

# 基于知识系统的视频服务质量保障模型及仿真

李永强<sup>1)</sup> 朱江<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(解放军理工大学通信工程学院, 南京 210007) <sup>2)</sup>(南京陆军指挥学院信息作战指挥系, 南京 210045)

**摘要** 为保障 Web 上对实时性要求高的视频的服务质量,常通过区分服务的方法在网络边缘的节点做一些处理,但此类方法存在数据包分组标签设计不够动态,处理不够智能的问题。为此,提供了基于知识系统的视频服务质量保障模型,通过知识系统推理来获得智能,将 $(m, k)$ 模型应用到标签设计中,从而提供一种有效的保障模型。仿真测试结果表明,该保障模型能够更好地满足用户的偏好需求,有效进行视频服务质量保障。

**关键词**  $(m, k)$ 模型 服务质量保障 区分服务 知识系统

中图法分类号: TP273 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2010)04-589-09

## Knowledge-based Video Quality Guarantee Model and Simulation

LI Yongqiang<sup>1)</sup>, ZHU Jiang<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(Institute of Communications Engineering, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007)

<sup>2)</sup>(Department of Information Combat Commanding, Nanjing Army Command College, Nanjing 210045)

**Abstract** To ensure the video QoS (quality of service) of the Web, DiffServ (differentiated service) methods are always used at the edge of network. Current label system of DiffServ is static and not so intelligent. In order to solve this problem and improve the Subject QoS, knowledge-system-based video quality guarantee model is provided and a system is built. In this system, the video adaptation is guided intelligently with the knowledge acquired at different phases of knowledge creation processes and  $(m, k)$  model is applied in label design so as to mapping to knowledge. Testing results have shown this model can satisfy the user preference and ensure video quality effectively. So it is proved that knowledge plays an important role and brings more intelligence to our system.

**Keywords**  $(m, k)$  model, QoS guarantee, DiffServ, knowledge system

## 0 引言

对实时性要求高的网络视频、多媒体内容而言,时延和丢包是衡量其 QoS (quality of service) 的两个重要标准。硬式保证机制 (hard guarantee)<sup>[1]</sup> 为了确保严格的时延和满足丢包限制,通常采用 Intserv<sup>[2]</sup> (integrated service) 策略来对资源集中控制,按照业务峰值速率最大程度地分配、预留资源。虽然这种保守的考虑可以在一定程度上预防突发并较好地保证网络传输业务的 QoS,但极大的浪费了

系统资源,由于 Web 上视频业务本身具有突发性,通常整个系统并不是工作在一个较为平均的业务流量水平上,而是工作于突发状态。即使大量的预留也会使系统遇到超负荷的情形,继而将导致数据包的延时传送或者丢弃。

DiffServ (differentiated service) 是一种为网络中的综合业务提供不同服务级别的策略。它通过在网络边缘对不同业务帧添加标签,标记该业务帧的重要性和丢包优先级别,并规定交换对不同标识帧进行不同的处理,从而将 QoS 的实现复杂度从网络核心转移到了网络边缘。对于 Web 所在 Internet 这种

基金项目:自然科学基金项目(60472050, 70771112);教育部新世纪人才培养计划(NCET/06/0936)

收稿日期:2008-12-02;改回日期:2009-03-05

第一作者简介:李永强(1974—),男。解放军理工大学通信与信息系统博士研究生。主要研究方向为无线网络规划与优化。E-mail: niceme@vip.sina.com

需要端用户来适应的、传统的、尽力而为的网络而言,DiffServ 这种分散式控制方法相比 InterServ 具有可扩展性,更适合在大型网络上提供 QoS 服务,因此 Web 服务器<sup>[3]</sup>很多采用了 DiffServ 的思想,允许事先为页面请求和服务上的资源设置一定的优先级标志,在实时处理过程中根据这些优先级设定来为用户提供不同等级的 QoS 服务。分散控制方式一般只在网络边缘对流量做复杂预处理,网络内部只负责按优先级转发,其优点是简单灵活,但属于一种相对优先级策略,不能提供严格的 QoS 保证。一些对服务质量要求不高的业务,基于 DiffServ 的现有技术就可以满足其 QoS 要求,但不能满足服务质量要求较高的交互式多媒体业务(如 VOIP(voice over IP)、视频会议、VOD(video on demand)等)的 QoS 要求。

一种将 InterServ 与 DiffServ 结合的思路:即在用户网络仍使用 RSVP 协议、在运营商的 DiffServ 网络边界将 InterServ 的业务类型映射为 DiffServ 的业务类型,这样解决了端到端的 QoS,同时也具有很好的扩展性。但这种方法并没有解决 DiffServ 的部署问题,同时也存在 InterServ 的信令复杂、管理等问题<sup>[4]</sup>。

MPLS(multi-protocol label switching)在 IP 中引入了 ATM(asynchronous transfer mode)的技术和概念,MPLS 是一种多标记交换技术,MPLS DS-TE(DiffServ-aware traffic engineering)充分利用了 DiffServ 的可扩展性以及 MPLS 的显示路由能力,是解决骨干网 QoS 的有效技术,网络资源可根据用户的需求得到最优的利用;与 DS-TE 相关的 RFC(request for comments)草案已提交 IETF(internet engineering task force)工作组进行审核,尚未形成最终标准<sup>[5]</sup>。

日本的 NNT 提出了优先级提升(PPS)模型的方案<sup>[6]</sup>,该方案中,发送端在媒体流发送之前或发送的初始阶段,先以较低的优先级发包,根据接收端反馈的资源状况和测量的结果来决定对剩余分组的处理——按原等级发送、降级发送、升级发送、暂停发送或是终止发送。该方案基于端到端的测量,充分发挥了端系统的作用,实现灵活的准入控制和优先级控制;有降级或升级处理,充分利用了网络资源,有利于提供端到端的 QoS 保证;路由器只需支持 DiffServ 即可,相对减少了网络的复杂性。但该方案还仅仅考虑带宽等网络资源,其优先级提升的

根据主要依赖网络的状况,对于用户主观性很强的网络浏览,PPS 也未曾考虑如何标记才能够满足用户的主观要求,而且标签一旦定义就不容易改变。

要弥补上述方案的这些不足,对现有端系统的改进是个很大的挑战。在这种环境下,要提供端到端的 QoS,必须充分发挥端系统的作用,因为只有端系统才了解实际的通信需求和条件,这就要求端系统高度智能,本文将利用知识系统来提供智能。

## 1 基于知识系统的视频服务质量保障模型

该模型根据用户的偏好进行推理从而设置视频适配处理的流程以及进行相应的标签设计。其框架如图 1 所示包括 3 个过程,用户偏好的上下文处理过程,知识过程以及适配过程。上下文处理过程中,WA(web agent)跟网站的 Servlet 通信,处理所有请求。UA(user agent)跟用户通信,处理用户的事务(cookie, session, profile),QA(question agent)是类似于 Office 助手的一个窗口,当用户做某些反常操作的时候,给他以适配提示,提示以问题的形式,这也是作为获得上下文的一种手段。DA(directory agent)供本体登记、本体搜索,提供黄页服务,这样根据用户上下文可以寻找参与完成此适配任务的知识代理,从而获得领域知识。

MA(manager agent)和 OA(ontology agent)参与知识过程,使用本体 Ontology 和 PSM(problem solving method)来处理应用问题。OA 管理来自不同的领域的知识本体,随着本体之间的交互,OA 会渐渐获得供适配用的推理知识和来自于其他 agent 挖掘的知识。MA 用来在本体之间通信,组合、连接来自不同 OA 的知识,来产生全局的知识,从而生成适配规则,存于规则库。

适配过程用于提供适配方案,方案包含一些动作,像视频剪裁、帧转化和内容过滤等。每个动作都被一个 agent 控制。

该系统的操作如下:首先交互式地进行用户偏好采集,接着知识代理提供各领域知识进行整合,产生规则,自动推理进行适配。如果适配不能满足用户的主观服务质量,用户再做调整,同时记载用户的调整行为,用以产生新的知识,促进知识的进化,进化过程产生的新知识作为整个资源的附加值,使得系统资源增值。

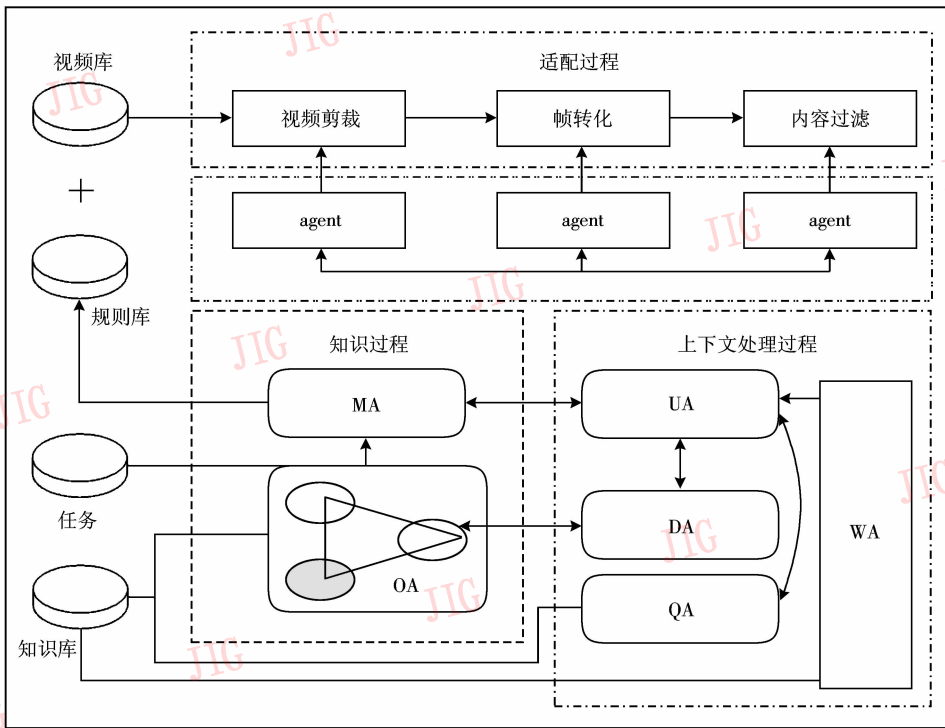


图 1 基于知识系统的视频服务质量保障模型

Fig. 1 Knowledge-based video quality guarantee model

### 1.1 知识系统中的知识

知识过程是系统的关键,近二十年来,知识工程领域在建造基于知识的系统的过程中,往往先要建立领域知识库和推理机制。1991年,DARPA知识共享计划<sup>[7]</sup>提出了建立知识系统的新方法,通过本体对说明性知识进行建模,推理机制则通过问题解决方法(PSMs)进行说明,两部分互为补充,充分利用现有知识组件加以配置建立新的知识系统。为了提高知识重用性,本体以断言的形式存储在知识库。知识库中的知识包括原始领域知识、新知识、推理知识、操作知识等。

#### 1) 系统中的原始知识

为了分析的方便,原型系统的实验是在一个小范围内,系统设置了两个领域的带宽本体代理和部门本体代理(OA)。

首先看两个知识本体带宽本体和部门本体中的部分原始知识。这些知识包含了流媒体转化领域知识工程师根据经验获得的一些知识:

(1) 网络多媒体传输过程中,如果是视频,其占用带宽最多,音频次之,接下来是动画、图片,文字是最少的。

(2) 根据接入带宽压缩时,网络带宽小的所需

压缩比例较大。

(3) 部门含交通、公安等子部门。

上面是OA已经在使用的原始知识中一部分,最初的时候仅能使用本OA的原始知识,这是相当有限的。服务器只能根据带宽进行一些处理,以前的视频适配系统功能大多仅限于此。部门本体仅提供某人Tom属于交通部门,交通部门是一个部门的断言。MA并不能利用这些断言进行适配,因为还不知道部门具有怎样的偏好。

#### 2) 新知识

在适配过程中存在的大量适配实例,知识专家使用WEKA分析用户数据,采用相对简单的关联规则,获得了一些知识。下面是根据用户数据产生的一条强有效关联规则:

$content\_task = check\_road\_status \quad network\_type = mobile \quad packetloss = 5 \quad timedelay = 5 \Rightarrow bandwidth = 128kbs, \quad preference\_type = 5 \quad conf: (1) \quad lift: (1.75) \quad lev: (0.24) [1] < conv: (1.71) >$

其含义是,对于使用移动设备,其网络丢包率、时延都较高,视频用于检查道路状态,此时使用128kb/s的低速视频。将有效关联规则由专家参与整理,可以获得更多的知识,将新产生的知识用三元组表示,部分断言如下:

Statement1: ( traffic-department has-task check-car-road-status)

Statement2: ( police-department has-task catch-criminal)

Statement3: ( worker lead-by boss)

Statement4: ( check-care-road-status needs-preference continuousness- first)

Statement5: ( catch-criminal needs-preference fidelity-first or one-shot-first)

该知识在生活中的意义如下:部门中存在这样的认识,在终端用户中,交通行业的事故处理部门要根据道路、车流状态进行调度,而公安部门监控人员则要通过清晰的截图来抓罪犯,前者仅要求有连续的画面,能看到大场面;所以选连续度优先模式(可以为连续度降低质量);后者需要有清晰的图像质量,从而能看清罪犯。所以在视频适配的时候它选择单帧模式(质量最高但不连续)或者清晰度优先模式(可以为提高质量降低连续度)。

### 3) 推理知识

推理是知识模型中推理过程的构件。领域本体为了使用系统的知识,它需要产生推理知识,推理知识描述了使用领域知识的基本推理步骤。

以下是部门本体中的推理知识:

Rule1: (? y has-task ? t), (? t need-preference ? z) →  
(? y has-preference ? z)

Rule2: (? x work-in ? y), (? y has-preference ? z) →  
(? x has-preference ? z)

Rule3: (? x lead-by ? l), (? l has-preference ? z) →  
(? x has-preference ? z)

其含义是:如果某人要完成任务,该任务需要某偏好,那么某人具有某偏好;如果某人在某部门工作,部门具有某偏好,那么某人具有某偏好;如果某人被某某领导,领导有某偏好,那么某人具有某偏好。

本体是使用 OWL(ontology web language) 进行描述的,OWL 基于 RDF(resource description framework),RDF 可以解析为断言三元组,三元组可以加载进 Prolog, RETE 推理机,所以利用本体可以进行推理。另外语义网技术可以通过 TBOX 或者 ABOX<sup>[8]</sup> 推理。结合视频处理领域的本体提供具体的操作知识,就可以知道要进行具体的何种操作,操作知识对应部分断言为:

Statement6: ( Continuousness-first has-action improve-continuousness)

Statement7: ( Continuousness-first has-action reduce-quality)

## 1.2 ( $m, k$ ) 模型

硬时保证机制<sup>[1]</sup>是一种硬时限系统,其  $k$  个连续任务要确保  $k$  个完成限定任务,即  $(k, k)$  模型,  $(m, k)$  模型是指在一个实时系统中,在  $k$  个连续任务中至少确保有  $m$  个可以完成限定任务,当  $m = k$  时,它等同于  $(k, k)$  模型,成为一个硬时限系统。 $(m, k)$  模型表示了实时系统可以承受一定容限的特征,近年来受到了越来越多的关注,被广泛应用于各种实时控制和自动控制系统、队列管理和调度<sup>[9-12]</sup>中。

系统根据用户偏好将内容服务器送向用户的内容连接选取一个  $(m, k)$  模型进行标记,标记的结果将所有业务分为强制执行类“F”类和为非强制执行类“N”类,标记“1”为强制执行类,无标记则默认为非强制执行类。在进行标记时,根据选取的  $(m, k)$  模型定义一个标记序列执行标记,称该序列为 K 序列。举例说明,选择  $m = 1, k = 3$ ,即  $(1, 3)$  模型,定义 K 序列为 FNN。据此模型则进入该 QoS 标记模块的第 1 个帧就标记为“1”,即归为 F 类;第 2 和第 3 帧不进行标记,即归为 N 类。第 4, 5, 6 帧重复上面的操作,重新开始一轮循环,分别划分为 F, N, N 类。这样长度为  $k$  的一个 K 序列就相当于一个滑动窗口,每次选中连续的  $k$  个业务帧,再根据 K 序列的内容进行标记,从而将送往用户的内容根据  $(m, k)$  准则和用户偏好进行了分类。它的物理意义表示了在一个实时系统中,网络在送来的  $k$  个连续帧中必须至少要保证系统所指定的  $m$  个帧的传送 ( $m < k$ )。可定义参数  $n = (k - m) / k$ ,  $n$  越高,强制执行类的数据帧越少,业务源对网络的要求越低;反之,业务源的要求越高。

对于视频,多数实时业务,比如视频点播 (VoD)、IP 电话 (IP telephony),网络广播等<sup>[9]</sup>,都可以承受一定程度的丢包。此外,实时业务的 QoS 性能不仅取决于丢包的多少,更大程度上取决于丢包的分布和丢包的模式。对于实时视频流传输,一些关键信息比特的丢失(如序列和图像的头信息)会对解码造成严重的负面效应。但是如果丢失的是帧内或帧间信息,有效的帧头信息仍然能用来提高错误隐藏效率,保留宏块的基本特征,从而仍可获得一个相当高的信息重构质量,而仅仅丢失了细节信息。以 MPEG 流为例,如果可以确保 I 帧和 P 帧的正确、及时接收就可以在一定程度上保证该实时视频流的 QoS。针对实时视频流的编码特点,根据其编码格



络仿真。使用一个带优先级的先进先出的队列,队列容纳的包数是 50。

### 2.1 测试用例 1:公安用户视频服务质量比较

使用视频版本 3,在服务带宽分别为30 000 bit/s(低带宽)和 70 000 bit/s(中等带宽),考察在 5 min 流量突发期中通过缓存后得以保留的帧数跟丢弃的帧数。从图 3 结果中可以看出,在低带宽的情况下,使用 1\*\*\*\*\*模式的时候,对 I 帧保护的最好,1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*其次,而\*\*\*\*\*最差。1\*\*\*\*\*是通过丢 P,B 帧的模式保护 I 帧。而 1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*模式,P 帧跟 I 帧一样,是通过 B

帧保护 I,P 帧,从图 4 看出,当带宽增加到一定程度,在中等带宽时,使用 1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*比使用 1\*\*\*\*\*模式好。此时使用 1\*\*\*\*\*和 1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*都无 I 帧丢失,而使用 1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*也无 P 帧丢失,而 1\*\*\*\*\*会由于丢失 P 帧导致大量的 B 帧无效,此时视频质量不如 1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*1\*\*模式,在无知识情况下,对公安部门的用户只使用接入控制,即\*\*\*\*\*模式,在两种情况下都达不到最好。而在有知识的情况下,根据规则,根据网络状态选用不同的模式,在低带宽条件可以使得视频清晰度比

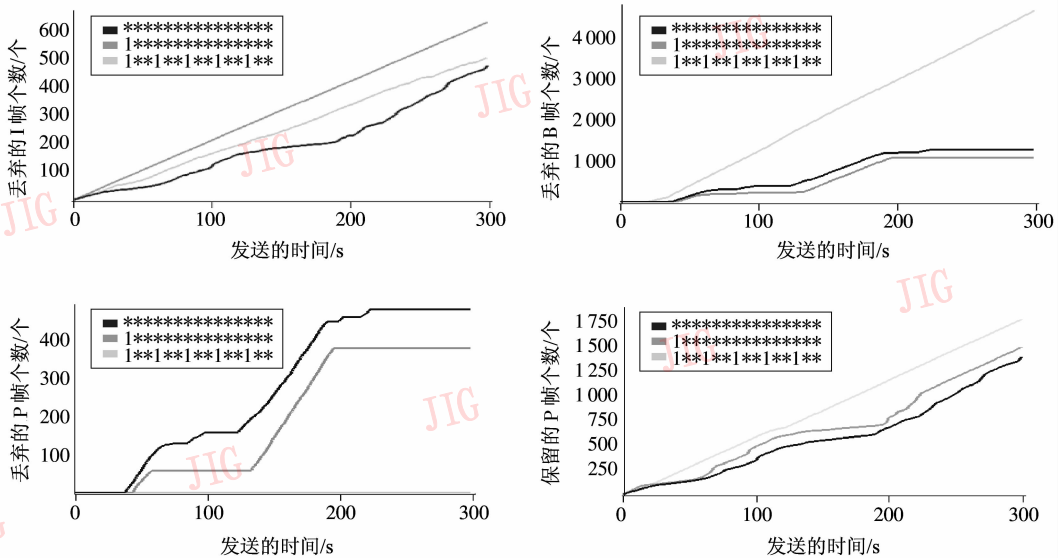


图 3 低带宽条件下的包丢失以及保留的情况

Fig. 3 Packet's losing and reserving under narrow bandwidth condition

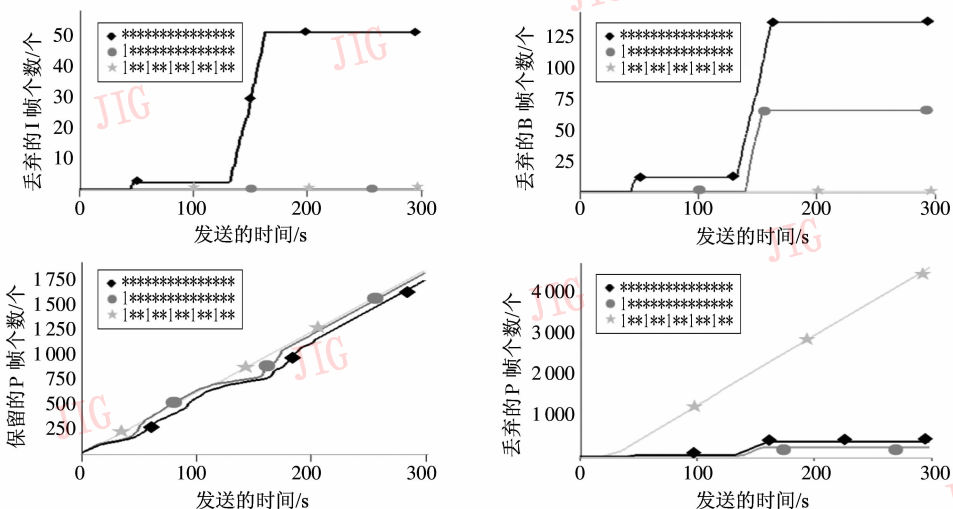


图 4 高带宽情况下包丢失以及保留的情况

Fig. 4 Packet's losing and reserving under wide bandwidth condition

较高,正好符合公安部门对清晰度要求比较高,而连续性要求不高的偏好。因此,如果模式的选择跟用户偏好的一致,能提高用户主观的满意度,即主观服务质量。

### 2.2 测试用例 2:对于交通部门的用户

使用视频版本 3,在服务带宽为 30 000 bit/s(低带宽)下,考察在 1 min 流量突发期中通过缓存后所通过包的间隔模式。

从图 5 中可以看出,使用交通部门知识模型,使用 11111111111111111111 \*\*\*\*\* (N = 1)的(m, k)模式在低带宽下 IPB 包分布间隔比较均匀,保证了帧内的完整和连续性。不会像图 5(b) \*\*\*\*\* 那样,出现了 IPB 间隔不均匀,即出现时快时慢,时断时续的结果。根据网络带宽情况可以调整 N 值,当带宽较宽的时候可以增大 N 值,在高带宽的情况下使用 1111111111111111 模式。对于交通部门,还可以通过调整内容版本结合的方式提高连续性,其方法是使用平均流量较小的

内容版本。比较使用中等版本和大文件版本在相同带宽下的丢弃帧个数跟服务时间。

从图 6 中可以看出,对于交通部门,跟随网络状况,选用小流量版本(GOP 相同),虽然清晰度没有大流量版本强,但是丢包率和系统服务时间都远远小于大版本,从而保证了视频的连续性。但从图中也可以看出在小流量版本视频开始阶段,突发流量相当大,所以同时利用表中给出的(m, k)模式编码方式能保证在短暂的相对带宽不足情况下的到包均匀。

因此,把来自于不同领域的知识,以及使用产生的知识在不同的环节进行联合控制能大大的提高服务质量。

### 2.3 测试用例 3:对于 MTV 观看用户

在 MTV 的播放中,制定的规则是,视频流:  $m * (1 ** 1 ** 1 ** 1 ** 1 **)$  +  $n * (1 ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** )$ , ( $m + n = 1$ ), 当  $n = 0$  时,音频流,字幕,文本流是硬性确保。带宽变窄的时候,  $n = 1$ , 音频流的 K 序列是 1101111。使用视频版本 3,在服

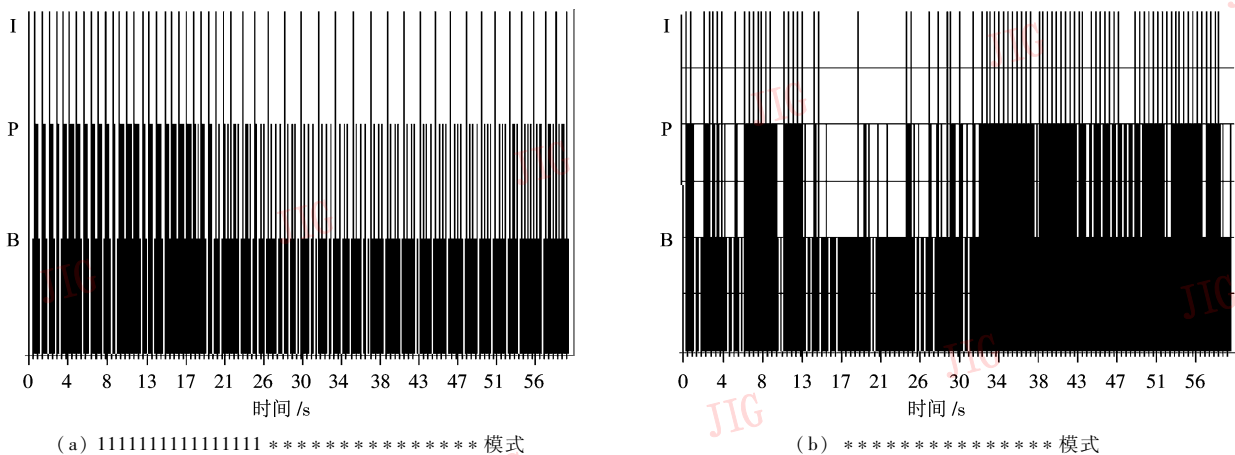


图 5 两种模式下包的间隔模式

Fig. 5 Packets interval styles under two kind of knowledge modes

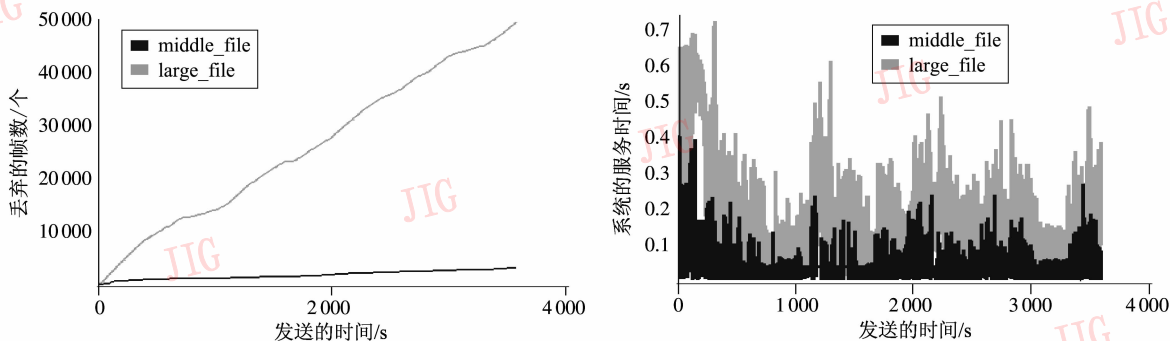


图 6 使用不同版本的性能比较

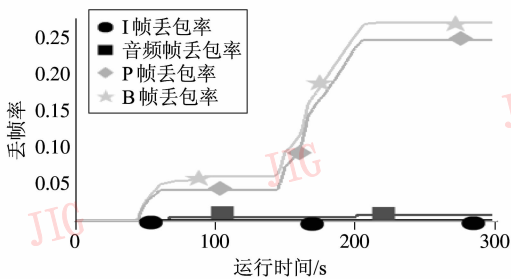
Fig. 6 Comparison of performance between different versions

务带宽分别为 30 000 bit/s (低带宽) 和 70 000 bit/s (中等带宽), 考察在 5 min 流量突发期中通过缓存后的统计丢帧率 (已经丢的帧数目/总共应该到达的帧数目)。

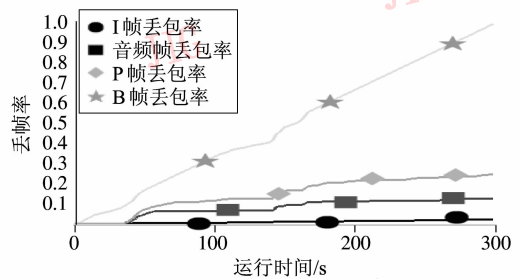
音、视频流通过  $1**1**1**1**1**$  或者  $1***** (m, k)$  模式对视频选择性丢弃能获得比随意丢弃好的效果。可以有效地保证音频和字幕的效果。这个用例主要比较不考虑上下文, 交换使用模式带来的影响。当带宽很窄的时候: 音频采用 1101111, 视频采用  $1*****$ , 从图 7 中可见, P, B 帧丢包率比较高, 而 I 帧不丢失, 同时, 音频的丢失也比较缓和, 丢包率控制在音

频可以接受的范围, 基本上没有影响。反之, 在窄带宽情况下, 使用  $n=0$  的硬式确保模式, 不但没有起到保护音频的作用, 反而导致了音频丢包率的增加, 最终导致音频超出了可以接受的范围。

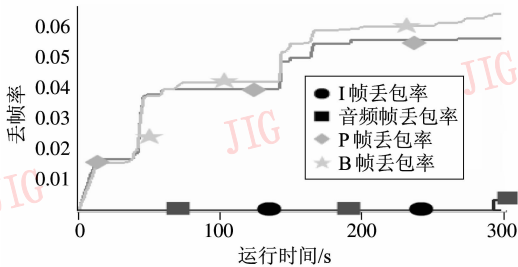
而在中等带宽的情况下, 使用  $n=1$  非硬式确保, 在流量突发的情况下, 音频引起了丢包, 但小的丢包率会引起音频的间歇间断。这对收听 MTV 会有影响, 听众对音频要求较高, 会降低其主观服务质量, 同时, 丢失 P 帧也使得视频质量大打折扣。因此, 在不同的状况下, 使用不同的模式, 可以大大提高主观服务质量。而不考虑上下文, 随便使用模式有时反而会降低用户的主观感受。



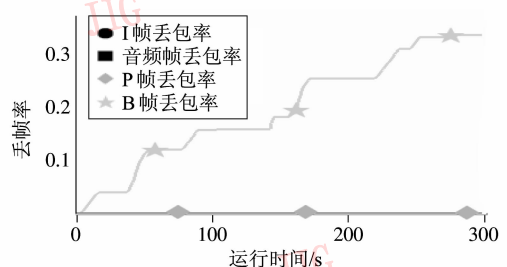
(a) 窄带宽情况下, 非硬式确保



(b) 窄带宽情况下, 硬式确保



(c) 中等带宽情况下, 非硬式确保



(d) 中等带宽情况下, 硬式确保

图 7 不同方式下, 视频的丢帧率比较

Fig. 7 Comparison of video frame losing rate during different way

### 3 结论

本系统应用基于知识的视频服务质量保障模型进行 Web 上视频的服务质量保障, 通过  $(m, k)$  模型进行标签设计, 并且根据用户的偏好上下文不同选择不同的标签, 动态的调整优先级, 从而灵活的对视频进行处理。实验结果表明, 该系统可以能够在 DiffServ 利用带宽进行保障的基础上, 利用更丰富的知识, 标签设计也更为合理, 精确, 可以提高用户主观服务的质量, 带来更个性化的服务。该模型不仅限于视频质量的保障, 也可以进行各种多媒体乃至

各种使用 DiffServ 进行服务质量保障的场合, 有很好的应用价值。

### 参考文献 (References)

- [1] Koubaa Anis, Song Yeqiong. Graceful degradation of loss-tolerant QoS using  $(m, k)$ -firm constraints in guaranteed rate networks [J]. Computer Communications, 2005, 28(12): 1393-1409.
- [2] IETF RFC 1633-1994. Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview[S].
- [3] Badran H F. Service provider networking infrastructures with MPLS [C]//Proceedings of the Sixth IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'01). Washington DC,

- USA: IEEE Computer Society, 2001: 312-318.
- [4] IETF RFC 3272-2002. Overview and Principles of Internet Traffic Engineering[S].
- [5] IETF RFC 3270-2002. MPLS Support of Differentiated Services [S].
- [6] Liang Lei, Sun Zhili, Cruickshank H. Relative QoS optimization for multiparty online gaming in DiffServ networks [J]. Communications Magazine, IEEE, 2005, 43(5): 75-83.
- [7] Patil Ramesh S, Fikes Richard E. The DARPA Knowledge Sharing Effort: Progress Report Readings in Agents [M]. San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 1997: 25-28.
- [8] Giacomo C D, Lenzerini M. TBox and ABox reasoning in expressive description logics [C]//Proceedings of the Fifth International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR-96). San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 1996: 316-327.
- [9] Anis K, Song Y. Loss-Tolerant QoS using firm constraints in guaranteed rate networks [C]//Proceedings of the 10th IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS' 2004). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2004: 526-533.
- [10] Li J, Song Y. R-( $m, k$ )-firm: A Novel QoS Scheme for Real-time Flow Guarantee in Networks[EB/OL]. (2006-05-30)[2008-10-09]. [http://www.lisi.ensma.fr/rtns06/fichiers/rtns06\\_proceedings.pdf](http://www.lisi.ensma.fr/rtns06/fichiers/rtns06_proceedings.pdf).
- [11] Quan G, Hu X. Enhanced fixed-priority scheduling with ( $m, k$ )-firm guarantee [C]//Proceedings of Real-Time Systems Symposium, Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2000: 79-88.
- [12] Nicolas Courville. QoS-oriented Traffic Management in on-board Switches[EB/OL]. (2003-05-26)[2008-10-09]. <http://www.cost280.rl.ac.uk/documents/WS2%20Proceedings/documents/pm-5-071.pdf>.