



基于移动视频的移动承载网络要求白皮书

华为 mLAB • iLab 联合发布





文档简介

本篇白皮书阐述了移动视频业务体验评估指标 Mobile U-vMOS 定义，并论述了各个业务体验指标与带宽、往返时延(RTT, Round Trip Time)、丢包率等网络指标之间的关系，给出了满足典型 Mobile U-vMOS 指标的移动网络端到端 (E2E) 带宽、时延、丢包率基线要求，并进一步给出了移动承载网的带宽、时延、丢包率基线建议。

1 移动视频场景华为 Mobile U-vMOS 视频体验评价标准简介

U-vMOS(User, Unified, Ubiquitous-Mean Opinion Score for Video)是华为公司针对大视频用户体验衡量的统一框架，覆盖场景从传统娱乐类视频业务（点播和直播），到视频监控和视频通话等业务，从移动终端，到 PC 和 TV。

华为根据人因工程学实验和用户调研，统计得到影响视频体验的三大关键因素，分别是视频源质量（sQuality），播放启动时的操作体验（sInteraction）和播放过程中视频是否有损伤（sView）。

针对使用小屏幕观看视频点播的业务场景，mLAB 通过与牛津大学和北京大学联合对消费者进行定性研究，发现视频内容清晰度、初始缓冲时延和卡顿时长是影响移动视频 MOS 最重要的三个网络相关因素，并提出了 Mobile U-vMOS 标准。该标准指出，播放启动时的操作体验取决于初始缓冲时延（sLoading），播放过程中的体验取决于卡顿（sStalling）。因此，Mobile U-vMOS 是 U-vMOS 在移动小屏场景下的子集。

$$Mobile\ U-vMOS = f(sQuality, sLoading, sStalling)$$

2 从 Mobile U-vMOS 到网络规划要求的方法论

鉴于当前移动视频的主流应用场景仍为 OTT 点播，本白皮书聚焦于 OTT 点播场景进行讨论。在如何基于 Mobile U-vMOS 进行网络规划这个问题上，华为 iLab 以及 mLAB 做了大量研究。

在 OTT 点播业务的 Mobile U-vMOS 三大要素中，通常可以将 sQuality 的典型值（包括分辨率，码率等因子，如 1080P，3M 码率）、sStalling=5 分（播放过程 0 卡顿）作为保障视频体验的目标。通过现网评估、调研后明确要达到的 Mobile U-vMOS 目标得分后，初始缓冲(sLoading)因子得分便确定下来，从而确定了现网视频的初始缓冲时延，并将其作为计算网络关键性能指标（KPI）的输入参数之一。

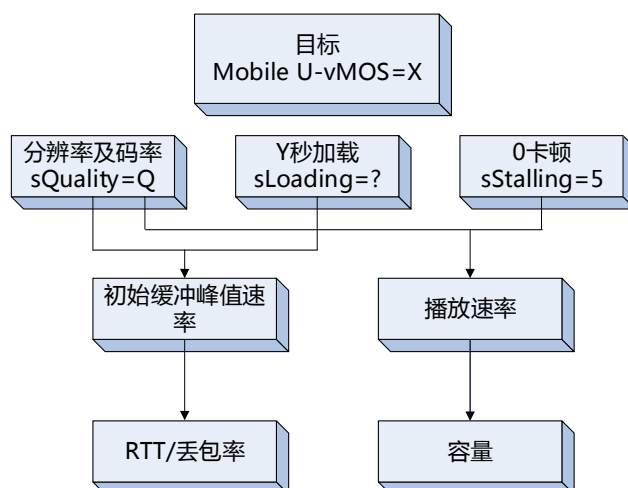


图 1 基于 Mobile U-vMOS 进行网络规划的基本流程

OTT 视频的初始缓冲是一个突发过程，要在指定的时间内完成与平均码率成正比的数据量的下载，sLoading 所对应的初始缓冲时延，确定了点播动作发起时所需的初始缓冲峰值速率（也即初始缓冲阶段 TCP 峰值通量），进而可以为网络 KPI 需求（带宽、时延、丢包）提供输入，指导基于 Mobile U-vMOS 的 MBB 承载网架构规划。

按此方法规划的 MBB 网络 KPI，能够满足初始缓冲峰值速率的要求。

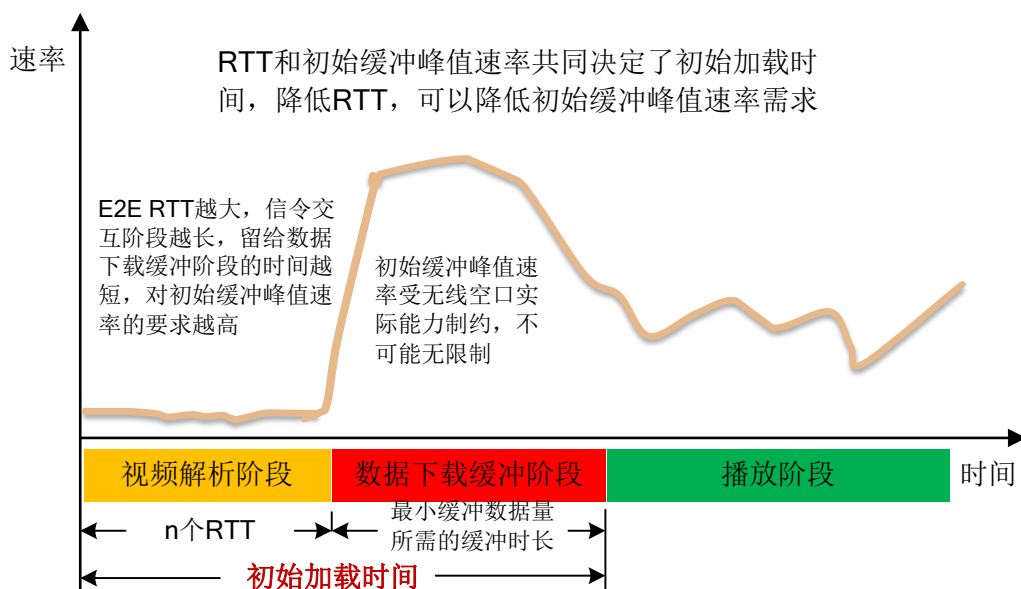


图 2 典型 OTT 视频初始加载过程

缓冲阶段完成后，进入播放阶段。在此阶段，要求每时每刻的下载速率（通量）不能低于平均码率的某个倍数，才能保证播放全过程不会出现卡顿，这个最低倍数即播放速率要求（持续保证通量）。MBB 网络必须保证忙时每个视频并发用户都达到该播放速率要求。通过播放速率要求，可以和其他业务参数加权计算出每用户目标速率，指导保障视频体验的 MBB 网络容量规划。

播放速率要求同样也需映射到网络 KPI 需求，由于初始缓冲峰值速率要求不低于播放速率要求，故按初始缓冲峰值速率规划的 MBB 网络 KPI，同时也会满足播放速率的要求。

3 保障 Mobile U-vMOS 的 MBB 网络 E2E KPI

本章阐述如何从目标 Mobile U-vMOS 映射到 MBB 网络 E2E KPI（带宽、时延、丢包）。

从图 2 的过程分解可以看出，初始加载阶段分为视频解析和数据下载缓冲两个子阶段。视频解析阶段的持续时长和 OTT 平台、终端的设计原理有关，通常为 RTT 的某个倍数。数据下载缓冲阶段的持续时长与所需最小初始缓冲数据量以及初始缓冲峰值速率有关。

在目标初始加载时间已经确定（如 1 秒）的前提下，E2E RTT 越大，则视频解析阶段越长，留给数据下载缓冲阶段的时间就越短，对初始缓冲峰值速率的要求也就越高。然而，初始缓冲峰值速率受到无线空口实际能力制约，不可能无限制增加。由此可见，E2E RTT 规划与无线空口能力强相关，降低 E2E RTT，可以降低无线空口带宽需求，反之，较大的 E2E RTT，则对无线空口带宽提出挑战。

E2E RTT 和初始缓冲峰值速率共同决定了初始加载时间。

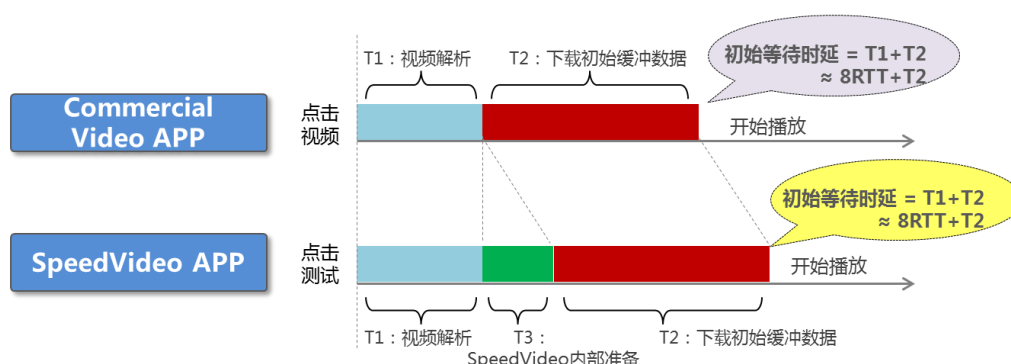


图 3 SpeedVideo 初始缓冲阶段流程示意图

通过上面的分析可知，无线空口可达速率越高，则对 E2E 时延上限要求越宽松，当空口能力不足时，就需要通过网络规划/优化来降低 E2E 时延，以降低对初始缓冲峰值速率的要求。假设目标初始缓冲时延为 t ，视频最小缓冲数据量为 $Data$ ，无线空口制约的初始缓冲峰值速率理论最大值为 P ，由片源码率决定的播放速率要求为 H ，视频解析阶段持续时长为 x 个 RTT(如图 3 视频解析时间 $T1$)，TCP 慢启动的过程需要 s 个 RTT，TCP 慢启动过程下载的数据量为 Ds ，那么，留给数据下载缓冲阶段的时间是 $t-x*RTT$ 。TCP 到达稳态阶段的峰值吞吐量(初始缓冲峰值速率) $Thrp$ 需要满足以下关系：

$$Thrp = \frac{Data - Ds}{t - (x + s) * RTT}$$

$$\text{且, } Thrp \leq P$$

同时，初始缓冲峰值速率不得低于播放速率要求：

$$Thrp \geq H$$

下表以 Mobile U-vMOS 4 分，1080P 视频，3M 码率，对应 1s 初始缓冲时延为例，mLAB 与 iLab 基于 youtube、优酷等最新移动视频商用客户端的分析，初始缓冲数据量按照 4s，视频播放采用 HAS (HTTP Adaptive Streaming) 协议，分析了不同移动网络 E2E RTT 情况下对初始缓冲峰值速率的要求。

表 1 不同 E2E RTT 所对应的初始缓冲峰值速率

E2E RTT	初始缓冲峰值速率
10ms	15Mbps
20ms	20Mbps
30ms	30Mbps
40ms	85Mbps
50ms	>150Mbps

考虑到当前移动业务低于 20ms 的 E2E 时延过于严格,而播放 3M 码率视频要求每个移动用户 85M 以上的峰值速率(单 TCP 通量)同样过于严格,我们选取 RTT=30ms,每移动用户初始缓冲峰值速率 30M 作为 Mobile U-vMOS 4 分的基线要求。

在得到 E2E RTT 和初始缓冲峰值速率的基线要求后,可通过 TCP 吞吐量公式,计算出对应丢包率容忍门限:

$$T \leq \frac{MSS}{RTT * \sqrt{\rho}} \Rightarrow \rho \leq \left(\frac{MSS}{RTT * T} \right)^2$$

其中 ρ 为丢包率(PLR, Packet Loss Rate),MSS 为最小传输单元,T 为单用户 TCP 吞吐量。

在 30Mbps 峰值速率,30ms RTT 的要求下,可得到网络 E2E 丢包率要求为: $PLR \leq 1.7 * 10^{-4}$ 。

同理,基于不同分辨率的典型视频码率和初始加载时间,按照 4s 缓冲数据量,HAS 视频播放协议,计算出移动网络 E2E KPI 基线如下表:

表 2 典型 Mobile U-vMOS 值所对应的网络 E2E KPI 需求

vMOS 典型值	初始缓冲 时延(s)	对应片源		网络E2E KPI要求			
		分辨率	典型码率 (Mbps)	播放阶段速率 (Mbps)	初始缓冲峰值 速率(Mbps)	RTT要求 (ms)	丢包率容限
3	2	480P	0.7	0.9	4.6	80	1.0E-03
3.3	2	720P	1.5	2.0	8.8	70	3.6E-04
3.5	1.5	720P	1.5	2.0	18.9	60	1.1E-04
3.8	1.5	1080P	3	3.9	19.7	45	1.7E-04
4	1	1080P	3	3.9	29.7	30	1.7E-04
4.2	1	2K	6	7.8	65.3	30	3.6E-05
4.5	1	4K	13.5	17.6	96.7	20	3.6E-05

具体 Mobile U-vMOS 和网络 KPI 需求计算可参考网站计算工具: <http://mlab.huawei.com> 或 <http://speedvideo.huawei.com>

4 保障 Mobile U-vMOS 的移动承载网 KPI

移动视频业务的 E2E 组网如下图所示,主要包括无线、移动承载网、EPC、以及 Gi 口至服务器段。在得到了移动网络 E2E KPI 要求后,可采用分段分解法分析移动承载网的 KPI 目标建议值:基于实验室测试和现网经验数据,得到无线空口和 EPC 到

内容源的网络 KPI 变化范围和建议经验值，进一步给出移动承载网的 KPI 目标建议值。

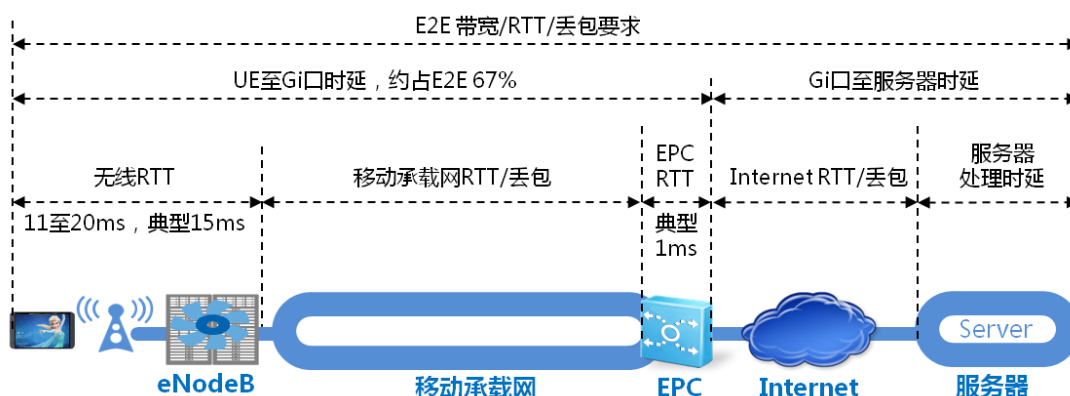


图 4 移动视频业务 E2E 组网示意图

基于 mLAB 2015 年 H1 全球 RTT 数据分析，4G 网络从终端到 Gi 口的 RTT（以下统称为 Gi 口以下 RTT）平均占 E2E RTT 67%以上，虽 4G Gi 口以下 RTT 占比较 3G 有所下降，但 Gi 口以下 RTT 仍然是 E2E RTT 的主要组成部分，下面以 Gi 口以下 RTT 占 E2E RTT 67%的典型值进行分析。

$$RTT_{Gi\text{口以下}} \approx 0.67 * RTT_{E2E}$$

Gi 口以下 RTT 主要包括无线空口时延、移动承载网时延、EPC 处理时延。

$$RTT_{Gi\text{口以下}} = RTT_{\text{无线}} + RTT_{\text{移动承载网}} + RTT_{EPC}$$

无线空口时延：在无线信号良好，网络轻载情况下，经过 mLAB 以及 iLab 实验室测试以及现网测量，空口时延分布在 11~20ms，平均值约 15ms，此处按照 15ms 典型值进行分析。

EPC 处理时延：根据普通报文转发处理单向平均时延 0.5ms，RTT 1ms 进行分析。

通过典型 Gi 口以下时延减去无线空口时延和 EPC 处理时延，可得到移动承载网典型时延建议。

分析典型 Mobile U-vMOS 值的 E2E KPI 要求，目标 vMOS 分数越高，对丢包率的容忍度越低，在 vMOS 分数达到 4.2 分以上时，E2E 丢包率容忍度达到 10^{-5} 数量级，E2E 的丢包可能包括 Gi 口至服务器段丢包，无线接入段丢包，移动承载网丢包等，为了保障良好视频体验，华为根据现网经验数据以及实验室测试数据，建议移动承载网丢包率控制在 $1.0E-5$ 以下。

基于不同分辨率典型视频码率和初始加载时间，按照 4s 缓冲数据量，HAS 视频播放协议，保障 Mobile U-vMOS 的典型移动承载网 KPI 目标建议值如下表：

表 3 典型 Mobile U-vMOS 值所对应的移动承载网 KPI 建议值

vMOS 典型值	初始缓冲 时延(s)	对应片源		网络E2E KPI要求				移动承载网KPI建议	
		分辨率	典型码率 (Mbps)	播放阶段速率 (Mbps)	初始缓冲峰值 速率(Mbps)	RTT要求 (ms)	丢包率容限	RTT建议 (ms)	丢包率建议
3	2	480P	0.7	0.9	4.6	80	1.0E-03	38	1.0E-05
3.3	2	720P	1.5	2.0	8.8	70	3.6E-04	31	1.0E-05
3.5	1.5	720P	1.5	2.0	18.9	60	1.1E-04	24	1.0E-05
3.8	1.5	1080P	3	3.9	19.7	45	1.7E-04	14	1.0E-05
4	1	1080P	3	3.9	29.7	30	1.7E-04	4	1.0E-05
4.2	1	2K	6	7.8	65.3	30	3.6E-05	4	1.0E-05
4.5	1	4K	13.5	17.6	96.7	20	3.6E-05	2	1.0E-05



注意

移动视频业务体验由终端至无线、移动承载网、核心网至服务器端的网络性能共同保障，上表的数据是基于实验室实测结果和现网典型经验值分析得出的，是对于移动承载网 KPI 的目标建议值。现网的移动视频体验评估需要结合当地视频实际播放机制、E2E 网络状况等具体情况进行分析。

附录 A：参考文档

1. 《华为 U-VMOS 视频体验标准白皮书 V1.0》
2. mLAB 《E2E_RTT 洞察报告 2015H1》
3. iLab 《OTT 视频初始加载技术白皮书》