I帧优先得到传输,可优先丢弃重要性低的B帧和P帧分组,这样,有助于提高视频传输质量。在流内优先级机制中,流内优先级的设定可以放于IP分组选项或用户自定义的应用数据单元(ADU)中。并设置了MPEG流内优先级机制的使能标志,可根据使能开关进行定制。

3 视频流传输控制算法(PDVT)

在分析MPEG视频编码和传输特性的基础上,提出了一种基于流间优先级和流内优先级的视频流传输控制算法。其基本思想是,先依据流间优先级进行总体区分,然后依据流内优先级进行I、P、B帧的区分,流间和流内优先级都将其设计成可定制的。流间优先级

从0到7,共8个优先级别;流内优先级从0到2,共3个优先级别,分别对应I、P、B帧的优先级。其中,0表示最高优先级。如,I、P、B帧分别标记优先级0、1、2。其中,优先级0表示最高优先级。提出的基于流间优先级和流内优先级的视频流传输控制算法PDVT如下:

```
Algorithm PDVT ( )
{
    q_ -> enqueue(p);
    if (q_ -> length() >= qlim_)
    {
        q_len = q_ -> length();
        p_lowest = q_len - 1;
        prio_lowest = HDR_IP(q_ -> lookup(p_lowest)) -> prio();
        frameprio_lowest = HDR_CMN(q_ -> lookup(p_lowest)) ->
            frameprio();
        for (i = q_len - 1; i >= 0; i--) // 对入队的每个分组判断优先级
        {
            prio1 = HDR_IP(q_ -> lookup(i)) -> prio();
            frameprio1 = HDR_CMN(q_ -> lookup(i)) -> frameprio();
            if ((prio1 > prio_lowest) || // 优先级判断
                ((prio1 == prio_lowest) && (mpeg_frame_prio ==
                1) &&
                (frameprio1 > frameprio_lowest)))
            {
                prio_lowest = prio1;
                frameprio_lowest = frameprio1;
                p_lowest = i;
            }
        }
        to_drop = q_ -> lookup(p_lowest);
        drop(to_drop); // 丢弃优先级最低的分组
    }
}
```

4 仿真实验

4.1 仿真环境

对网络仿真器NS-2^[11]中的队列调度机制进行了扩展,增加了流间和流内优先级区分机制,并对文中提出的基于流间和流内优先级的视频传输控制算法(PDVT)进行了仿真。仿真网络拓扑如图2所示。

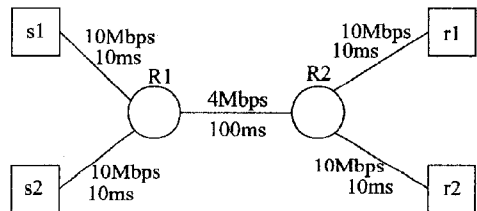


图2 仿真网络拓扑图

图2是一个哑铃型的网络拓扑,中间的R1、R2为两个路由器,s1发送视频流,r1接收视频流,s2发送CBR干扰流量,r2接收s2发送的干扰流量。各链路带宽和延时分别如图所示。链路队列长度50分组。

为了对视频传输进行较为逼真的仿真实验,采用

文献[12]中提供的 foreman_cif.yuv 为数据源,这是一段长度为 10s、包含 300 个帧的视频图像序列。该视频测试序列场景切换频繁,平均所需带宽 2Mbps 左右。在 2s 时干扰流量发送方 s2 开始向 r2 发送 CBR 干扰流量,并于 8s 停止发送。CBR 干扰流量的分组大小为 1000 字节,速率为 3.5Mbps,从而可以观测分析动态网络流量场景下的 MPEG 流量特性及传输协议性能。

4.2 仿真结果与分析

在第一组实验中,作为对比实验,对无优先级机制时的情形进行了实验,仿真得到 MPEG 流量和 CBR 流量的平均吞吐率、平均延时如图 3、4 所示。

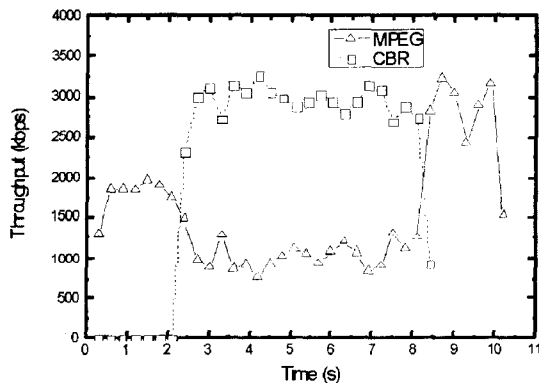


图 3 MPEG、CBR 流量的平均吞吐率

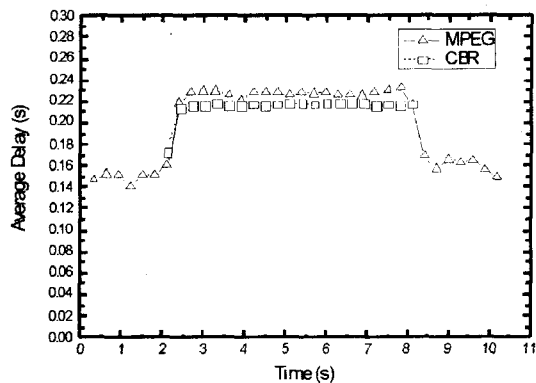


图 4 MPEG、CBR 流量的平均延时

从图 2 中可以看出,在无干扰流量时,MPEG 视频流量平均占用带宽 2Mbps 左右,并存在突发特性。随着干扰流量 CBR 的启动,MPEG 流量的平均吞吐率急剧降低,瓶颈链路 R1-R2 可用带宽被 CBR 流量抢占,并造成链路 R1-R2 拥塞。由于采用无优先级机制的 DropTail 队列管理算法,当发生拥塞时,对两种流量以弃尾方式进行一致丢弃。MPEG 流和 CBR 流均基于 UDP 协议,本身不具有速率或窗口调节机制,其吞吐率分配反映了各自流量达到率状况和分组丢失率状况。由于有干扰流量存在,MPEG 流量的可用带宽降低,造成传输质量下降。当干扰流量停止后,MPEG 流量独享瓶颈链路带宽,并体现出其原始的突发流量特性。从图 3 中可以看出,随着干扰流量的增加,网络传

输延时也随之增加,这是因为重负载时,队列长度增加,分组排队延时也随之增加。

在第二组实验中,我们增加了流间优先级机制,MPEG 流优先级为 0, CBR 流优先级为 1。仿真得到 MPEG 流量和 CBR 流量的平均吞吐率、平均延时如图 5、6 所示。

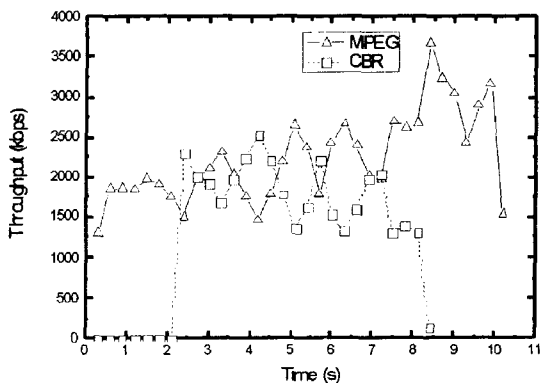


图 5 MPEG、CBR 流量的平均吞吐率

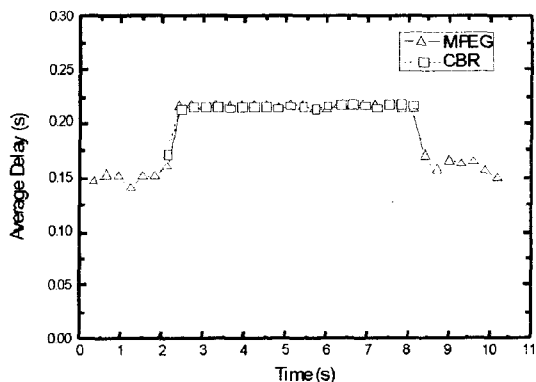


图 6 MPEG、CBR 流量的平均延时

从图 4 中可以看出,MPEG 流量的吞吐率得到了较好的保护,并保持了其原有的突发性,而 CBR 流量的吞吐率与第一组实验相比有较大的降低。这是因为,当采用流间优先级机制时,MPEG 流被设置成较高优先级,当网络拥塞时,优先丢弃 CBR 分组,对视频流量进行了有效的优先级保护,保证了视频传输质量。两种流量共享瓶颈链路带宽时,低优先级的 CBR 流量占用了剩余网络可用带宽。从图 5 可以看出,当增加流间优先级并将 MPEG 流设成高优先级时,MPEG 流的延时也略有降低。

在第三组实验中,基于第二组实验增加了流内优先级机制,将 MPEG 帧的 I、P、B 帧优先级分别标记为 0、1、2, MPEG 流和 CBR 流的流内优先级分别为 0、1。仿真得到 MPEG 流量和 CBR 流量的平均吞吐率、平均延时与第二组实验相近,但视频传输质量有进一步提高。这是因为流内优先级对 I、P、B 帧区别对待,在网络拥塞时,优先丢弃重要性较低的 B 帧和 P 帧,保护

了I帧尽可能不被丢弃。从而进一步提高了视频传输质量。在视频传输质量的对比方面,以上三组实验情况下的视频传输的峰值信噪比 PSNR,I、P、B 帧的丢失率,以及总丢失率如表1所示。

表1 MPEG 在三组实验中的视频传输质量统计

	平均峰值信噪比 (PSNR)	MPEG 帧丢失率(%)			分组丢失率(%)
		I	P	B	
实验 I	33.01963	1.72	5.36	37.57	32.182
实验 II	40.86334	0.03	0.17	1.39	0.733
实验 III	42.74353	0	0	1.83	0.842

从表1中可以看出,在第一组实验中,不采用优先级机制时,作为视频传输质量评价指标的峰值信噪比较低,为33.01963。对于MPEG视频流,其I、P、B帧均有一定比例的丢弃,总的分组丢失率也较高。而在第二组实验中,采用了文中提出的优先级机制,视频流量设定了较高的优先级,视频流量得到了较好的改善,峰值信噪比为40.86334。但MPEG视频流中的I、P帧均有不同程度的丢弃。而在第三组实验中,在进一步引入流内优先级情形下,视频传输质量得到了很好的改善,峰值信噪比提高为42.74353,而且在网络拥塞时,I、P帧得到了较好的保护,这是因为流内优先级机制在网络拥塞时,优先丢弃优先级较低的B帧,通过丢弃重要性较低的B帧缓解了网络拥塞状况,提高了视频传输质量,也证明了文中所提出算法的有效性。

5 结束语

文中以视频流传输应用为研究背景,对视频流编码和传输特性进行了分析,并提出了一种基于流间优先级和流内优先级的视频流传输控制算法 PDVT,并通过仿真实验进行了验证。仿真实验表明,文中提出的PDVT算法能够向不同优先级流提供区分服务,大大提高了视频流传输质量。

(上接第53页)

参考文献:

[1] 赵书兰. MATLAB R2008 数字图像处理与分析实例教程[M]. 北京:化学工业出版社,2009.

[2] Vidakovic B,Johnstone C B. On time dependent wavelete denoising[J]. IEEE Trans Signal Processing, 1998,46(9): 2549-2551.

[3] Burrus C S,Gopinath R A,Guo h T. Introduction to Wavelets and wavelet Transform [M]. [s. l.]:Prentic Hall,Upper Saddle River,2002.

[4] Daubechies I. The Wavelet Transform:Time-frequency localization and signal analysis[J]. IEEE Trans Theory,2000,36: 961-1005.

[5] 王茜.小波变换及在图像去噪中的应用[J]. 福建电脑,

参考文献:

[1] Ke C H, Shieh C, Hwang W, et al. An evaluation framework for more realistic simulations of MPEG video transmission[J]. Journal of Information Science and Engineering,2008,24(2): 425-440.

[2] 罗建光,张萌,赵黎,等. 基于P2P网络的大规模视频直播系统[J]. 软件学报,2007,18(2):391-399.

[3] 霍龙社. 互联网流媒体传输关键技术研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2006.

[4] Van G,David P,Reisslein M. Traffic characteristics of H.264/AVC variable bit rate video[J]. IEEE Communications Magazine,2008,46(11):164-174.

[5] 周宁兆,宋彬,常义林. 基于H.264/AVC的视频通信抗分组丢失方法研究[J]. 计算机学报,2006,29(2): 267-273.

[6] 刘昊,许都. 视频在IP网络中传输的质量研究[J]. 电子科技大学学报,2005,34(6):1005-1008.

[7] Klaue J,Rathke B,Wolisz A. EvalVid - A framework for video transmission and quality evaluation[C]//Proc. of the 13th International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation. Urbana, Illinois,USA: [s. n.],2003:255-272.

[8] 王明伟,李琴,王奇,等. 基于分层多播的视频传输拥塞控制算法研究[J]. 电信科学,2010,26(5):78-82.

[9] 陈敏,韦岗. 一种适合实时变比特率视频传输的IP区分服务调度算法[J]. 计算机研究与发展,2004,41(5): 821-827.

[10] 王明伟,王奇,杨洁,等. 基于NS-2的视频流仿真方法研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(2):117-120.

[11] McCanne S,Floyd S. The LBNL network simulator, ns-2 [EB/OL]. 2008. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

[12] Patrick S,Frank H P, Martin R. Video Traces for Network Performance Evaluation[M]. [s. l.]:Springer Press,2006.

2008(11):72-73.

[6] 史玉林,李飞飞,孙益顶. 基于均值滤波和小波分析的图像去噪[J]. 电子测量技术,2008,31(8):140-157.

[7] 陈武凡. 小波分析及其在图像处理中的应用[M]. 北京:科学出版社,2002.

[8] 张德丰. 基于小波的信号阈值去噪算法研究[J]. 现代计算机,2007(5):26-28.

[9] 周密,李尊尊,耿国华. 基于小波阈值的图像去噪方法研究[J]. 计算机技术与发展,2008,18(5):22-24.

[10] 邢丹俊,王继成. 基于提升小波的自适应阈值图像去噪[J]. 计算机技术与发展,2008,18(2):42-45.

[11] 赵婷婷,苑惠娟,邹延宏. 基于小波分析的阈值去噪改进算法[J]. 国外电子测量技术,2007,26(3):12-13.

[12] 尉世强. 一种改进小波阈值图像去噪方法[J]. 大众科学,2007(13):38-39.