

文章编号:1007-5321(2018)06-0078-05

DOI:10.13190/j.jbupt.2018-015

基于电池电量感知的移动流媒体 QoE 优化策略

葛志辉, 张旭锋, 宋玲, 李陶深, 李思越

(广西大学 计算机与电子信息学院, 南宁 530004)

摘要: 为了提升移动流媒体应用用户的体验质量(QoE),提出了基于剩余电量的用户 QoE 模型(PSQM),模型参数包括剩余电量、初始延迟、暂停事件、切换事件. 在 PSQM 基础上,提出了基于移动设备剩余电量和网络环境的码率控制策略(PBCS),避免了客户端不断请求高质量视频片段而不考虑设备剩余电量而影响用户 QoE 的问题. 在移动设备不同电量状态下,PBCS 能够实现视频质量和电量的权衡,提高用户 QoE.

关键词: HTTP 动态自适应流媒体; 体验质量; 移动流媒体; 剩余电量

中图分类号: TN911.22

文献标志码: A

Power-Aware Video QoE Optimization Strategy for Mobile Video Streaming

GE Zhi-hui, ZAHNG Xu-feng, SONG Ling, LI Tao-shen, LI Si-yue

(School of Computer, Electronics Information, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: In order to improve the quality of experience (QoE) of mobile streaming media application users, the power state QoE model (PSQM) based on remained power is proposed. The model parameters include remaining power, initial delay, pause event, and swithing event. Based on PSQM, the Power-aware Bitrate control strategy (PBCS) based on the remained power of the mobile device and the network environment is proposed, which avoids the problem that the client continuously requests high-quality video segments without considering the remained power of the device and affects the user QoE. PBCS can achieve the trade-off between video quality and power, and improve user QoE.

Key words: dynamic adaptive streaming over HTTP; quality of experience; mobile streaming; remained power state

随着无线网络的迅速发展和移动设备的大量增加,移动终端已经成为大部分用户观看在线视频的选择^[1]. 据 Cisco 统计,到 2020 年,全球每月移动视频数据量将超过 20EB^[2]. 流媒体应用无疑已经成为最受欢迎的 web 应用之一. HTTP 动态自适应流媒体(DASH, dynamic adaptive streaming over HTTP)已经成为流媒体国际标准,而用户体验质量(QoE, quality of experience)能够更加直接和准确地反映业

务质量的实际情况^[3]. 因此,移动流媒体应用 QoE 对 DASH 应用的普及推广有着重要的意义.

移动流媒体应用中,电量是移动设备的主要限制因素^[4]. 视频播放过程中,用户会关心移动设备剩余电量,电量不足时,用户会选择降低视频质量甚至停止播放视频. 移动设备电池电量有限,电量的合理使用早已成为用户满意度的关键因素,移动设备剩余电量也成为影响用户 QoE 的重要因素^[5]. 目

收稿日期: 2018-01-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(F020804)

作者简介: 葛志辉(1978—),男,教授,硕士生导师; 宋玲(1967—),女,教授,硕士生导师, E-mail: aling7197_cn@sina.com.

前,考虑移动设备剩余电量 QoE 模型的研究相对较少,如何基于剩余电量权衡用户 QoE 和视频质量已成为移动流媒体领域的研究重点。

1 相关研究

随着移动流媒体应用的蓬勃发展,QoE 模型已经成为众多学者研究的热点话题。Zahran 等^[6]研究了 LTE 基站调度器对 DASH 各方面的性能影响,提出了一种基于平均视频比特率、平均暂停时长和次数、平均切换次数、平均视频切换幅度的 QoE 评估模型,该方案能够提高平均视频质量,提升用户的视觉感观,但当移动设备处于低电量状态时,平均视频质量的提高会加速设备耗电增加。Zhang 和 Jiang^[7]主要关注 DASH 用户 QoE 问题,提出了基于播放连续性、视频片段质量和因码率切换造成用户感知波动的用户 QoE 模型,并提出率适应性算法选择合适请求码率,该策略实现了整体 QoE 与播放连续性之间的权衡,但视频服务过程中,移动设备剩余电量逐渐减少,如果不考虑剩余电量对用户 QoE 的影响,则很难真实地反映用户对流媒体服务的满意度。Yarnagula 等^[8]提出采用初始播放时间、平均视频比特率、码率切换数量、视频中断的时长和数量作为参数,利用 Adobe 开源媒体框架(OSMF, adobe open source media framework)、流畅自适应算法、缓存自适应算法、片段感知算法在移动网络环境下对比 QoE 性能,由于 QoE 度量值之间存在相互依赖性,选择最佳码率不一定会提高用户 QoE。在流媒体会话中,移动设备剩余电量实时地影响着用户 QoE。移动设备的电池电量已经成为影响用户 QoE 的重要因素。而目前考虑剩余电量 QoE 模型的研究相对较少,故关于移动流媒体 QoE 模型考虑移动设备的电池电量因素有着重要的意义。

另一类工作则为基于移动设备剩余电量的相关研究。Zou 等^[9]提出了面向设备能量感知自适应流媒体策略,实现了电量与用户视频质量的权衡,但该策略只是基于移动设备剩余电量计算能耗减少量,而忽略了剩余电量对用户体验的重要影响。Farouk 等^[10]为解决低带宽、低电量、低可用时间对移动流媒体服务的限制,提出了基于内容感知的视频摘要方法,基于视觉关注度模型和快速定向运动强度估计算法获取视频内容摘要。上述方案虽可减少初始延迟、平均抖动率、平均丢包率,但只把电量因素考虑到算法参数中,并未提出基于剩余电量的 QoE 模

型。Zhao 等^[11]结合平均视频率、播放缓存状态以及电量状态提出利用率最大化框架,最小化电量损耗,但未提出相应的 QoE 模型评估利用率最大化框架下的用户体验。

2 基于剩余电量的 QoE 模型

主要研究移动网络环境下设备剩余电量对用户视频感知的影响,提出了基于移动设备当前剩余电量、初始延迟、暂停事件、切换事件的用户 QoE 模型(PSQM, power state QoE model)。

剩余电量、初始缓存、暂停事件、切换事件对用户 QoE 的损伤如式(1)所示:

$$I_{\text{QoE}} = I_{\text{ID}} + \mu I_{\text{P}} + \omega I_{\text{SE}} \quad (1)$$

其中: I_{QoE} 为视频播放过程中初始缓存、暂停事件、切换事件对用户 QoE 的损伤程度, I_{ID} 为初始延迟对用户 QoE 的损伤程度, μ 为视频播放过程中暂停在某一电量状态下对用户 QoE 的损伤权值, I_{P} 为暂停对用户视频体验增加的损伤程度, ω 为视频播放过程中切换事件在某一电量状态下对用户 QoE 的损伤权值, I_{SE} 为切换事件对用户 QoE 的损伤程度。 μ 和 ω 满足条件: $0 \leq \mu \leq 1, 0 \leq \omega \leq 1, \mu + \omega = 1$ 。

2.1 初始延迟

采用平均意见得分(MOS, mean opinion score)测试方法^[12],针对不同时长和初始延迟的视频对用户 QoE 影响做了大量主观测试。视频播放时长和初始延迟与用户 QoE 的关系为

$$I_{\text{ID}} = 5 - S_{\text{B}} \exp(\alpha D_{\text{I}} / V_{\text{total}} - I) \quad (2)$$

其中: S_{B} 为 MOS 规模常量, D_{I} 为初始延迟(单位:s), α 为指数衰减因子, $V_{\text{total}} - I$ 为视频总播放时长(单位:s)。

2.2 暂停

PSQM 模型考虑暂停时长和数量对用户 QoE 的影响。暂停时长和数量与用户 QoE 的关系为

$$I_{\text{P}} = \sum_{i=1}^k g_i + b \quad (3)$$

$$g_i = C \exp \left(\beta \frac{N_i L_i}{T_i} - \lambda \right) \quad (4)$$

其中: i 为当前请求视频片段 ID, g_i 为每一视频片段因暂停而为总视频增加的损伤程度, T_i 为每一视频片段时长(单位:s), N_i 为第*i*个视频片段暂停次数, L_i 为第*i*个视频片段暂停的平均时长, k 为视频片段总数量, b, C, β, λ 为常量。

2.3 切换事件

视频比特率切换幅度以及无线网络波动都会对

用户 QoE 造成影响^[13]. 引入切换频度和幅度^[14]作为评价用户 QoE 的模型参数.

切换事件与用户 QoE 之间的关系为

$$I_{SE} = \sum_{i=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^n p_{ji} R_{ji}}{\sum_{j=1}^n R_{ji}} + \frac{\sum_{l=1}^m q_{li} S_{li}}{\sum_{l=1}^m S_{li}} \right) \quad (5)$$

其中: p_{ji} 为第 i 个视频片段内时间分辨率切换类型 j 对用户 QoE 的损伤权值, R_{ji} 为时间分辨率切换类型在第 i 个视频片段内切换的数量, q_{li} 为第 i 个视频片段内空间分辨率切换类型 j 对用户 QoE 的损伤权值, S_{li} 为空间分辨率切换类型在第 i 个视频片段内切换的数量.

2.4 参数变量

基于移动设备剩余电量的码率自适应算法, 提出了 QoE 评估模型.

$$F(\mu, \omega) = \begin{cases} \langle 0.18, 0.82 \rangle, & P_{\text{charging}} \text{ or } P_{\text{high}} \\ \langle 0.69, 0.31 \rangle, & P_{\text{medium}} \\ \langle 0.85, 0.15 \rangle, & P_{\text{low}} \end{cases} \quad (6)$$

其中: P_{charging} 表示充电状态, P_{high} 表示电池处于非充电下电池剩余 70% ~ 100% 电量, P_{medium} 表示电池处于非充电下电池剩余 30% ~ 70% 电量, P_{low} 表示电池处于非充电下电池剩余 0% ~ 30% 电量.

经过大量测试, 不同电量状态下 μ 和 ω 的值描述如下:

1) 当电池电量充足、带宽不够时, 因用户无需考虑电量问题, 则可放心观看视频, 但可能因带宽不足导致视频播放短暂暂停, 用户很愿意选择暂停几秒来继续观看同一质量的视频. 故该情况下, $\mu = 0.18, \omega = 0.82$.

2) 当剩余电量处于中等状态、带宽不够时, 因用户关心移动设备剩余电量, 且如果不降低视频码率, 则可能造成视频暂停, 而浪费不必要电量, 故播放器需降低视频码率以保障用户 QoE. 该情况下, $\mu = 0.69, \omega = 0.31$.

3) 电池电量过低, 无论带宽是否足够, 此时用户最关心移动设备使用时长问题, 播放器选择请求码率列表中最小码率视频片段. 该情况下, $\mu = 0.85, \omega = 0.15$.

提出了一种基于移动设备剩余电量和网络环境的码率控制策略 (PBCS, power-level bitrate control scheme), 操作步骤如下:

Begin

Step1 设置全局变量标识码率选择是否处于初始阶段以及用户存储请求视频片段下载比特率数组;

Step2 获取当前吞吐量和预测吞吐量;

Step3 获取当前请求码率、预测请求码率以及当前电量状态;

Step4 获取当前电量状态, 如果属于高电量状态或者充电状态, 则执行 Step5; 如果属于电量中等状态, 则执行 Step6; 如果属于低电量状态, 则执行 Step7;

Step5 判断当前是否为码率请求初始阶段, 若是, 则执行 Step5.1, 否则执行 Step5.2;

Step5.1 带宽较好, 执行 Step5.1.1, 否则执行 Step5.1.2;

Step5.1.1 如果预测请求码率大于最大计数码率, 则请求最大计数码率视频片段, 否则请求当前码率;

Step5.1.2 选择请求当前码率, 并将高电量状态下非初始阶段标识置为 true;

Step5.2 选择请求预测码率;

Step6 判断当前是否为码率请求初始阶段, 若是, 则执行 Step6.1; 否则执行 Step5.2;

Step6.1 带宽较好, 执行 Step6.1.1, 否则执行 Step6.1.2;

Step6.1.1 如果预测请求码率大于最大计数码率, 则请求最大计数码率视频片段, 否则请求当前码率;

Step6.1.2 选择请求当前码率, 并将中等电量状态下非初始阶段标识置为 true;

Step6.2 选择请求预测码率;

Step7 选择请求码率列表中最小码率.

End

3 实验结果

提出的 PSQM 模型参数包括剩余电量、初始延迟、暂停事件、切换事件, 故通过 PSQM 模型参数对 MSS (microsoft smooth streaming)、netflix、OSMF、DASH 及 PBCS 适应性算法进行性能参数对比.

从图 1 中看出, MSS 根据网络带宽和 CPU 进行码率预测, 但使用 TCP 吞吐量测量平均值估计可用带宽, 适应性周期较长, 属于保守式码率选择. 而对于 Netflix, 请求码率高于可用带宽, 属于

激进式码率选择. OSMF 客户端经常性请求最高比特率失败,请求码率频繁波动,导致码率频繁切换,造成不稳定性. DASH 的 JS 播放器默认算法根据平均吞吐量估测当前带宽,带宽较好时,性能相对较好,带宽较差时,码率切换频繁. 而笔者提出的 PBCS 算法根据剩余电量和可用带宽进行码率选择,在不确定带宽是否稳定的情况下,不会贸然请求较高码率. 而带宽变差时,码率切换幅度较低,尤其当电量不足时,请求最低码率视频片段,实现电量和视频质量的权衡.

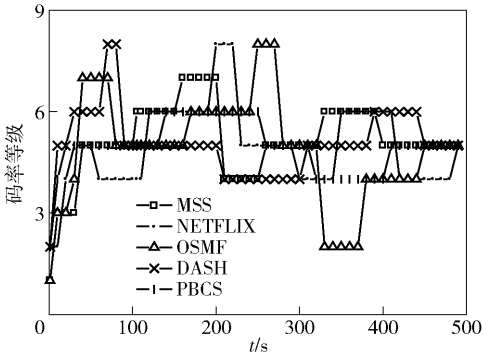


图 1 电量较高状态时算法码率选择

从图 2 中可看出,当电量处于高电量状态或者充电状态时,算法由暂停和初始延迟造成的 QoE 损伤较少,而切换事件造成的 QoE 损伤较大,PBCS 的整体 QoE 损伤最小. 当电量处于中等电量状态时,算法由切换事件和暂停造成的 QoE 损伤较大,而初始延迟造成的 QoE 损伤较少,PBCS 的整体 QoE 损伤最小. 当电量处于低电量状态时,除 PBCS 算法外,其他算法因在低电量状态下仍请求高质量视频而造成较多的质量切换和暂停,给用户 QoE 造成巨大的损伤,同时加速电量耗尽时间,PBCS 算法既满足了用户需求,又尽可能地为用户节省了电量,保证用户一定的 QoE.

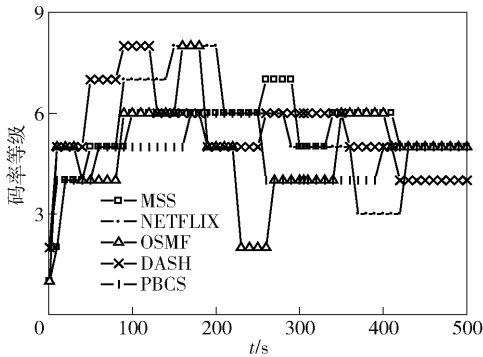


图 2 电量中等状态时的算法码率选择

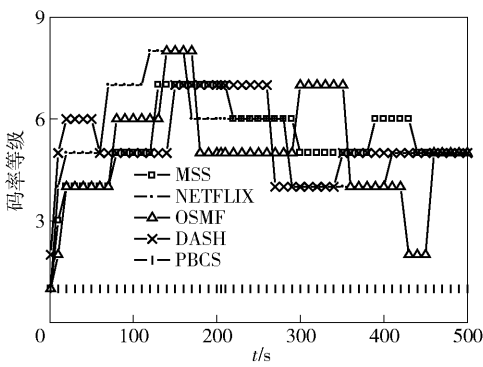


图 3 电量较低时的算法码率选择

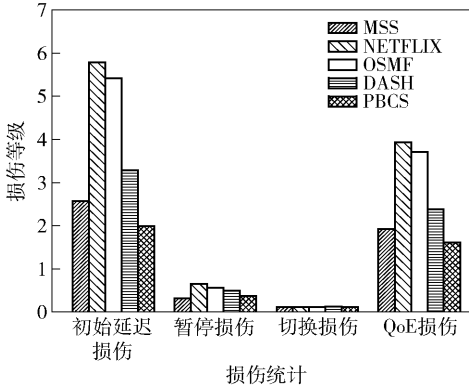


图 4 电量较高时的算法性能及 QoE 损伤

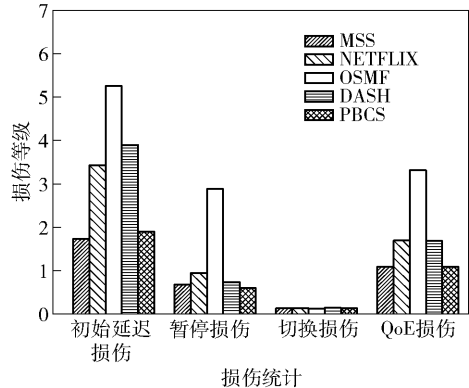


图 5 电量中等时的算法性能及 QoE 损伤

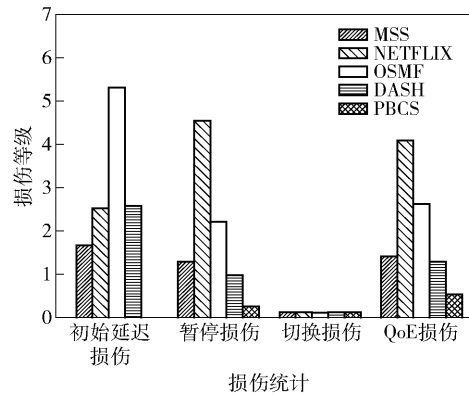


图 6 电量较低时的算法性能及 QoE 损伤

4 结束语

研究了基于当前剩余电量结合网络带宽对用户 QoE 的影响,主要提出一种基于剩余电量、初始延迟、暂停时长和次数、切换事件的用户 QoE 模型. 在保证一定用户 QoE 下提出一种基于移动设备剩余电量和网络环境的码率自适应算法. 实验结果表明,该策略可实现电量与视频质量之间的权衡,提升用户 QoE. 未来的工作将结合切片大小对初始缓存影响,以优化切片大小对用户 QoE 的影响.

参考文献:

- [1] 文艺林,黎文伟. 移动视频业务 QoE 自适应测量工具[J]. 计算机系统应用, 2017, 26(2): 201-206.
Wen Yilin, Li Wenwei. Adaptive measuring tool for mobile video services QoE[J]. Computer Systems and Applications, 2017, 26(2): 201-206.
- [2] Cisco VNI Mobile. Cisco visual networking index: global mobile data traffic forecast update, 2016-2021[EB/OL]. (2017-03-28). http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.html.
- [3] 耿杨,邵苏杰,郭少勇,等. 基于可见损伤持续时间贝叶斯网络的视频 QoE 评估方法[J]. 通信学报, 2017, 38(6): 136-141.
Geng Yang, Shao Sujie, Guo Shaoyong, et al. Bayesian network-based video QoE assessment method using image sustained damage analysis[J]. Journal on Communications, 2017, 38(6): 136-141.
- [4] Raha A, Mitra S, Raghunathan V, et al. VIDalizer: an energy efficient video streamer[C]//IEEE Wireless Communications and Networking Conference. New York: IEEE Press, 2015: 2233-2238.
- [5] Hoque M A, Siekkinen M, Nurminen J K, et al. Dissecting mobile video services: an energy consumption perspective[C]//IEEE 14th International Symposium on "a world of wireless, mobile and multimedia networks". New York: IEEE Press, 2013: 1-11.
- [6] Zahran A H, Quinlan J J, Ramakrishnan K K, et al. Impact of the LTE scheduler on achieving good QoE for DASH video streaming[C]//IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks. New York: IEEE Press, 2016: 1-7.
- [7] Zhang Hui, Jiang Xiuhua. A QOE-driven approach to rate adaptation for dynamic adaptive streaming over http[C]//IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops. New York: IEEE Press, 2016: 1-6.
- [8] Yarnagula H K, Luhadia S, Datta S, et al. Quality of experience assessment of rate adaptation algorithms in DASH: an experimental study[C]//International Conference on Communication Systems and Networks. New York: IEEE Press, 2016: 1-8.
- [9] Zou Longhao, Trestian R, Muntean G M. eDOAS: energy-aware device-oriented adaptive multimedia scheme for Wi-Fi offload[C]//IEEE Wireless Communications and Networking Conference. New York: IEEE Press, 2014: 2916-2921.
- [10] Farouk H, Dahshan K A E, Abozeid A. Context-aware joint video summarization and streaming (CVSS) approach[C]//IEEE International Symposium on Multimedia. New York: IEEE Press, 2016: 597-602.
- [11] Zhao Miao, Jia Bin, Wu Mingquan, et al. Utility-maximization framework for dynamic adaptive streaming over HTTP in multi-user MIMO LTE networks[C]//Eleventh Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking. New York: IEEE Press, 2014: 28-36.
- [12] ITU-T. Methods for subjective determination of transmission quality: ITU-T recommendation P. 800[S]. Geneva: ITU, 1996.
- [13] Kua J, Armitage G, Branch P. A survey of rate adaptation techniques for dynamic adaptive streaming over HTTP[J]. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2017, 19(3): 1842-1866.
- [14] Hu Shenghong, Sun Lingfen, Xiao Chunxia, et al. Semantic-aware adaptation scheme for soccer video over MPEG-DASH[C]//IEEE International Conference on Multimedia and Expo. New York: IEEE Press, 2017: 493-498.