

LTE网络视频播放业务优化实践

谷红勋, 刘亚

(中国电信股份有限公司河南分公司, 河南 郑州 450000)

【摘 要】 为提升LTE网络中移动视频的用户体验, 首先从分析移动视频的播放过程入手, 包括用户操作过程和协议栈信令过程, 提出初始播放时延的评价方法, 并确定移动网络的初始播放时延优化目标。然后根据TCP/IP协议栈信令流程, 给出时延和吞吐率的关系公式, 提出在eRAN侧引入W-TCP代理的优化方法, 最后给出该优化方法在河南电信LTE网络中的实际应用效果, 证明该方法在提升视频初始接入时延的有效性。

【关键词】 LTE vMOS 时延 视频体验优化 吞吐率 W-TCP

doi:10.3969/j.issn.1006-1010.2016.15.014 中图分类号: TN929.53 文献标志码: A 文章编号: 1006-1010(2016)15-0072-05
引用格式: 谷红勋, 刘亚. LTE网络视频播放业务优化实践[J]. 移动通信, 2016, 40(15): 72-76.

Mobile Video Optimization Practice in LTE Network

GU Hong-xun, LIU Ya

(China Telecom Co., Ltd., Henan Branch, Zhengzhou 450000, China)

[Abstract] To improve the mobile video user experience in LTE network, the paper started with analyzing play process of mobile video, including user operation procedure and protocol stack signaling procedure, and then proposed an evaluation method of video startup delay, determined the initial play latency optimization goal for mobile network. According to TCP/IP protocol stack signaling process, the relationship between latency and throughput formula was deduced. A W-TCP proxy methods deployed in eRAN equipment was proposed. Finally, this proposal was applied in live LTE network of Henan Telecom, and the results showed its effectiveness in cutting the initial play delay of the mobile video.

[Key words] LTE vMOS delay video experience optimization throughput W-TCP

1 引言

当今世界, 信息的移动性越来越强, 人们日益需要能随时随地、通过任何终端便捷地获取所需内容的服务。图形化的信息交流一直是信息传递最生动直接的方式, 形式从岩洞画、埃及壁画发展到了现在的视频。移动宽带技术让视频的无处不在成为可能, 视频业务已经逐渐成为继语音业务之后的重要的移动网

络基础业务。第四代无线通信技术LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 能以更低的每比特成本和时延, 显著提高视频业务的商用可行性, 使其成为区别于2G/3G网络的杀手级应用。

本文从视频业务体验的影响因素、TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol, 传输控制协议/互联网协议) 的基本原理入手, 探索在LTE网络上优化视频体验的方法, 力求使LTE网络的新技术能大力支持视频业务体验的持续改进, 以适应消费趋势, 满足用户需求。

收稿日期: 2016-07-25

责任编辑: 文竹 liuwenzhu@mbcom.cn

2 视频业务体验优化实践

视频业务的体验主要受限于3个因素：视频分辨率（含视频源和播放设备的分辨率）、初始缓冲时间、卡顿，当前业界正在探讨使用这3个因素综合计算出类似语音MOS（Mean Opinion Score，平均意见分）的视频评判机制——vMOS（video Mean Opinion Score，视频质量度量），作为视频播放质量的客观评测。其中视频分辨率主要受限于内容提供商的视频数据源分辨率和终端用户设备分辨率，运营商网络层面影响有限。卡顿的原因通常受网络覆盖/负载导致的带宽、传输丢包和服务端处理能力影响，这是传统网络规划和优化中的经典问题，不赘述。本文的研究聚焦于在初始缓冲时间提升视频播放的用户体验。

2.1 运营商视角的目标设定

当前网络中，无论是移动互联网还是固定宽带互联网，提供视频业务的重要源头之一是OTT。OTT视频通常是基于TCP/IP协议并依附于HTTP（Hypertext Transfer Protocol，超文本传输协议）作为入口。人们在互联网点播视频时，或多或少会遇到因点播时延较大而放弃视频观看的经历。事实上在文献[2]中也提到，初始视频点播的时延与用户放弃视频观看存在着非常强的相关性，如图1黑线（短视频）所示，当时延在5~10 s时，放弃视频观看的比例高达20%~50%。保持用户对视频点播的兴趣是促进用户使用视频、提高对运营商的网络满意率的重要途径。

移动互联网的视频业务相比固定网络中的视频业务有其自身的特点。首先，移动视频业务以满足碎片时间的娱乐和信息获取为主要目的，因此以短视频为主。根据相关资料的不完全统计，移动网络视频通常小于5分钟；其次由于视频本身时间较短，对视频初始播放的时间更加敏感，图1中的长、短视频放弃率的不同曲线也印证了上述观点。这就决定了在以短视频为主要应用的无线网络中，初始播放时延具有更高的权重。

基于网页的OTT视频业务的机制和流程，如图2所示，首先终端用户通过网页获取视频的相关信息，包括广告、视频文件真实URL（Uniform Resource Locator，统一资源

定位符）、视频分片下载地址等，然后进入初始缓冲下载阶段，目前大多数OTT的视频播放器在启动视频播放前需要缓存2~10 s的数据，这也是影响点播时延的关键因素之一。视频开始播放后将进入稳定播放阶段，则受空口带宽、传输网络带宽、环回时延、终端接收窗口、服务器端拥塞窗口、视频服务器流量管理策略等约束，最终基于TCP/IP协议的数据进入收敛状态。

进一步细分网页交互过程和视频播放过程（如图3所示），初始缓冲准备阶段的时延取决于业务吞吐率，而业务吞吐率取决于TCP并发连接数以及单TCP的吞吐率，网页浏览业务单个主机默认情况下可以并发建立10个TCP（单页面可能存在多个主机），而视频业务当前多数OTT每个分片建立一个TCP，分片串行下载。

从用户放弃视频与初始播放时延的关系，以及典型的视频播放过程可以看出，移动网络中的初始播放时延包括初始缓冲准备阶段时延和初始下载时延，终极优化目标为随时随地时延小于1 s，用户放弃的比例在5%以内。而决定初始播放时延的关键都在于提高TCP/IP协议的初始传输速率。

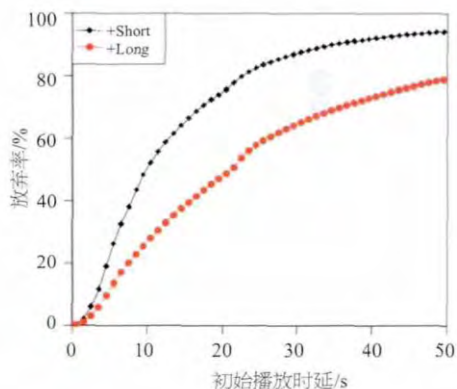


图1 初始播放时延与放弃率的关系

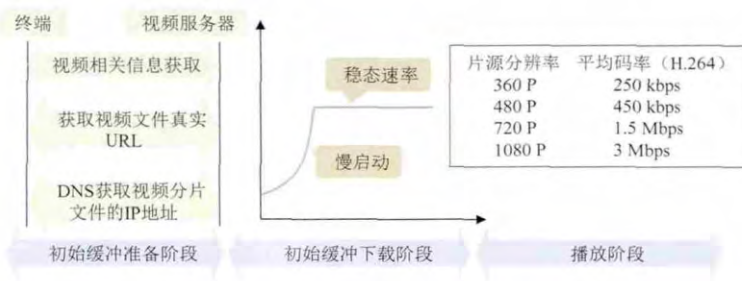


图2 典型的基于网页的视频点播过程

2.2 提升TCP吞吐率的方法

TCP协议中定义CWND为拥塞窗口长度，决定发送端的窗口大小；ssthresh为慢启动门限，决定TCP由慢启动状态进入拥塞避免阶段。MSS为最大分段长度，代表1个包的字节数，RTT (Round Trip Time，环回时延) 为应用层间的环回时延。

TCP通过三次握手建立连接后才开始数据的依序传输。在数据传输过程中，TCP协议本身依据底层传输的环境自动调整发送速率。发送端一旦监测到数据包丢失（包括收到重复的TCP ACK (ACKnowledgement，应答消息) 包或是重传计时器超时），就会通过变更拥塞窗口的长度来调整发送速率。TCP Reno版本是目前应用最广泛的TCP协议版本，包括慢启动、拥塞避免、快速恢复和快速重传4个阶段。上述4个阶段如图4和图5所示（假设ssthresh为64 kB）。

在刚开始的TCP慢启动阶段，拥塞窗口CWND被初始化为1个MSS长度，慢启动门限ssthresh通常为64 kB，发送端每收到1个ACK包，拥塞窗口就增加1倍MSS长度，单位为Byte，当拥塞窗口大于或等于ssthresh，则进入拥塞避免阶段。在拥塞避免阶段，每收到1个ACK包，CWND窗口按“1”递增，即发送端拥塞窗口的增长速度变为线性增长，避免触发网络拥塞。

根据上述TCP慢启动的机制，很容易得出慢启动阶段N时刻的TCP吞吐率：

慢启动阶段第N个RTT时刻的TCP平均吞吐率（不考虑丢包）：

$$\text{TCP吞吐率} = 2^{N-1} \times \text{MSS} / \text{RTT} \quad (1)$$

慢启动阶段前N个RTT内的

TCP平均吞吐率（不考虑丢包）：

$$\text{TCP平均吞吐率} = (2^N - 1) \times \text{MSS} / ((N + 1.5) \times \text{RTT}) \quad (2)$$

在不考虑丢包的情况，TCP吞吐率主要取决于TCP发送窗口和E2E RTT。在慢启动阶段RTT越小TCP发送窗口增长越快；而在拥塞控制阶段TCP发送窗口主要取决于端到端链路带宽，链路带宽越大TCP发送窗口也会越大。单用户所访问业务的所有TCP吞吐量之和最终会达到或接近端到端链路中的瓶颈速率。

在空口速率不受限时（LTE网络中TCP的慢启动阶段符合该特征），业务TCP总吞吐率主要与TCP发送窗口、RTT以及TCP并发数相关，降低业务端到端RTT是促进TCP慢启动阶段速率提升的关键措施。

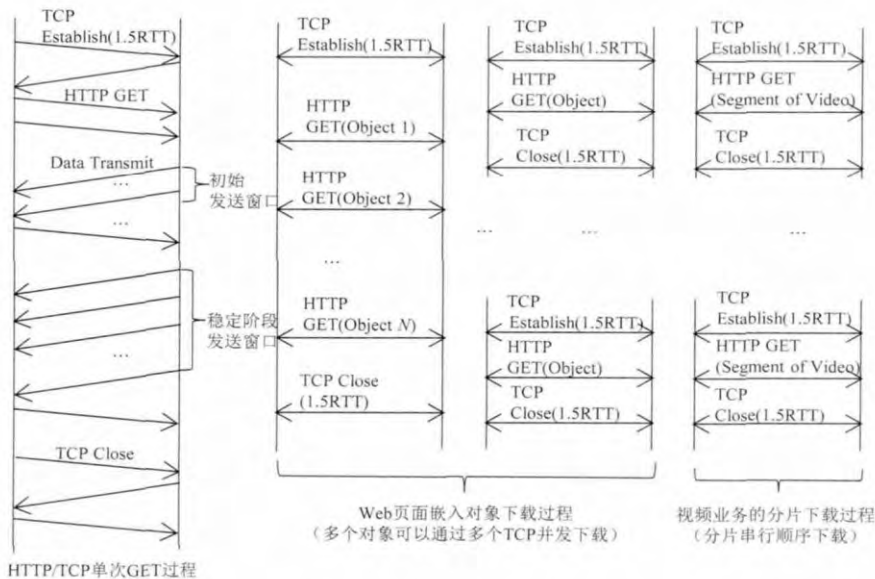


图3 主流OTT业务传输机制

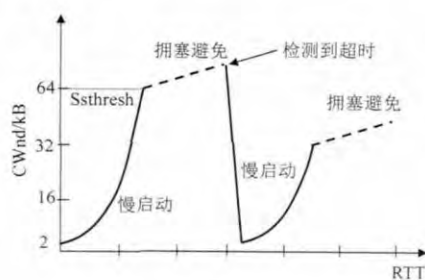


图4 慢启动和拥塞避免的流程

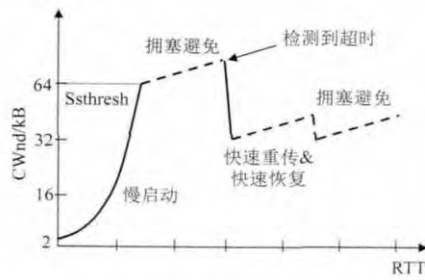


图5 快速重传和快速恢复的流程

2.3 改善移动互联网上视频业务的方法探索

上述视频点播过程和TCP传输过程如果能对TCP流初始阶段加速,则能够加快HTTP入口的交互速度,减少视频启动播放之前的缓冲时间,达到快速启动视频播放的效果。LTE的空口带宽速率通常较高,在初始阶段不会是瓶颈,因此提高TCP流初始阶段加速效果的方法的核心是缩短发送端TCP层感受到的端到端RTT。

从应用层视角,结合无线网络的架构,TCP的端到端RTT业务时延(如图6所示)可以分解为无线接入网侧环回时延(eRAN(Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network,演进的统一陆地接入网络)RTT)和有线侧的时延(包括S1 RTT、PS-CORE(Packet Switched Core,分组交换核心网)RTT、Gi RTT和Internet RTT、CDN(Content Delivery Network,内容分发网络)RTT)。对于国内业务点播,大多主流门户网站和主流视频源会在骨干网靠近移动核心网侧部署CDN。无线网络的核心网侧,采用电信级专网建设,时延较短,减少接入网侧的RTT时延具有重要意义。

河南电信的LTE现网设备具备W-TCP(Wireless Transmission Control Protocol,无线传输控制协议)代理功能,该功能是基于TCP协议栈在eNodeB上对指定的TCP流建立TCP实体,如图7所示。引入W-TCP代理后,UE(User Equipment,用户设备)端到服务器端的TCP连接会分割成如下两段,通过这两段TCP连接的独立并行工作,可减少应用层TCP RTT时延:

UE到W-TCP代理;

W-TCP代理到服务器。

引入W-TCP功能,对应用服务器屏蔽无线接入



图7 W-TCP协议栈部署位置示意图

网侧的空口传输时延,减小了应用服务器TCP看到的RTT时延,避免了无线环境和负载状况变化对接入网侧RTT时延的影响,使应用服务器的TCP连接在慢启动阶段迅速扩大拥塞窗口,提高慢启动阶段的吞吐率。对UE,通过W-TCP的优化机制,充分利用LTE大带宽的空口优势,避免了和服务端在慢启动阶段逐步加大CWND过程中可能导致的空口资源浪费并减少了数传时延。

2.4 河南现网的部署效果

在河南电信网络中,利用SpeedVideo工具实地测试了爱奇艺、优酷视频网站的播放效果,该测试工具可以方便地观测视频播放的初始时延、vMOS评分、到视频服务器的RTT时延等用户体验和过程的关键指标。

在河南的测试结果表明,基于eRAN接入网侧的视频加速,平均可获得9%~24%的初始缓冲时延增益,vMOS改善了0.05分左右。视频播放初始缓冲时延现网对比图、vMOS现网对比图如图8、图9所示。

在现网测试过程中,由于视频服务器的动态选择、视频码率设定和空口质量的波动,很难获得完全

一致的测试条件,只能保持波动范围在一定范围内以确保近似一致的测试条件:终端到服务器的平均RTT在55~75 ms间,基本保持稳定,空口环境尽量保持一致,LTE RSRP(Reference Signal Received Power,参考信号接收功率)均值差异在3 dB以内。相比于定点测试,路测更贴

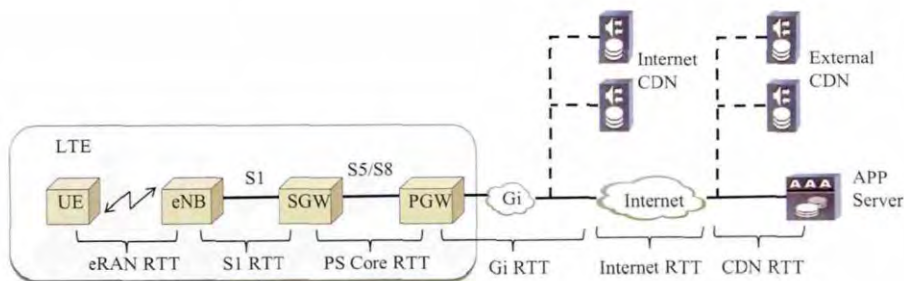


图6 通用网络结构示意图

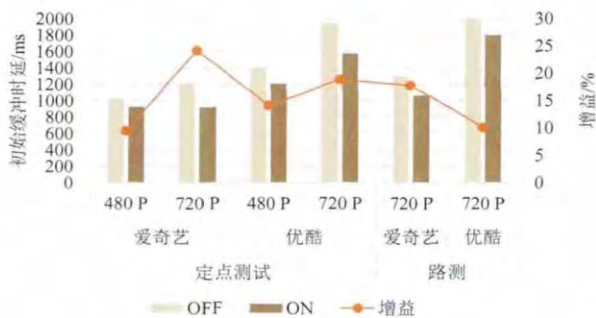


图8 视频播放初始缓冲时延现网对比图

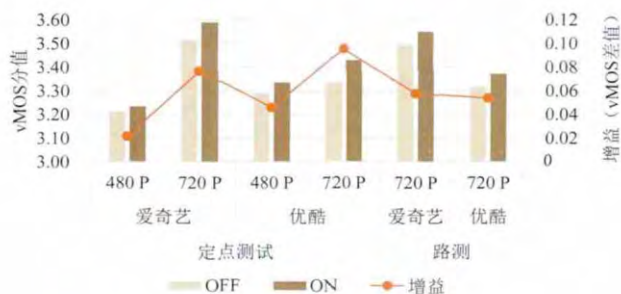


图9 vMOS现网对比图

近于实际用户使用情况，但路测过程空口信号的波动增加了RTT的波动。最终各种场景的测试结果表明，不同码率、不同无线环境，W-TCP均能呈现比较稳定的收益。

3 结束语

本次在河南电信的LTE网络中，通过试点在eRAN侧引入TCP代理功能，在现网第一次实践了无线和有线紧密结合的视频优化，显著改善了移动互联网的视频点播体验。随着LTE覆盖的不断完善、用户渗透率的不断提升和视频业务在移动互联网越来越普及的应用，预计未来在此方向上将会出现更多有益的创新。

参考文献：

- [1] 华为技术有限公司. 视频作为LTE基础业务之：Mobile vMOS定义网络需求[EB/OL]. (2015-07-27). <http://www.huawei.com>.
- [2] S Shunmuga Krishnan, Ramesh K Sitaraman. Video Stream Quality Impacts Viewer Behavior: Inferring

Causality Using Quasi-Experimental Designs[EB/OL]. (2013-09-23). <http://ieeexplore.ieee.org/>.

- [3] 华为技术有限公司. 视频体验优化特性参数描述[EB/OL]. (2016-06-30). <http://support.huawei.com>.
- [4] 华为技术有限公司. eRAN TPE特性参数描述[EB/OL]. (2016-03-07). <http://support.huawei.com>.
- [5] Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker. LTE/LTE-Advanced——UMTS长期演进理论理论与实践[M]. 马霓, 夏斌, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2012.
- [6] 3GPP Technical Specification 23.401. Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN) access[S]. 2014.
- [7] IETF RFC 2581. TCP Congestion Control[S]. 1999.
- [8] 3GPP Technical Specification 36.323. Packet Data Convergence Protocol (PDCP) specification[S]. 2011.
- [9] Raj Kumar Rajendran, D Rubenstein. Optimizing the quality of scalable video streams on P2P networks[EB/OL]. [2016-07-20]. <http://ieeexplore.ieee.org/>.
- [10] Amir Hossein Mandegar, Behzad Akbari. A video streaming quality assessment scheme based on packet level measurement[EB/OL]. [2016-07-21]. <http://ieeexplore.ieee.org/>.

作者简介



谷红勋：高级工程师，硕士毕业于华中理工大学图像识别研究所智能控制专业，现任中国电信股份有限公司河南分公司副总经理，主要从事市场营销、企业信息化、互联网增值等工作。



刘亚：高级工程师，学士毕业于西安交通大学电信工程学院自动控制专业，现任中国电信股份有限公司河南分公司网络发展部副主任，主要从事移动网、接入网的网络建设管理工作。