

基于传感器的移动流媒体码率控制方法

熊丽荣 尤日晶 金鑫

(浙江工业大学计算机科学与技术学院 杭州 310023)

摘 要 移动端视频流服务日益受到重视,智能终端码率自适应机制成为研究热点。当用户在移动端观看高清电影时需要消耗大量的网络流量,然而当用户不处于观影状态、对电影不感兴趣以及观看电影距离过远时,观看高清电影并不会给用户带来良好的体验,还会造成大量无线网络资源的浪费。文中设计了基于传感器的码率决策模型,综合考虑了用户观看位置、用户兴趣和设备状态。传感器决策模型可以优化传统的码率决策机制,因此设计了基于传感器的混合码率决策方法。实验证明,该方案在无线资源紧张的情况下能够有效节约无线网络的带宽资源。

关键词 移动流媒体传输,多目标优化,码率控制,传感器

中图法分类号 TP311 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2018.10.024

Sensor-based Adaptive Rate Control Method for Mobile Streaming

XIONG Li-rong YOU Ri-jing JIN Xin

(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract Mobile terminal video streaming service has been paid more and more attention, and intelligent terminal rate adaptation mechanism has become a research hotspot. It costs plenty of network traffic for the mobile users to watch high-definition movies. When users are not interested in the movies, or the terminals are far away from users, watching HD movies will not bring good experience and will waste a lot of wireless network traffic. This paper designed a sensor-based rate adaptive decision model, taking into account the users' watching location, interests and equipment status. The sensor-based rate adaptive decision model can optimize the traditional rate decision mechanism for designing sensor-based hybrid rate decision method. The experiments show that the proposed sensor-based rate adaption model can effectively save the wireless network bandwidth resources in the case of insufficient network bandwidth.

Keywords Mobile streaming media transmission, Multi-objective optimization, Rate adaption mechanism, Sensor

1 引言

随着无线数据网络的普及,多媒体业务在移动互联网流量中的比重呈爆炸式增长。移动端用户占在线视频用户的 85.7%,主流视频网站移动端的流量约占整体流量的 70%,且有进一步增长的趋势^[1]。多媒体内容传输,特别是移动端视频流服务,比过去更加受到各界的重视。

传统的流媒体技术具有无法利用现有的网络结构且无法通过防火墙等多种问题。动态自适应流媒体技术 DASH^[2]将同一媒体内容放置于不同质量的视频流,客户端根据网络带宽或者当前缓冲等条件动态地选择合适质量的视频流,实现流畅的播放效果。DASH 技术已经逐渐成为主流的流媒体技术。

传统的客户端码率动态调节算法,往往是设定客户端最大可能地利用带宽播放高质量的视频。但实际上,移动设备用户的无线网络资源是有限的,因此设计一个能够节约无线

网络带宽的流媒体码率决策机制具有重要意义。

随着移动设备的发展,大量的传感器被应用到移动设备上,这些传感器可以感知使用者的体验状态或者移动设备所处的环境等信息。因此,客户端的码率选择策略可以添加更多的交互信息,例如用户是否还在观看视频、用户对视频是否感兴趣、设备是否抖动等。在用户不适合观看高清视频时,码率调节策略通过这些交互信息能够主动降低下载的视频片段的清晰度,有效地节省无线网络资源。

本文结合移动终端上下文环境,设计了基于传感器的码率决策模型,该模型综合考虑了用户观看位置、用户兴趣和设备状态,可以优化传统的码率决策机制,以达到既能保证用户的观看体验,又能在用户体验较差的环境下达到节约无线网络资源的目的。

本文第 2 节介绍码率自适应算法及基于移动设备传感器的码率调节方法;第 3 节描述基于移动设备传感器的码率决策模型;第 4 节通过实验验证本文基于传感器的码率调节模

到稿日期:2018-03-18 返修日期:2018-06-14 本文受浙江省重大科技专项重大工业基金项目(2012C11026-2),杭州市重大科技创新专项基金项目(20132011A16)资助。

熊丽荣(1973—),女,硕士,副教授,CCF 会员,主要研究方向为服务计算、计算机网络、社交网络,E-mail:lilybear@zjut.edu.cn(通信作者);尤日晶(1992—),男,硕士生,主要研究方向为服务计算,E-mail:2111512145@zjut.edu.cn;金鑫(1991—),男,硕士生,主要研究方向为服务计算,E-mail:449059895@qq.com。

型的有效性;最后总结全文。

2 相关工作

在多种流媒体技术中,DASH 自适应流媒体传输技术能够为所有用户,特别是使用无线网络的智能移动终端用户,提供其所在网络环境下能够达到的最优化的多媒体观赏体验。在一个移动流媒体传输系统中,客户端可以在视频传输过程中根据网络带宽、缓存大小等因素动态调整向服务器请求的视频资源,保证用户得到与自己当前网络状态和终端相适应的视频服务。因此,使用无线网络的智能终端码率自适应判断决策是研究热点。

传统的码率自适应算法包括基于吞吐量的(Throughput-based)自适应算法和基于缓存的(Buffer-based)自适应算法。基于吞吐量的码率自适应算法使用实际段下载时间和段持续时间的比值来估算当前吞吐量的状态^[3]。由于网络带宽发生波动时,吞吐量也会出现剧烈波动,因此码率抖动十分严重。该类算法在移动设备的应用效果不佳,码率切换不稳定,严重影响了用户体验。基于缓存的算法具有受网络吞吐量变化的影响小的特点,可以提高视频码率的稳定性。Hesse 等^[3]提出了一种基于流会话期间媒体数据选择和恢复机制的 BS 算法。其在带宽估计中直接将测量到的 TCP 下载吞吐量作为可用带宽,设计了一个缓存监控单元,规定缓存上下限,将缓存状态作为平滑函数中的输入参数。采用最简单的选择思想来调整码率,即切换至可选码率集中低于当前可用带宽的最高码率等级。Müller 等^[4]分别采用了 3 种缓存模型:一次线性模型、指数模型和对数模型,利用缓存区内数据量的百分比估算当前合适的码率,并通过实验分析了 3 种缓存模型在码率估算中的应用。文献[5]加入了震荡因子,实时检测视频播放过程中出现的震荡情况。在检测到码率剧烈震荡后,码率决策进入震荡补偿状态以避免码率持续震荡。该算法能够有效地保证客户端在变化的网络中维持稳定的切换和高清的质量。但是在网络带宽多变的环境中,上述码率选择策略的灵活性偏低。

部分学者引入了增强学习,使 HAS(HTTP Adaptive Streaming)客户端能够动态学习当前网络环境中最适应的播放质量。研究者们构建了 Q-learning 算法^[6-7]和 SARSA 算法^[8-9],并通过实验发现在预定带宽内 Q-learning 算法更高效,而在训练的带宽外 SARSA 算法的自适应能力更强。基于机器学习的码率调节算法主要根据移动终端的缓存、带宽来设计状态,未考虑移动智能终端的传感器以及用户的兴趣等。

随着移动智能终端的普及,基于智能终端的前置摄像头、加速度计、陀螺仪等可感知用户行为^[10-11]。Smith 等^[13]通过锁定注视点的方式间接地确定用户的关注度是否在屏幕上。Bui 等^[14]从优化超高分辨率屏幕的功耗角度出发,提出手机的分辨率应该随用户的视距(即用户眼睛到屏幕的距离)而变化。其采用基于超声波的方法测量用户的视距,并根据测量的视距自动调整所需要的屏幕分辨率,从而在保证用户体验(比如保证视网膜分辨率)的同时降低手机的功耗,延长电池的使用时间。该方法需要外置传感器设备,成本较高。码率自适应机制可以利用智能终端传感器感知使用者的体验状态、设备所处环境等信息调整当前的码率,优化客户端的视频

播放。例如,利用前置摄像头来判断当前观看用户的兴趣是否在移动设备的视频上,假如检测到用户的兴趣不在视频上,则终端码率决策机制可以暂时降低视频码率来节约网络带宽资源,或者利用加速度传感器来检测移动设备的震荡情况,当检测到剧烈震荡时,用户观看体验较差,暂时降低视频码率。已有学者开展了基于传感器的码率自适应方法研究。Wilk 等^[10]通过人脸特征识别和人脸轨迹检测的方式判断用户的兴趣是否在移动设备的屏幕上,如果用户不在观影状态,则下调当前视频码率。Reznik 等^[12]通过研究发现,用户在不同的观看位置对移动设备屏幕画质的分辨能力不同,因此根据人眼到移动设备屏幕的距离可观看到的最高画质,来调节视频码率。

现有传感器决策模型仅从用户观看位置进行码率决策优化,当用户失去兴趣而未观看电影时,在传感器的码率决策方法的作用下,设备仍在播放高码率电影。在此情况下,如果仅从用户兴趣考虑,设备的剧烈抖动或者用户观看电影距离过远时,观看高码率电影和低码率电影的效果是一样的;如果仅从设备抖动考虑,用户失去观影兴趣时,播放高码率电影是不合理的。因此,仅从单一角度来调整码率不能很好地优化客户端码率决策。本文综合考虑了用户观看距离、设备状态和用户兴趣因素,设计了基于传感器的终端码率决策模型,该模型能够与传统客户端码率自适应算法相结合,构成基于传感器的混合码率自适应决策。实验证明,在网络资源有限的情况下,基于传感器的混合码率自适应模型既能保证用户的观看体验,又能在用户体验较差的情况下节约无线网络资源。

3 基于传感器的码率决策模型

本文分别从用户观看位置、用户兴趣和设备状态 3 个角度出发,设计了各个角度的检测算法以及共同决策码率的模型,将传统客户端码率自适应算法与基于传感器的节约网络带宽方法相结合来共同影响码率决策。

3.1 用户观看位置检测

Reznik 等^[12]通过研究发现,在不同的观看位置,用户对移动设备屏幕画质的分辨能力不同,若用户在较远的位置观看设备,则播放高码率视频和低码率视频带来的用户视觉感受是相同的。因此,如果用户在距离较远的情况下持续播放高码率视频就会造成带宽浪费;而观看距离越近,高码率视频的用户体验越好,低码率视频的用户体验越差,此时需要自适应机制来维持相应的视频码率。本节设计了一种基于加速度传感器的观看位置检测方法来决定是否需要降低视频码率,节约无线网络资源。

加速度传感器的作用主要是感应手机的运动加速度。该传感器可以捕获 3 个参数,分别表示空间坐标系中 X、Y、Z 轴方向上的加速度减去重力加速度在相应轴上的分量,其单位均为 m/s^2 。例如,当将设备平放在水平面上,Z 轴朝向天空,三轴加速度的默认值分别为(0,0,10);当设备屏幕垂直竖立放置时,Y 轴朝向天空,三轴加速度的值分别为(0,10,0)^[15]。

Young 等^[15]提出用户在使用移动设备时的位置是可以预测的,他们通过大量调研和精确测量得出了 4 种用户占比最大的观看位置下移动设备与水平面的角度,通过大量实验

表明,这些角度能够代表大多数用户在不同位置的观看角度。

图 1 给出了用户的几种不同观看位置以及设备摆放的角度(15°,40°,60°,75°)。本文利用这些有限的位置组合^[15]来匹配用户当前所处的观看距离,然后使用手机加速度传感器进行了大量的实验,得到了 4 种观看状态下的三轴加速度特征。

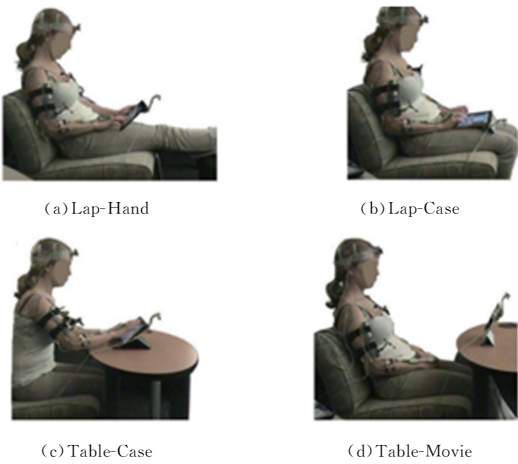


图 1 移动设备的 4 种观看位置示意图^[15]

Fig.1 Schematic diagram of mobile devices in four viewing configurations^[15]

图 2—图 5 分别给出了用户在不同观看位置时加速度传感器输出的值。通过这些传感器数据定义了 4 种不同的设备状态:Lap-Case, Table-Case, Lap-Hand 和 Table-Movie,对应的观看距离分别为 0.32m,0.22m,0.12m,0.60m,使用这些特殊状态的观看距离来匹配实际用户的观看距离。当加速度传感器输出的实时三轴加速度符合上述的某种特征值(误差±0.5)时,将其判断为三轴加速度特征对应的设备状态,从而将相应的观看距离使用在码率自适应机制中,调整码率的切换。

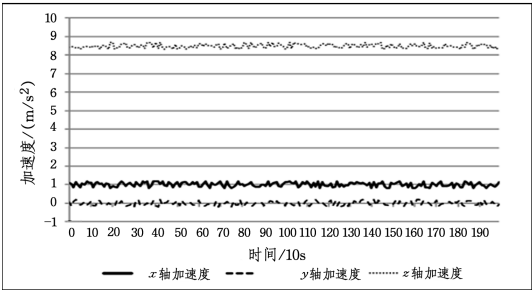


图 2 Lap-Case 状态下的传感器加速度值
Fig.2 Sensor acceleration values in Lap-Case

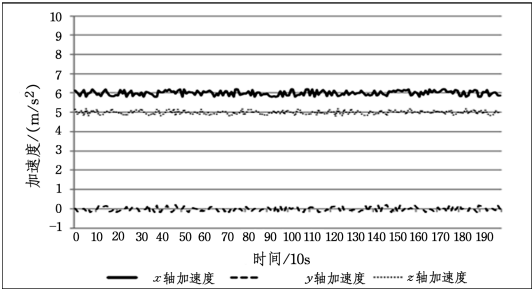


图 3 Table-Case 状态下的传感器加速度值
Fig.3 Sensor acceleration values in Table-Case

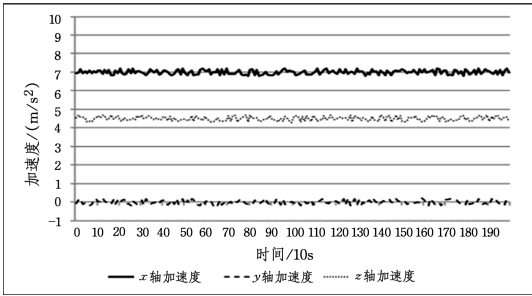


图 4 Lap-Hand 状态下的传感器加速度值
Fig.4 Sensor acceleration values in Lap-Hand

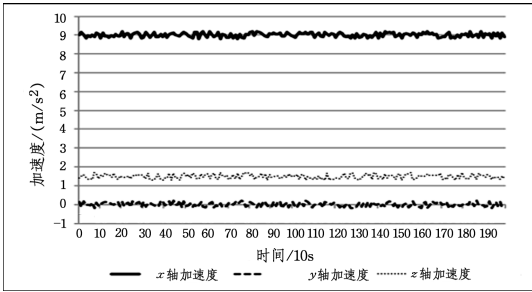


图 5 Table-Movie 状态下的传感器加速度值
Fig.5 Sensor acceleration values in Table-Movie

3.2 用户兴趣检测

Wilk 等^[10]通过人脸特征识别和人脸轨迹检测的方式判断用户的兴趣是否在移动设备屏幕上。Smith 等^[13]通过锁定注视点的方式间接地确定用户的关注度是否在屏幕上。虽然这些方法对用户兴趣的判断较为准确,但是需要占用设备大量的内存,影响应用性能。本文基于简单、灵活的欧拉角检测方法来判断用户兴趣。

移动终端的人脸检测分为两种情况:1)屏幕前没有人脸时,用户的兴趣一定不在移动设备的屏幕上;2)用户的面在屏幕内,但是用户的兴趣不在屏幕上。本文采用移动设备的前置摄像头检测实时帧画面,计算基于人脸的欧拉角度 θ 。表 1 列出了基于人脸的欧拉角度(左右方向)所能检测到的关键点。当检测到 $\theta < -36^\circ$ 或 $\theta \geq 36^\circ$ 时,判断当前用户的兴趣不在屏幕上。为了避免外界因素导致检测失败(如瞬时的光照条件或手的遮挡),本文设置一个时间阈值 T_{UI} ,当未检测到用户兴趣的时间超过阈值时,自适应算法就会线性缓慢地降低视频码率,节约无线网络资源。

表 1 不同欧拉角度下的关键点

Table 1 Key points of face detection base on Euler angles

欧拉角度	可见关键点
$\theta < -36^\circ$	左眼,嘴的左半边,左耳,鼻子基部,左脸颊
$-36^\circ \leq \theta < -12^\circ$	嘴的左半边,鼻子基部,嘴的底部,右眼,左眼,左脸颊,左耳尖
$-12^\circ \leq \theta < 12^\circ$	右眼,左眼,鼻子基部,左脸颊,右脸颊,嘴的左半边,嘴的右半边,嘴的底部
$12^\circ \leq \theta < 36^\circ$	嘴的右半边,鼻子基部,嘴的底部,左眼,右眼,右脸颊,右耳尖
$\theta \geq 36^\circ$	右眼,嘴的右半边,右耳,鼻子基部,右脸颊

3.3 设备状态检测

在观看视频的过程中,移动设备可能出现剧烈抖动,设备的剧烈抖动会严重影响用户观看高质量的视频内容,我们认

为一旦设备出现剧烈抖动,接收高质量的视频内容就会浪费大量的无线网络资源。Wilk 等^[16]设计了一种基于加速度传感器的设备抖动状态检测方法,以此检测设备抖动的情况。本文借鉴该设备抖动状态检测方法^[16],设计了一种在视频播放过程中实时检测设备抖动状态的方法,并加入了用户主观感受评分阈值。一旦检测到连续震动并且用户主观感受评分低于设定的阈值,就会线性减少下一段的视频质量,这样避免了短时间的抖动引起码率的大幅度跳动从而影响视频切换的稳定性。

设备状态检测方法首先定义了一个 ns 的滑动窗口,然后定义了一个计数器 c_d ,一旦设备在滑动窗口内发生至少 $2s$ 的持续加速度变化,就计为一次抖动, $c_d = c_d + 1$;为了避免轻微抖动对检测的影响,只有当加速度变化幅度超过阈值 T_G 时计数器才会增加,本文参考了文献^[16]的工作,定义 $T_G = 2\text{m/s}^2$ 。如果在一个滑动窗口时间 ns 内没有检测到抖动,则将计数器重置,同时设置每秒 4 次的传感器采样率。算法 1 基于文献^[16],考虑设备运动三轴加速度和平均意见得分 MOS^[17],以更准确地判断设备的抖动状态。MOS 评分的定义如式(1)所示:

$$MOS = a_0 + a_{\text{ampl}} * x_1 + a_{\text{dur}} * x_2 + a_{\text{speed}} * x_3 \tag{1}$$

其中, x_1 表示设备在抖动时的振幅, x_2 表示当前设备抖动的持续时间, x_3 表示抖动时视频播放帧的速度。MOS 模型参数 $a_0 = 3.7$, $a_{\text{ampl}} = -2.5723$, $a_{\text{dur}} = -0.0494$, $a_{\text{speed}} = -2.412$ 。设定 MOS 的阈值为 3.5,当 $MOS \geq 3.5$ 时表示用户主观体验良好, $MOS < 3.5$ 时表示用户主观体验较差。一旦抖动计数器大于或等于 2 而且 MOS 小于 3.5 时,判定当前用户的观看体验较差,不适合观看当前较高质量的视频。

算法 1 设备抖动状态检测

输入:一个三维数组 $S = (x, y, z)$,其存储实时三轴加速度的值;当前时刻的状态 t

输出:当前的设备抖动状态(0 表示设备状态良好,1 表示设备抖动)

1. if $s_{t,x} \neq s_{t-1,x}$ or $s_{t,y} \neq s_{t-1,y}$ or $s_{t,z} \neq s_{t-1,z}$ then
2. for $i \leftarrow 0 \cdots t-3$ do
3. if $\text{sgn}(s_i, s_{i+1}) \neq \text{sgn}(s_{i+1}, s_{i+2})$ and $\text{abs}(s_{i+1}, s_{i+2}) > T_G$ then
4. $c_d \leftarrow c_d + 1$
5. end if
6. end for
7. if $c_d \geq 2$ and $MOS < 3.5$ then
8. return 1
9. end if
10. end if
11. return 0

3.4 码率决策模型

本节根据 3 种检测方法对码率进行综合决策,计算公式如式(2)所示:

$$R = -(C_1 \times T + C_2 \times \sigma + C_3 \times \theta) \tag{2}$$

其中, R 表示需要调整的码率等级, T 表示用户失去兴趣的持续时间, σ 表示用户观看位置与设备的距离, θ 表示设备的抖动状态, C_1, C_2, C_3 表示权重系数。采用目标优化矩阵的方法确定权重系数具有量化准确、简单、方便、快捷的特点,因此本

文采用目标优化矩阵的方法来确定权重系数。Reznik 等^[12]的工作表明上述 3 种状态的重要程度为:用户兴趣 > 设备状态 > 观看距离。基于 3 种状态的重要程度,将纵轴上的项目依次与横轴上的项目进行对比,如果纵轴上的项目比横轴上的项目重要,那么在两个项目交叉的格子中填“1”,否则填“0”,最后将每行数字相加,根据合计的数值进行排序。目标权重优化矩阵表如表 2 所列。

表 2 目标权重优化矩阵

Table 2 Object optimizing matrix for impact weights calculation

影响因素	失去兴趣 时长	观看 距离	设备抖动 状态	合计	权重/%
失去兴趣时长		1	1	2	50
观看距离	0		0	0	17
设备抖动状态	0	1		1	33

表 2 中的权重系数根据:指标权重=(某指标新的重要性合计得分/所有指标新的重要性合计得分) * 100% 计算得出,由此得出基于传感器的码率决策模型,如式(3)所示:

$$R = -(\frac{1}{2} \times T + \frac{1}{6} \times \sigma + \frac{1}{3} \times \theta) \tag{3}$$

本文提出的码率决策模型可以与传统的客户端的码率自适应算法共同作用,以在网络带宽不足的情况下节约网络带宽。其应用场景如图 6 所示。

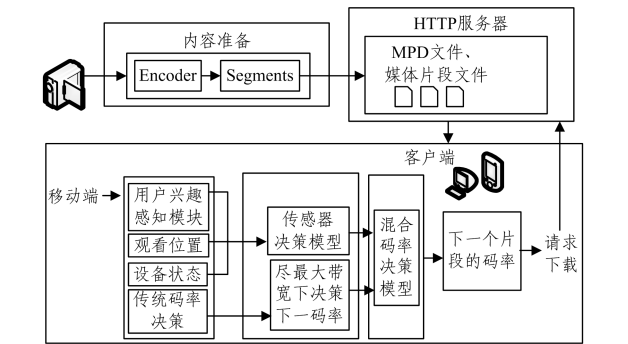


图 6 基于传感器混合决策模型的应用场景图

Fig. 6 Application scenario of sensor-based hybrid rate decision model

当带宽资源充足时,我们采用传统的决策码率算法以提供用户最佳质量的视频播放效果;而当用户的无线资源紧张时,就需要适当地减少无线资源在用户非正常观看电影状态下的流量浪费。我们通过检测用户状态和设备状态来感知用户的观看体验状态,并通过传感器决策模型优化传统的码率决策机制,不仅使用户可以尽量享受观看视频的乐趣,还能尽量地减少无线资源的浪费。

4 实验结果与分析

本文在真实网络环境下进行实验,搭建 Apache 服务器,结合 Ubuntu 12.04.4 系统提供 HTTP 服务。本文以 MPEG-DASH 标准的 Android 开源库 Exoplayer^[18] 为实验平台,同时利用服务器端的带宽控制器 Traffic Control(TC)实现带宽控制。选用实验数据“Big Buck Bunny”¹⁾,预编码 $R =$

1) http://www-itec.uni-klu.ac.at/ftp/datasets/mmsys12/BigBuckBunny/bunny_2s_480p_only/

{100,200,350,500,700,900,1100,1300} kbps,共 300 个片段,每个视频片段的持续时间 $\tau=2\text{ s}$ 。为了验证实验效果,TC 网络控制器的设置如下:0~30 s 的链路总带宽为 500 kbps,30~40 s 的链路总带宽为 600 kbps,40~45 s 的链路总带宽为 100 kbps,50~90 s 的链路总带宽为 500 kbps,90~110 s 的链路总带宽为 700 kbps,110~150 s 的链路总带宽为 500 kbps,150~165 s 的链路总带宽为 800 kbps,165~200 s 的链路总带宽为 500 kbps。其中,用户兴趣检测阈值 $T_{\text{UI}}=5$,设备抖动状态检测滑动窗口大小 $n=5$ 。

本文在 Müller 等^[4]指数模型的基础上,利用缓存区内数据量的百分比估算当前合适的码率。在基于缓存的码率自适应决策模型中加入了震荡因子^[5]检测方法,当检测到码率剧烈震荡后,进入震荡补偿状态。实验表明,该算法能够有效地让客户端在变化的网络中维持稳定的切换和较好的视频播放质量。本文将此方法定义为 RAOC 码率自适应机制。

本文将单纯的 RAOC 码率自适应方法和本文基于传感器决策模型的方法相结合,实现基于传感器的码率自适应优化方法。分别对上述的观看位置、用户兴趣、设备状态在相同网络情况下进行单独的检测实验,对 10 次实验数据取平均值,实验结果如图 7 所示。由图 7 可以看出,上述 3 种节约带宽的码率决策方案都有一定的节约网络带宽的能力,其中设备抖动状态检测由于所处环境的关系,不会出现全程设备抖动的情况,因此所节约的网络带宽较少。用户位置检测对节约网络带宽的效果明显,即观看距离越远,所节约的网络带宽越多。

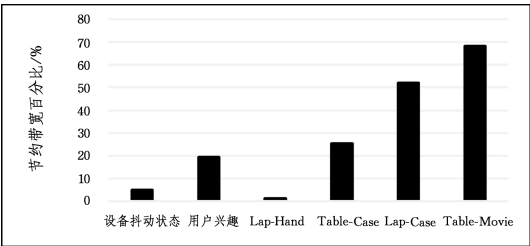


图 7 各种基于传感器的方案节约网络带宽的情况
Fig. 7 Percentage of network bandwidth saved by different sensor detection methods

考虑到基于传感器的码率决策模型可能会影响用户体验,我们设计了一组实验,其对象为:正常的 RAOC 算法(Q_normal)、RAOC+用户兴趣度(Q_interest)、RAOC+观看距离共同决策(Q_distance)、RAOC+设备抖动状态(Q_shake)和 RAOC+综合 3 个因素的决策(Q_all)。根据 ITU-R 在 Single-stimulus(SS)主观评价模型^[19]中规定 MOS 主观评价模型测试需要平均年龄 25 岁以上至少 15 人参与(其中男性至少 6 人,女性至少 9 人),整体 MOS 的评分为 1~5。因此,我们征集了 30 位非专业的实验人员参与实验,统一使用三星 GALAXY A5 安卓手机作为实验设备,不限制观看人员的姿势和观看期间的行为,待实验人员观看完测试样本视频后,对所观看的内容进行打分。最后对 10 组实验的结果取平均值,结果如图 8 所示。由图 8 可知,当通过用户兴趣度检测且用户失去兴趣时,由于用户未观看电影,因此用户检验质量 QoE(Quality of Experience)的波动性较大,故数据相差约

2.8%;而当用户距离过远或者设备抖动过激时,低码率视频和高码率给用户的主观 QoE 相差不大。而当综合所有因素时,整体效果的 QoE 也仅仅相差 4% 左右,QoE 的折损效果也是可以接受的。

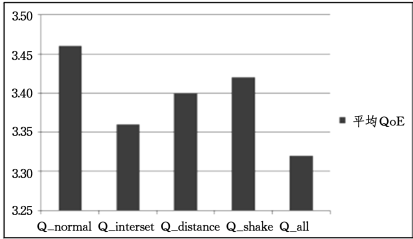


图 8 各种码率决策算法的 QoE 比较
Fig. 8 Comparison of QoE data of various rate decision algorithms

将基于传感器码率的混合码率决策模型与 RAOC 客户端码率自适应模型进行对比实验,在 TC 网络控制的网络带宽变化情况下进行多次实验,其中一组实验的结果如图 9—图 12 所示。RAOC 客户端码率自适应机制的码率变化如图 9 所示,基于本文传感器优化方法的码率变化方法如图 10 所示,相应的传感器的检测数据如图 11、图 12 所示。

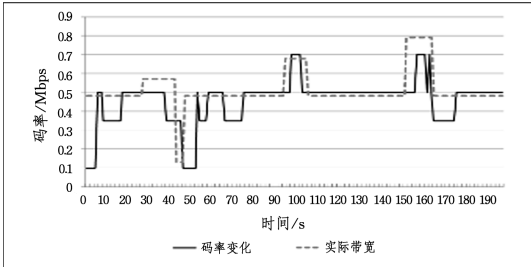


图 9 基于 RAOC 的自适应方法的码率变化
Fig. 9 Rate transitions of RAOC-based self-adaption algorithm

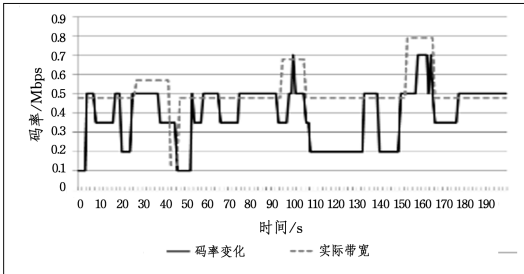


图 10 基于本文传感器优化方法的码率变化
Fig. 10 Rate transitions of sensor-based optimization algorithm in this paper

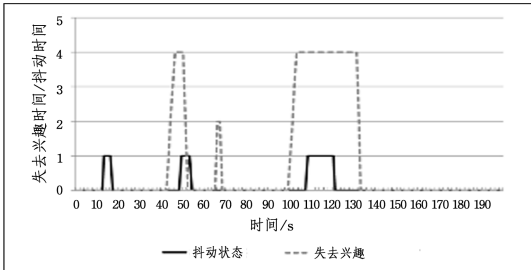


图 11 检测到的设备抖动状态与用户兴趣的变化
Fig. 11 Detected changes of device jitter status and user interest

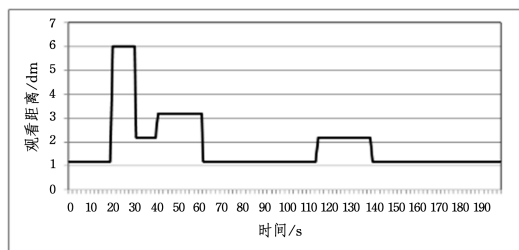


图 12 检测到的观看距离的变化

Fig. 12 Detected changes of viewing distance

由图 10 可知,在带宽不足的情况下,10~20 s 期间由于检测出设备抖动,优化算法调整码率下降。20~30 s 期间由于观看位置发生变化(由 12 cm 变成了 60 cm),导致用户对视频的清晰度分辨能力下降,从而降低码率,节约网络带宽资源。40~60 s 期间,3 种方法均检测到用户状态和设备状态的改变,根据码率决策模型需要降低 3 个质量等级,因此选择最低码率播放,相同的情况出现在 110~120 s 期间。由此可以看出,该决策模型能够同时检测用户观看位置、用户兴趣和设备状态,并做出合理的码率决策。通过对比图 9 与图 10 可知,在 10~20 s,40~60 s,110~120 s 期间,基于传感器的码率决策模型根据用户体验状态分别进行了码率调整,以到达节约无线网络带宽的目的。通过计算两种情况下码率的比值得出,上述实验过程所节约的无线网络资源为 37.6%,其中各个检测方法节省带宽数据所占的比例如图 13 所示。

图 13 3 种检测方法节约网络资源所占的比例

Fig. 13 Proportion of network resources saved by three state detection methods

结束语 针对现有移动端码率选择策略的局限性,本文设计了基于传感器的码率决策方法。首先利用加速度传感器检测设备抖动状态和用户观看位置,利用前置摄像头检测用户兴趣;然后结合3种检测数据设计基于传感器的码率决策模型,该模型可以融合在码率决策的客户端中,在不影响用户观看体验的情况下节约无线网络的带宽资源;最后通过实验验证基于传感器的码率自适应优化方法既能够保证用户的体验,又能适时地减少无线流量。

参考文献

- [1] 中国互联网信息中心. 第 38 次中国互联网络发展状况统计报告[EB/OL]. <http://www.cnnic.net.cn/hlwfzjy/hlwzxbg/hlwtjbg/201608/P020160803367337470363.pdf>.
- [2] Dynamic Adaptive Streaming over HTTP[EB/OL]. https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_Adaptive_Streaming_over_http, 2012.
- [3] HESSE S. Design of scheduling and rate-adaptation algorithms for adaptive HTTP streaming[C]// SPIE Optical Engineering+ Applications, 2013: 88560M.

- [4] MÜLLER C, LEDERER S, TIMMERER C. An evaluation of dynamic adaptive streaming over HTTP in vehicular environments[C]//Proceedings of the 4th Workshop on Mobile Video. ACM, 2012; 37-42.
- [5] MUELLER C, LEDERER S, GRANDL R, et al. Oscillation compensating Dynamic Adaptive Streaming over HTTP[C]//IEEE International Conference on Multimedia and Expo. IEEE, 2015; 1-6.
- [6] CLAEYS M, LATÉ S, FAMAHEY J, et al. Design of a Q-learning-based Client Quality Selection Algorithm for HTTP Adaptive Video Streaming [C] // Adaptive and Learning Agents Workshop. Saint-Paul, USA, 2013; 30-37.
- [7] CLAEYS M, LATRÉ S, FAMAHEY J, et al. Design and Evaluation of A Self-learning HTTP Adaptive Video Streaming Client [J]. IEEE Communications Letters, 2014, 18(4) : 716-719.
- [8] CHIARIOTTI F. Reinforcement learning algorithms for DASH video streaming[D]. Padova: University of Padova, 2015.
- [9] CHIARIOTTI F, D'ARONCO S, TONI L, et al. Online learning adaptation strategy for DASH clients[C]//International Conference on Multimedia Systems. ACM, 2016; 8.
- [10] WILK S, SCHÖNHERR S, STOHR D, et al. EnvDASH: An Environment-Aware Dynamic Adaptive Streaming over HTTP System[C]//Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video. ACM, 2015; 113-118.
- [11] JAGANNATH A. Implementation and Analysis of User Adaptive Mobile Video Streaming using MPEG-DASH[D]. Arlington: University of Texas at Arlington, 2014.
- [12] REZNIK Y A. User-adaptive mobile video streaming using MPEG-DASH[C]//Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering. 2013; 88560J-88560J-5.
- [13] SMITH B A, YIN Q, FEINER S K, et al. Gaze locking: passive eye contact detection for human-object interaction[C] // Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology. ACM, 2013; 271-280.
- [14] BUI D H, LIU Y, KIM H, et al. Rethinking Energy-Performance Trade-Off in Mobile Web Page Loading[C]//Proceedings of the 21st Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. ACM, 2015; 14-26.
- [15] YOUNG J G, TRUDEAU M, ODELL D, et al. Touch-screen tablet user configurations and case-supported tilt affect head and neck flexion angles[J]. Work, 2012, 41(1) : 81-91.
- [16] WILK S, KOPF S, EFFELSBURG W. Video composition by the crowd: a system to compose user-generated videos in near real-time[C]//Proceedings of the 6th ACM Multimedia Systems Conference. ACM, 2015; 13-24.
- [17] WILK S, EFFELSBURG W. The influence of camera shakes, harmful occlusions and camera misalignment on the perceived quality in user generated video[C]//2014 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME). IEEE, 2014; 1-6.
- [18] MUELLER C, LEDERER S, POECHER J, et al. Demo paper: Libdash-an open source software library for the mpeg-dash standard[C]//IEEE Multimedia and Expo Workshops (ICMEW). California, USA, 2013; 1-2.
- [19] ASSEMBLY ITU. Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures[M]. International Telecommunication Union, 2003.