

面向智能终端的数据业务 QoE 测量体系^①

陈 邓, 胡春静, 孙 卓

(北京邮电大学 泛网无线通信教育部重点实验室, 北京 100876)

摘 要: 为了探究面向智能终端的数据业务 QoE 测量方法, 通过分析 QoE 研究现状和数据业务用户体验特性, 以时延、抖动、信息丢失为依据, 建立了针对现有数据业务 QoE 的立体分类模型。在分析终端对 QoE 影响的基础上, 综合网络、业务、终端三方面影响因素, 创新性地提取 QoE 终端参数影响因子, 结合面向业务的网络影响因子提取方法, 建立了数据业务的 QoE 测量体系模型。

关键词: 用户体验质量; 数据业务; 终端; 业务分类

QoE Measurement System for Data Services on Intelligent Terminals

CHEN Deng, HU Chun-Jing, SUN Zhuo

(Key Laboratory of Universal Wireless Communication of Ministry of Education, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: In order to explore the QoE measurements of data services for intelligent terminals, we analyzed QoE research frontiers of data services, which features to delay, jitter and information loss. Then we established a three-dimensional QoE classification model for data business. By analyzing the impact of terminal performance on QoE, we innovatively integrated terminal parameters with network and services factors to present a new QoE measurement model for data services.

Key words: QoE; data service; terminal factor; service classification

移动终端业务能力测试是保证网络服务与用户体验的重要方式。伴随着网络宽带化呈现快速增长, 数据业务已趋向多媒体综合化发展, 移动终端作为数据业务载体, 也从传统的通话短信工具发展成为涵盖音视频、信息交互、导航等功能的综合处理平台, 其业务处理能力与终端软硬件配置密切相关。因此, 在网络、业务、终端多样化的发展背景下, 需要一种面向智能终端的数据业务 QoE 测量体系来保证用户体验的可靠性和一致性, 为电信运营商、设备制造商、手机厂家和应用开发商提供技术支持。

本文针对上述问题, 通过分析 QoE 组成元素, 提取出测量数据业务 QoE 时需考虑的各方面指标, 并给出了一种基于 QoE 架构的数据业务分类方法。在结合终端业务能力因素的基础上, 本文综合考虑网络、业务、终端对 QoE 的影响情况, 提出了一种面向智能终

端的数据业务 QoE 测量体系模型。

1 QoE组成元素

作为终端用户对所使用业务的总体主观可接受程度, QoE 由 QoS 因素和人为因素两部分内容组成, 图 1 从终端对用户体验质量的影响层面出发, 细化分析了 QoE 的组成元素。

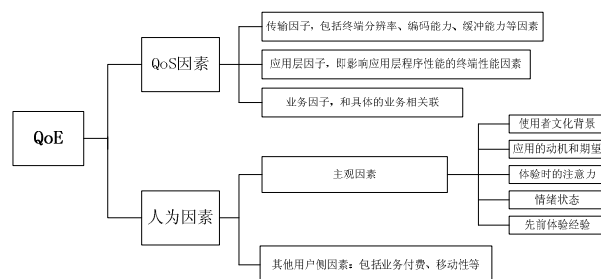


图 1 用户体验质量组成元素分析

^① 收稿时间:2011-10-30;收到修改稿时间:2011-12-09

(1) QoS 相关因素, 包括业务、传输、应用层影响因子。其中业务因子指代被测业务性质, 应用层因子与终端软硬件紧密相关, 而传输因子由网络侧和终端侧传输因子两部分组成。网络侧传输因子包括网络编解码比特率、网络拥塞程度、传输信息比特/分组丢失, 终端侧传输因子包含终端编解码能力、信源和信宿的媒体分辨率、网络连接成功率等。

(2) 个人因素, 包括影响用户主观感受的各项因子, 譬如业务体验者文化背景、个人体验期望、情绪状态等, 也包括业务付费等用户相关因素。

2 针对QoE测量的数据业务分类方法

各大标准化组织正在致力于数据业务体验质量的规范工作, 3GPP 在 TS 26346^[1]和 TS 26234^[2]规范中给出了 PSS 业务的 QoE 评测模型。ITU-T 的 G.1030^[3]标准规范了端到端性能的评价方法, 并在附件 A 中提出 Web 浏览应用的评价模型, 将 HTTP 事务处理时间映射为 Web 浏览进程的感知质量, 而 G.1080^[4]从终端用户的角度定义了 IPTV 业务的 QoE 需求。在 2011 年 1 月的日内瓦会议上, ITU-T 确定将串行语音和远程视频会议的 QoE 作为下一步的研究目标^[5]。

数据业务的 QoE 与网络质量、终端性能、业务属性密切相关。从网络质量出发, 结合传统 QoS 标准和终端侧业务体验, 可以将数据业务 QoE 的网络质量影响因素归纳为时延、抖动、信息丢失三个方面:

(1) 时延: 在无线网络中, 端到端时延由业务建立时延、终端应用处理时延和网络传输时延组成, 是系统传输和处理信息所需的时间。

(2) 抖动: 时延的变化导致网络中数据分组到达速率的变化, 抖动即指端到端电路的时延变化范围。对于涵盖语音、视频的数据业务, 抖动指标的分析尤为重要。抖动是不能完全消除的, 只能控制在一定范围内, 常用缓冲队列方法补偿抖动。

(3) 信息丢失: 包括比特错误、分组丢失、编码失真等因素。信息丢失对用户体验产生最直接的影响, 不同媒质的信息的容错能力不同。由于人眼视觉特性, 视频和图像应用的容错能力较高, 而文本和数据对差错极为敏感。通常用丢包率量化描述信息丢失程度。

同种类型业务 QoE 的影响因素具备类似性, 可以用类比方法进行分析, 因此在特定业务的 QoE 衡量过程中, 分类是不可或缺的环节。针对现网下常用数据

业务, 本文以时延、抖动、信息丢失为分类依据, 提出了基于 QoE 影响因子的数据业务分类方法, 建立了数据业务 QoE 的立体分类模型, 如图 2 所示:

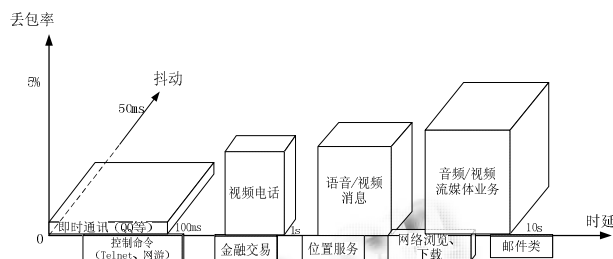


图 2 数据业务立体分类模型

该模型创新性地将抖动因素作为分类标准, 这是因为随着数据业务的飞速发展, 终端为了达到流畅的多媒体业务体验, 可以通过扩展接收缓冲区来弥补抖动, 但缓冲区又将影响时延情况, 所以需要区分端到端时延和抖动因素, 结合业务对于信息丢失的敏感程度, 分析业务的用户体验质量。

模型将现有的数据业务分为九类, 其中丢包率要求在 0% 的五类业务统称为信息敏感型业务, 这五类业务时延和抖动的要求各不相同, 如 telnet 的控制交互时延限定在 100ms, 而邮件类业务的发送时延可以控制在 10s 甚至更高。值得一提的是, 在网络质量保证的基础上, 新兴的信息敏感型业务对终端性能提出了更高的要求: 金融支付类业务要求终端具备安全加密功能; 位置类业务需要终端支持 GPS 实时定位, 并能够保证持续联网定位。

3 QoE测量的终端影响因素分析

智能终端作为业务的使用承载体, 其业务体验质量将成为终端制胜的关键。然而, 目前数据业务的评测模型多以网络的参数指标作为输入参数, 对于用户体验质量的终端和业务影响因子还未有统一的评测标准。根据对智能终端的综合分析, 将影响数据业务 QoE 的终端因素总结如下:

(1) 中央处理器 CPU: 智能终端为多业务应用提供了方便快捷的平台, 终端 CPU 能力与多业务之间的切换速率、多线程处理能力、任务调度能力紧密相关, 可以用处理器主频量化描述 CPU 性能。

(2) 内存: 与业务处理速度、存储能力密切相关, 终端内存是影响用户体验质量的决定性因素, 内存缓

冲可以克服抖动，但会造成更长的加载时延，需要辨证权衡其对于时延和抖动的影响。

(3) 图形处理器 GPU：多媒体数字业务的体验质量很大程度上依赖于图形处理器的能力，GPU 量化参数包括多边形输出和像素填充率。

(4) 屏幕：终端屏幕的重要性不言而喻，屏幕性能包括屏幕颜色、屏幕材质、屏幕尺寸三方面：屏幕颜色可用色阶指数，颜色质量两个参数进行量化；屏幕材质由高到底为：ASV、TFT、OLED、TFD、UFB、STN、CSTN；屏幕尺寸的测量标准包括物理尺寸和显示分辨率。

(5) 摄像头：可测量参数包括摄像头像素，摄像头焦距范围，感光元件尺寸，色彩深度，数码变焦倍数等。

(6) 操作系统：操作系统决定了手机的功能易用性、安全性和应用处理机制，从而间接影响业务的体验质量。

在建立数据业务的 QoE 测量方法时，首先需针对测量对象，以业务性质为依据，分析网络和业务层面影响因子，进而选择与业务体验密切相关的终端影响因素，以智能终端参数量化表现终端对业务 QoE 的影响。

4 面向智能终端的数据业务QoE测量模型

以数据业务 QoE 组成为基础，结合智能终端性能的数据业务归类分析将助力 QoE 测量方法的体系化形成。一套完善的 QoE 测量体系需要综合考虑影响 QoE 的网络、业务和终端因素，将用户体验质量如实、完整地体现出来，为进一步的 QoE 优化工作奠定基础，给用户呈现尽可能高的体验质量。

已有的 QoE 用户感知测量方法可分为 3 种：1) 客户抽样调查统计法。该方法准确性高，具有较高的普遍性，但工作量大，效率低，成本高，不易重复度量。2) 现网业务指标评测法。采用端到端的主动测量直接获得 QoE 值，如语音业务的 MOS 值测量^[6]。方法具有网络和终端普适性，但没有结合终端因素进行测量，较适用于网络运维性能的考核。3) 设备性能指标推导法。通过收集典型业务指标，用映射模型间接获得 QoE 值，但映射关系难以确定，且映射模型随用户行为改变，模型准确度不高，缺乏设备灵活性和可扩展性。

从智能终端、网络环境、业务种类普适性目标出

发，本文提出了一种面向终端设备制造商的数据业务 QoE 测量模型，建立了网络因子和终端因子数据库，网络因子数据库存储现有网络制式和接入模式下，与数据业务相关的网络参数，而终端因子数据库存储了影响数据业务的终端设备参数。与常用 QoE 测试模型不同，面向智能终端的数据业务 QoE 测量模型首先进行业务性质分析，提取出与被测业务相关的网络参量和终端参数，这样不仅简化了分析过程，并且节约测试时间，提高了测量的准确度和效率。在参数选择后，模型的业务感知模块根据业务针对性测试结果，通过映射输出 QoE 测量结果。模型如图 2 所示：

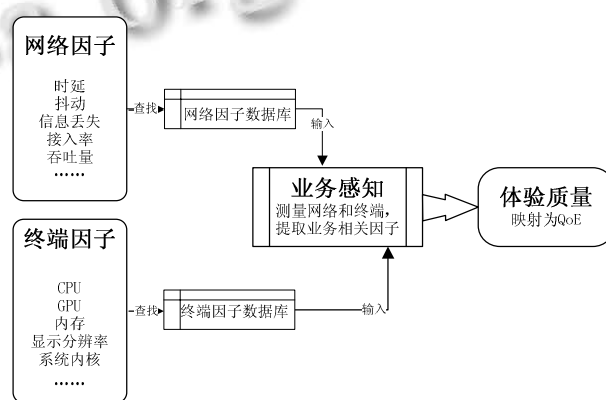


图 2 面向智能终端的数据业务 QoE 测量模型

业务感知模块是模型的核心处理环节，该模块以业务分类作为出发点，提取被测业务对应的网络因子和终端因子作为 QoE 源参数。在应用该模型时，通过接入终端和网络来获得输入因子，输入业务感知模块，根据测量的目标业务，业务感知模块选取业务相关参数，查找业务的相应映射方法，从而输出用户的体验质量 QoE。具体的测量流程如图 3 所示。

$QoE = f_{s^i}(\hat{n}, \hat{t})$ 表示用户体验质量的特定映射方式，式中 s^i 指被测数据业务， $\hat{n} = \{n_1, n_2, \dots, n_k\}$ 代表从网络因子数据库中选取的网络参数集， $\hat{t} = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ 指代根据业务特性相关的终端参数集合。

业务类型不同，模型输入参数到 QoE 的映射方法也不相同，以前文介绍的即时通讯业务为例，代表性的即时通讯应用有 QQ、飞信、微信和 iMessage 等。文字类即时通讯的业务的信息完整度要求高，对时延

和终端性能较不敏感,因此感知映射提取网络侧时延和丢包作为主要影响因子,将网络拥塞程度、终端 CPU、内存和操作系统版本作为间接影响因素;而音视频类即时通讯业务的 QoE 受网络质量、终端处理器和显示分辨率共同影响,且信息丢失容忍度较高,需要在业务感知部分采用较为复杂的系统映射方法,将网络和终端的影响因素转化为用户体验质量。

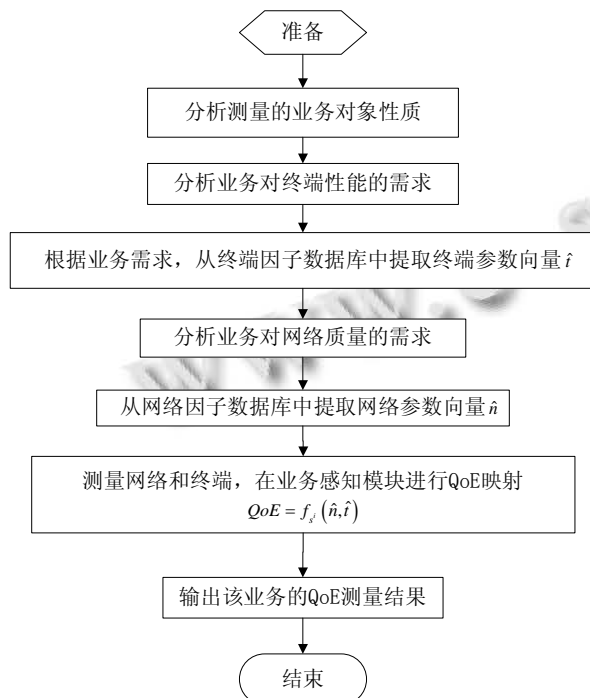


图 3 数据业务 QoE 的测量流程

伴随着承载网络的不断提速和应用软件的不断升级,即时通讯类数据业务的市场份额日益提升,并正在融合音视频元素,形成全新的通信市场需求。本文以用户数过亿的微信为试验研究对象,分析其在智能终端应用时的 QoE 表现。微信业务的媒质内容包括文字、图像、语音、GPS 坐标,由于采用服务器存储转发方式处理媒质消息,微信业务要求网络性能达到 0% 的信息错误率,低于 140ms 的分组延迟,50ms 的时延抖动范围,以及 100m 的定位精度。与此同时,微信业务的 QoE 受到 CPU、内存、GPU 和操作系统等终端参数的显著影响。试验中考虑到网络吞吐量因素,选取了四款不同终端,在工作日的相同时间测试其在 GPRS 和 WiFi 网络环境中的微信业务用户体验质量,用 MOS 值表示模型输出的 QoE 性能,实验结果如表 1 所示(隐去终端 CPU、GPU 型号,以字母代称):

表 1 终端和网络环境的微信业务 QoE 实验数据

终端编号	操作系统	CPU 频率 (MHz)	RAM (MB)	QoE in GPRS	QoE in WiFi
A	Symbian^1	434	128	3.1	3.4
B	Android 2.1	800	128	3.8	4.0
C	Android 2.3	1024	768	4.3	4.6
D	iOS4.0	1024	512	4.5	4.7

与此同时,统计用户对微信业务的主观感受作为观 QoE 对比测量试验,经分析验证,模型输出和主观统计实验结果的相关系数达到 0.92,证明面向智能终端的数据业务 QoE 测量模型能够在一定程度上反映用户的使用体验。基于系统网络参数和终端参数到 QoE 映射的可逆性,该模型也可用于终端和网络优化工作。此时需要根据 QoE 的测量结果,分析与 QoE 标准值的差距所在,进而推导出被测网络和终端侧的性能改进点,对于网络性能和终端设备优化具有一定的实践意义。

5 智能终端 QoE 测量的总结与展望

数据业务的优势在于业务类型的多样化、内容多媒体化以及服务质量对用户而言的成本降低化。在传统语音业务 ARPU 走低、语音收入贡献趋缓的情况下,数据业务的 ARPU 值却呈现增长趋势,其重要性日益凸显,成为运营商对 3G 的主推点,用户对于 3G 的最佳体验点,同时也是运营商们的市场竞争焦点。

面对移动互联网飞速发展的时代背景,网络优化体系建设正在从关注网络设备性能,向以用户体验为核心进行转移,亟需从终端角度,建立和完善用户体验感知标准与测试评估体系,使 QoE 指标能客观评估并充分反映用户真实感知。在统计分析用户 QoE 感知指标的基础上,终端优化调整工序需要遵循优化-测试-优化的闭环原则,形成以提升用户 QoE 为目的、面向用户的终端研发优化方案。以数据业务为代表,通信系统的网络优化工作必须依赖于更为先进的优化技术、产品、优化工具和服务,因此需要通信产业链的整体联动,持续关注、研发和应用 QoE 管理体系,从而实现端到端的 QoE 管理流程,推动传统网络优化向用户感知优化转变。

(下转第 231 页)

性, 将具有相似应用的用户聚集成簇, 并用不同颜色表示, 如图 5 和表 1 所示。

表 1 一个聚集视图簇和用户数

聚集	用户数	描述
簇1	542	通过IE连接的所有外部域名
簇2	55	通过主机访问内部的Web服务
簇3	218	用户共享目录服务产生怀疑的集合
簇4	1334	本地用户形成的结构趋于合理的社区

4 结语

在上下文图形中进行可视化挖掘, 识别何人在何时何处做什么事, 突破了网络行为管理的局限性, 智能化使得日常网络行为管理变得轻松起来。通过对可视的变化性与网络图的不变性, 图的距离方差的研究, 为网络图的可视化奠定了理论基础。目前主要集中在结合可视化技术和图形挖掘来最大化地进行过程知识的获取和异常探测, 下一步将进一步优化算法, 提高响应速度和挖掘结果的精确性。

参考文献

- 1 陈友,程学旗,杨森.面向网络论坛的高质量主题发现.软件学报,2011,22(8):1785-1804.

- 2 李伟,罗军舟.面向网络管理知识获取的一种序列模式挖掘新算法.解放军理工大学学报(自然科学版),2008,19(5):445-449.
- 3 阳万安,胡其华.一种网络数据包的智能分类方法.科学与技术工程,2009,9(12):3301-3305.
- 4 Garey MR, Johnson DS, Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. W.H. Freeman and Company, 1979.
- 5 Bunke H, Dickinson PJ, Kraetzl M, Wallis WD. A Graph-Theoretic Approach to Enterprise Network Dynamics. Progress in Computer Science and Applied Logic (PCS), vol. 24, BirkhSuser, Boston, 2007.
- 6 Cox TF, Cox M, Multidimensional Scaling, 2nd ed. Chapman & Hall/CRC, 2000.
- 7 Bunke H, Dickinson P, Humm A, Irniger C, Kraetzl M. Applied graph theory in computer vision and pattern recognition. Ch Graph Sequence Visualisation and its Application to Computer Network Monitoring and Abnormal Event Detection, vol. 52, Springer, Berlin, Heidelberg, 2007.

(上接第 113 页)

参考文献

- 1 3GPP. TS 26.346 V9.4.0_2010, Multimedia broadcast /multicast service (MBMS); protocols and codecs.
- 2 3GPP. TS 26.234 V9.3.0_2010, Transparent end-to-end packet-switched streaming service (PSS); protocols and codecs.
- 3 ITU-T.G.1030_2005, Estimating end-to-end performance in IP networks for data applications.
- 4 ITU-T.G.1080_2008, Quality of experience requirements for IPTV services.
- 5 ITU-T SG12.2009-2012 Work Program. ITU, 2010.http://

www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_search.aspx?isn_sp=545&isn_sg=551.

- 6 ITU-T.P.862_2001, Perceptual evaluation of speech quality (PESQ): an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrow-band telephone networks and speech codecs.
- 7 赵川斌,张骥,任义.基于用户感知的网络优化体系建设探讨.移动通信,2011,6:17-22.
- 8 赵飞龙,梅杓春,余轮.移动通信网的 QoE 测量及其量化方法.电子测量与仪器学报,2010,24(3):230-236.