



基于大数据分析的移动互联网用户感知评估系统

陈 森, 陈 超, 张小勇, 王 磊, 孙 鹏

(中国联合网络通信集团有限公司北京市分公司 北京 100038)

摘 要:随着移动通信网络的逐渐演进和智能终端的迅猛发展,移动互联网业务层出不穷,竞争非常激烈,而让用户获得良好的业务感知成为在竞争中胜出的关键。移动互联网用户感知评估系统针对移动互联网各项主流业务搭建了一套用户感知评估体系,为每项主要业务设计了一套 KQI(key quality indicator)以及具体的识别、提取、计算方法。利用用户感知评估系统对海量数据分组的大数据分析还原复现了用户的业务行为,并从各个维度计算获得了各项 KQI 的得分,实现了全面、及时、准确地评估移动互联网业务用户感知,从而为网络运营商和移动互联网公司提供高附加值的数据支撑。

关键词:大数据分析;用户感知评估;KQI;移动互联网业务

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015057

Evaluation System of Mobile Internet User Experience Based on Big Data Analysis

Chen Sen, Chen Chao, Zhang Xiaoyong, Wang Lei, Sun Peng

(China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing Branch, Beijing 100038, China)

Abstract: Following the evolution of mobile network and the development of smart devices, the mobile internet services emerge rapidly with fierce competitions, in which, improving the users' perception is quite important to win the victory in the competition. A users' experience evaluation mechanism for the main stream mobile internet services was developed and a set of KQI (key quality indicator) with authentication, inspection, and calculation methods were designed. The evaluation system of mobile internet user experience employs the big data analysis to restore the online behaviors of users, and calculates the KQI values from different dimensions of the indexes. The system realizes the comprehensive, in time, and accurate evaluation for the user experience, and thus provides strong value-added supports to the network operators and mobile internet companies.

Key words: big data analysis, user experience evaluation, key quality indicator, mobile internet service

1 引言

随着移动通信网络的逐渐演进和智能终端的迅猛发展,移动互联网与用户的联系日益紧密,已经渗透到人们

工作和生活的各个细节。移动互联网业务层出不穷,竞争非常激烈,而让用户获得良好的业务感知成为在竞争中胜出的关键,这就使得如何全面、及时、准确地评估移动互联网业务的用户感知成为网络运营商和移动互联网公司一

收稿日期:2014-10-28;修回日期:2015-02-03

论文引用格式:陈森,陈超,张小勇等. 基于大数据分析的移动互联网用户感知评估系统. 电信科学, 2015057

Chen Sen, Chen Chao, Zhang Xiaoyong, *et al.* Evaluation System of Mobile Internet User Experience Based on Big Data Analysis. Telecommunications Science, 2015057

个非常重视的问题。

目前对于移动互联网业务用户感知评估的研究主要集中在关键质量指标(key quality indicator, KQI)、用户体验质量(quality of experience, QoE)的评估理论和层次框架方面^[1],缺乏系统的评估指标体系和具体实现方法。在对用户感知评估方法的实践中,采用的方法主要有两大类:基于测试终端和测试软件上报各项定制指标数据,系统采集数据后进行分析评估^[2];基于移动通信网各类网元设备上报的关键性能指标(key performance indicator, KPI)数据,通过KPI数据对用户感知进行分析评估^[3]。其中,采用测试终端和测试软件上报数据的方法存在测试样本有限的问题,无法全面准确地评估真实大众用户的业务感知;采用设备网元上报关键性能指标数据的方法存在设备性能无法细化到每个用户的问题,并且KPI无法全面涵盖用户业务相关各个环节,因此评估结果往往与用户真实的业务感知偏离度过大,无法完成全面和精准的评估。

针对以上问题,首先为移动互联网的每项主流业务设计了多个反映用户不同方面业务感知的KQI,通过这些KQI实现对用户感知的评估,并为每个KQI设计了详细的计算公式以及公式中各项因子的具体识别、提取、计算方法等,从而建立一整套基于大数据分析的移动互联网用户感知评估体系。在这套用户感知评估体系的基础上,利用分布式处理技术建设了一套移动互联网用户感知评估系统。该评估系统通过对移动互联网各接口分光获得的海量数据分组进行大数据分析,对用户业务行为进行还原复

现,并生成单用户单业务粒度的CDR(call details record)。基于单用户单业务粒度的CDR,从业务、网元、用户维度分别计算获得各项主流业务的KQI得分,并可进一步综合计算得到某项移动互联网业务的全网用户感知综合QoE得分。

通过该系统,可以快速获得基于用户感知的网络评估结果,在VIP用户感知预警和用户业务记录查询等方面有效支撑客户服务工作,从多维度的KQI得分为网络维护和网络优化提供可能需要优化的网元或区域,从用户感知评估结果的各个维度分布数据为运营商的网络建设工作提供决策的数据支撑,也可以发现与移动互联网公司有关的用户感知问题,从而有助于移动互联网公司进行针对性的优化和改进。

2 移动互联网用户感知评估体系

基于传统信令监测系统的垂直分层架构,充分考虑到用户感知评估的特点,在数据层与应用层之间增加独立的评估层。评估层负责调用数据层的原始数据记录进行关键信息的提取和计算,完成对用户感知KQI的评估,并为应用层提供数据。移动互联网用户感知评估体系的整体架构如图1所示,具体介绍如下。

(1)采集层

通过对移动互联网各接口进行分光的方式采集全网所有用户移动互联网业务的IP数据分组,涉及的接口包括:无线接入网的接口(IU-PS/S1)、核心网的内部交互接口(Gn/Gr/S5/S8)以及接入Internet的接口(Gi)。

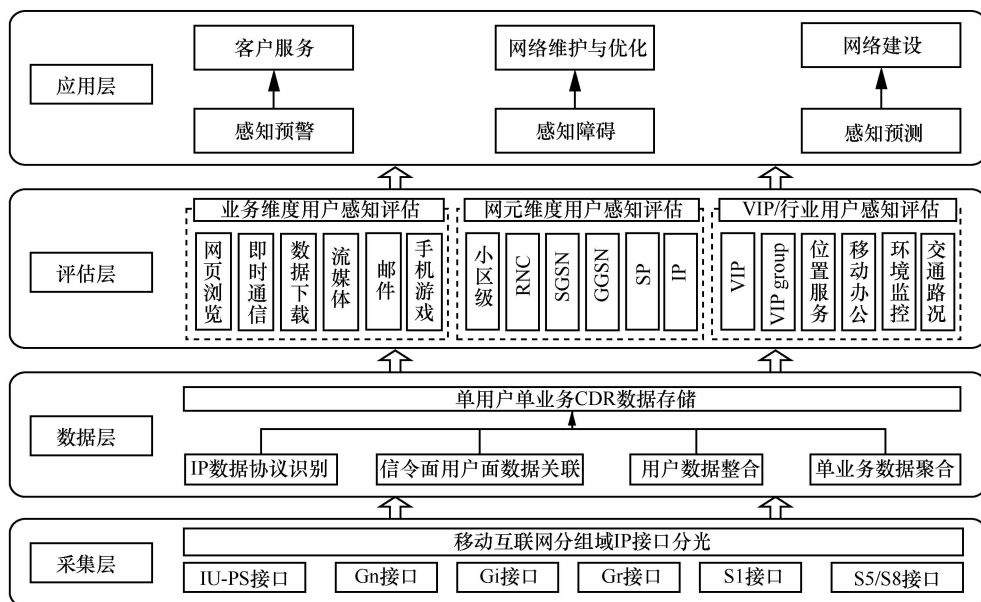


图1 移动互联网用户感知评估体系的整体架构



(2)数据层

对于海量用户数据,通过 DPI(deep packet inspection)特性库进行深度解析,识别和整合出各种移动互联网业务流,并通过用户信息最终生成单用户单业务粒度的 CDR。

(3)评估层

基于对用户移动互联网业务行为的真实还原,制定出全面、精确的业务用户感知 KQI 的量化公式,并从不同维度进行用户感知评估。

(4)应用层

移动互联网用户感知评估系统的主要应用有如下 3 个方面。

- 客户服务:基于精确的用户感知量化公式,一方面可以准确、及时地监控到 VIP 用户感知的波动情况,上报感知预警为用户服务;另一方面也可以针对某些主流业务的用户感知突变情况上报预警为用户服务,以便对可能激增的用户投诉及时做出应对。
- 网络维护与优化:通过对不同网元维度(如 CELL)的用户感知评估结果的排序,可以提供得分最低的 TopN 的网元列表,为网络维护与优化提供更精准的优化方向;并可以通过多维度自动定界功能对存在问题的 KQI 进行“一站式”的自动分析,迅速得出初步的分析结论,进行后续的优化解决。
- 网络建设:从小区、Node B/eNode B、RNC、SGSN、GGSN、SGW、PGW 等网元维度对用户行为、业务感知和业务流量进行分析,对不同区域的用户业务感知和网络资源利用率进行预测分析,为网络建设提供数据支撑,从而进行有针对性的网络规划和建设。

3 用户业务行为的还原复现

在上述评估体系的架构中,单用户单业务粒度 CDR 数据存储是用户感知评估的基础,要实现单用户单业务粒度 CDR 的生成,就必须对用户每次业务行为进行还原复现。移动互联网用户感知评估系统首先针对用户业务 IP 数据分组进行 DPI 特征库的匹配,识别和整合出不同的业务流,然后根据用户信息区分出不同用户的业务流,从而将用户的每一次业务行为从海量数据分组中还原复现。业务行为还原复现过程如图 2 所示。

以网页浏览业务为例(如图 3 所示),用户打开一个页面往往需要从多个不同 URL 的服务器上下载各种文本、图片、链接等数据,要将相关的大量 IP 报文进行关联整合才能还原出用户的真实业务行为。

对用户网页浏览业务行为的还原可通过如下 5 个步骤实现,如图 4 所示,每个步骤的简要说明如下。

(1)通过 TCP/IP 协议栈的层三、层四,解析出 IP 报文的五元组信息,将五元组信息相同的多个 IP 报文整合为一个业务流,五元组信息包括:源 IP、目的 IP、源端口、目的端口、协议号(通常指 TCP/UDP)。

(2)对业务流的前几个 IP 报文进行解析,通过 TCP 端口号或应用层的 Request Version 字段识别判断该 IP 报文是否为 HTTP 的报文,识别判断方法为:若 TCP 端口号为 80 或 8080 则判断该 IP 报文为 HTTP 的报文,或者若该 IP 报文包含的 Request Version 字段为 HTTP 类型(如 HTTP/1.1),则该 IP 报文也为 HTTP 的报文。若上述判断的业务流前几个 IP 报文中包含 HTTP 的报文,则判断该业务流为 HTTP 的业务流。

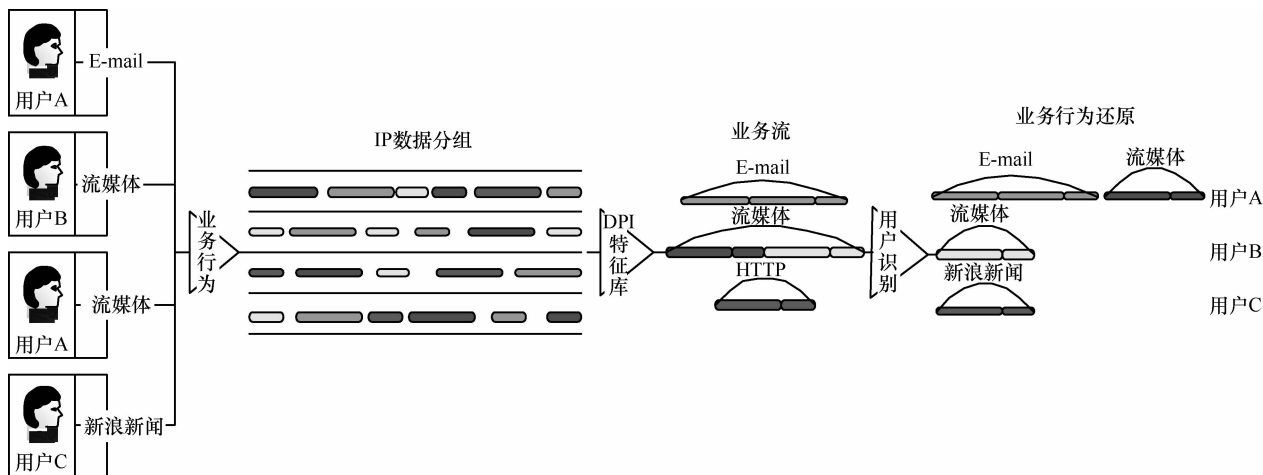


图 2 用户业务行为还原复现流程

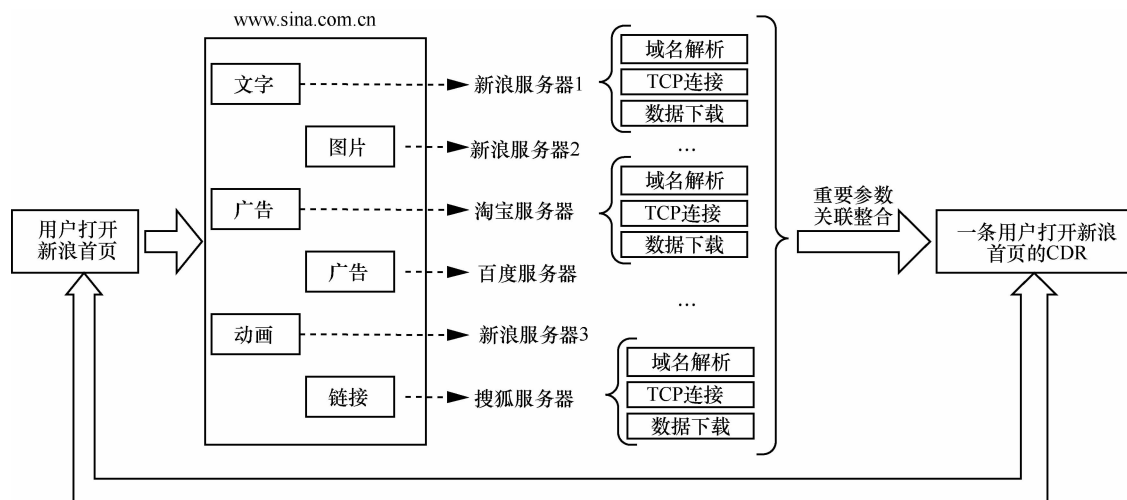


图3 用户网页浏览业务行为的关联整合

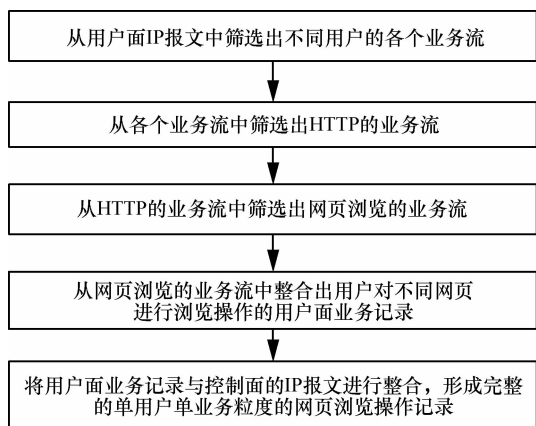


图4 用户网页浏览业务行为还原步骤

(3) 对 HTTP 业务流中的 HTTP 报文的 content-type 字段进行识别,以判断该 HTTP 报文是否为网页浏览业务的报文,识别判断方法为:若 content-type 为 text 或图片或 JavaScript,则判断该 IP 报文为网页浏览业务的报文。若上述判断的业务流中包含网页浏览的 IP 报文,则判断该业务流为网页浏览的业务流。

(4) 鉴于用户打开一个网页的操作可能对应于多个用户面的业务流,可以利用业务流中 IP 报文应用层的 host 和 referer 信息对包含网页浏览业务的业务流进行用户行为的整合,即将大量的 IP 报文整合为与用户实际操作行为对应的记录,整合方法为:将具有时间连续性的所有包含相同 referer 信息的业务流整合为一个用户面的网页浏览操作记录,对于不包含 referer 信息但包含 host 信息的业务流,若存在其他业务流的 referer 信息与该业务流的 host 信息相同,则将它们整合为一个用户面的网页浏览操作记录。

(5) 用户面 IP 报文整合完成后,再根据用户 IP 地址、

GTP 隧道 ID 和时间等几个要素将控制面的 IP 报文与用户面的网页浏览操作记录进一步整合,最终形成完整的、与用户真实行为对应的网页浏览操作记录。这种整合的粒度为单用户单业务粒度,即一个用户打开一个网页则整合形成一条网页浏览操作记录。

经过上述 5 个步骤,移动互联网用户感知评估系统能够将用户的各类业务进行还原,能够通过各类条件查询出相应用户的业务行为记录,查询结果如图 5 所示。

4 用户业务感知评估算法

移动互联网用户业务感知评估的关键是需要一套完整的评估算法,这套算法需要可以具体应用在单用户单业务粒度 CDR 的大数据分析上。对此,移动互联网用户感知评估系统根据用户业务的接入性、保持性、完整性 3 个方面设计了每类业务的各项 KQI,然后基于用户使用业务的全流程,分析各种移动互联网业务使用过程中的各个子流程,从模拟复现用户真实感知的角度设计确定各项 KQI 的计算式和各项因子的具体识别、提取、计算方法等,从而精确地量化每种移动互联网业务的感知。之后,系统可以根据每种移动互联网业务的流量比例确定该业务感知占网络/网元级用户感知的权重,最终计算出网络/网元级的综合用户感知评估得分。具体计算式为:综合用户感知评估 = $K_1 \times |KQI_1| + K_2 \times |KQI_2| + K_3 \times |KQI_3| + \dots + K_n \times |KQI_n|$, 其中 K_i ($i=1,2,3,\dots,n$) 为标准化后的指标权重, $|KQI_i|$ ($i=1,2,3,\dots,n$) 为标准化后的 KQI。

本系统已完成网页浏览、HTTP 视频、QQ、微信、在线音乐、电子邮件、HTTP 下载、滴滴打车等主流移动互联网



拖动列到此处来进行分组									
MSI	MSISDN	IMEI	终端系统类型	业务大类	业务子类	服务器IP	RNC/BSC	CI	目的地址(URL)
460011000657297	8618601144964	8670640191942900		即时通信	连我	74.125.128.188	ECR58	15522	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	HTTP	5323	202.106.195.68	ECR58	15522	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	即时通信	微信	140.207.54.36	ECR58	15522	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900		即时通信	米聊	58.68.235.171	ECR58	15522	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	HTTP	京东商城	211.151.109.110	ECR58	15522	mjd.com
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	HTTP	淘宝	202.106.195.68	ECR58	15522	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	HTTP	天猫商城	110.75.39.80	ECR58	15522	m.tmall.com
460011000657297	8618601144964	8670640191942900				202.106.195.68	ECR58	15523	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	HTTP	凤凰网	202.106.195.68	ECR58	15523	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	HTTP	凤凰网	202.106.195.68	ECR58	15523	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	HTTP	凤凰网	210.51.19.201	ECR58	15523	3g.ifeng.com
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	HTTP	凤凰网	210.51.19.201	ECR58	15523	3g.ifeng.com
460011000657297	8618601144964	8670640191942900	Android	HTTP	凤凰网	210.51.19.201	ECR58	15523	3g.ifeng.com
460011000657297	8618601144964	8670640191942900		即时通信	微信	140.206.160.215	ECR58	15523	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900		即时通信	米聊	58.68.235.171	ECR58	15523	
460011000657297	8618601144964	8670640191942900		即时通信	连我	74.125.128.188	ECR58	15523	

图5 用户业务行为记录查询结果

业务的 KQI 公式设计,形成了一整套移动互联网用户感知的评估体系。

以网页浏览、HTTP 视频、QQ 业务为例,对应的 KQI 和计算式如下。

(1) 网页浏览业务

页面响应成功率= $\text{PDP 激活成功率} \times [\text{业务请求成功率} \times [\text{首次域名解析成功率} \times [\text{首次 TCP 建立成功率} \times [\text{首次 GET 成功率}]]]$;

页面响应时长= $[\text{首次 get 响应消息 HTTP reply 200 OK 的时刻}] - [\text{首个业务流程发起消息的时刻}]$;

页面显示完整性= $[\text{HTTP reply 200 OK 次数和}] / [\text{get 请求次数和} + \text{post 请求次数和}] \times 100\%$;

页面显示成功率= $[\text{页面显示完整性指标超过门限值的次数和}] / [\text{首次 get 请求的次数和}] \times 100\%$;

页面显示时长= $[\text{本页面最后一个数据分组的时刻}] - [\text{首个业务流程发起消息的时刻}]$;

页面下载速率= $[\text{本次页面下载的数据分组总大小}] / [\text{本次页面下载持续的时长}]$ 。

(2) HTTP 视频业务

视频播放成功率= $[\text{域名解析成功率} \times [\text{TCP 建立成功率} \times [\text{get 成功率} (\text{重定向返回 302})] \times [\text{重定向后 TCP 建立成功率} \times [\text{get 成功率} (\text{返回 200 OK})] \times [\text{初始缓冲区下载成功率}]]]$;

视频播放等待时长= $[\text{初始缓冲区满的时刻}] - [\text{首个业务流程发起消息的时刻}]$;

视频卡顿频次= $[\text{卡顿次数和}] / [\text{观看时长}]$;

视频卡顿占比= $[\text{卡顿时长和}] / [\text{观看时长}]$ 。

(3) QQ 业务

QQ 登录成功率= $\text{PDP 激活成功率} \times [\text{业务请求成功}$

率] $\times [\text{域名解析成功率}] \times [\text{TCP 建立成功率}] \times [\text{第一条 PSH ACK 成功率}] \times [\text{第二条 PSH ACK 成功率}]$;

QQ 登录时长= $[\text{第二条 PSH ACK 的确认消息的时刻}] - [\text{TCP 连接的 SYN 消息的时刻}]$;

QQ 服务器响应成功率= $[\text{服务器发送的 ACK 消息的次数和}] / [\text{终端发起的 PSH ACK 消息的次数和}] \times 100\%$;

QQ 服务器响应时长= $[\text{服务器发送的 ACK 消息的时刻}] - [\text{终端发起的 PSH ACK 消息的时刻}]$;

QQ 终端响应成功率= $[\text{终端发送的 ACK 消息的次数和}] / [\text{服务器发起的 PSH ACK 消息的次数和}] \times 100\%$;

QQ 终端响应时长= $[\text{终端发送的 ACK 消息的时刻}] - [\text{服务器发起的 PSH ACK 消息的时刻}]$;

QQ 用户掉线率= $1 - [\text{TCP FIN 消息成功响应消息的次数和}] / [\text{TCP FIN 消息的次数和}] \times 100\%$ 。

按照上述的 KQI 和计算式,移动互联网用户感知评估系统能够对各项业务的用户感知进行全面评估,以网页浏览业务为例,某时段的评估结果如图 6 所示。

5 主流业务阈值推荐

业务阈值的设定要通过分析组网情况、网络环境的复杂度以及用户使用业务的偏好等来最终确定,并根据情况进行调整,网页浏览业务 KQI 的推荐阈值见表 1,如果超过此阈值,将影响用户的感知。

6 多维度自动定界

当某项 KQI 出现异常波动时,移动互联网用户感知评估系统能够通过多维度自动定界功能实现“一站式”自动呈现初步分析报告,具有很高的精准性和快捷性,能够对

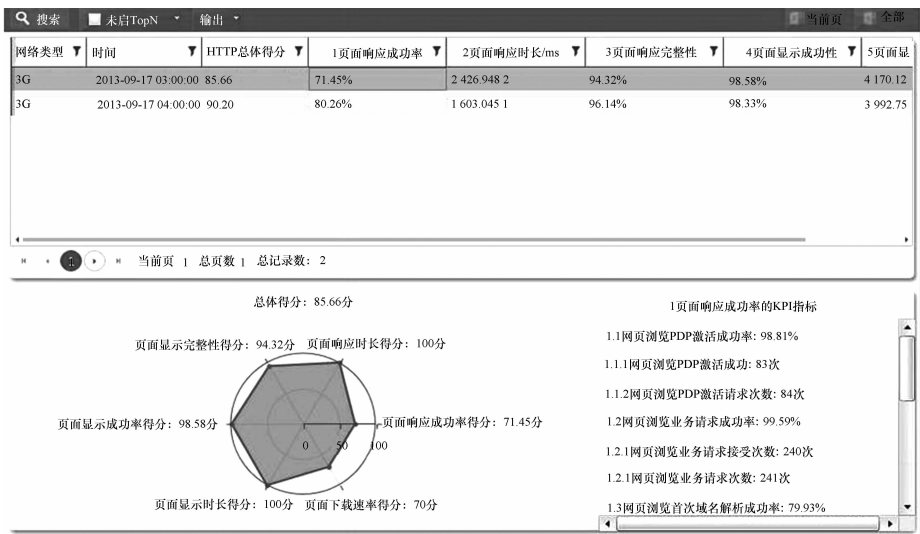


图 6 网页浏览业务感知评估结果示例

表 1 网页浏览业务 KQI 的推荐阈值

业务	KQI 名称	指标阈值
网页浏览	页面响应成功率	<80%
	页面响应时长	>3.6 s
	页面显示完整性	<75%
	页面显示成功率	<75%
	页面显示时长	>8 s
	页面下载速率	<100 kbit/s

移动互联网出现的用户感知问题做出快速响应,为网络维护 and 客户服务部门提供有力的支撑保障。

当出现某项业务的 KQI 问题时,系统对所有该项业务的单用户单业务 CDR 进行大数据的多维度聚合,得到不同维度的分类汇总统计,针对低于平均水平的门限筛选,最终统计出与该问题相关联的各维度个体数量,譬如,涉

及的 SP 服务器 IP 有多少个,涉及的 GGSN 有多少个,涉及的用户有多少个等。针对不同维度统计的个体数量,根据收敛度的计算式得到该问题在各个维度的收敛度,将收敛度最高且收敛度大于筛选门限(设定为 50%)的维度视为可能存在问题的维度。若所有维度的收敛度均小于筛选门限,则认为该问题为全网性普遍问题,需进一步分析确认。收敛度的计算式为:收敛度=(1-低于门限数量/收敛基数)×100%,小于 0 的直接置为 0,不出现负值。从图 7 的举例中可以看出,该问题集中在少数几个用户上,可以初步判断为少数用户原因引起的指标波动。

根据多维度自动定界的原理和实现步骤,移动互联网用户感知评估系统能够自动完成对某项 KQI 问题的分析定界,定界结果如图 8 所示。

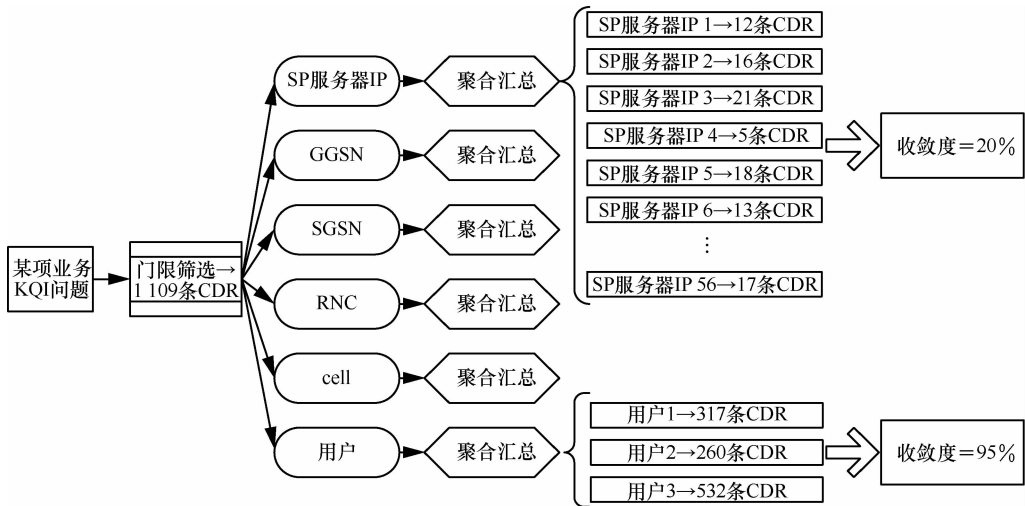


图 7 多维度自动定界的分析原理示例

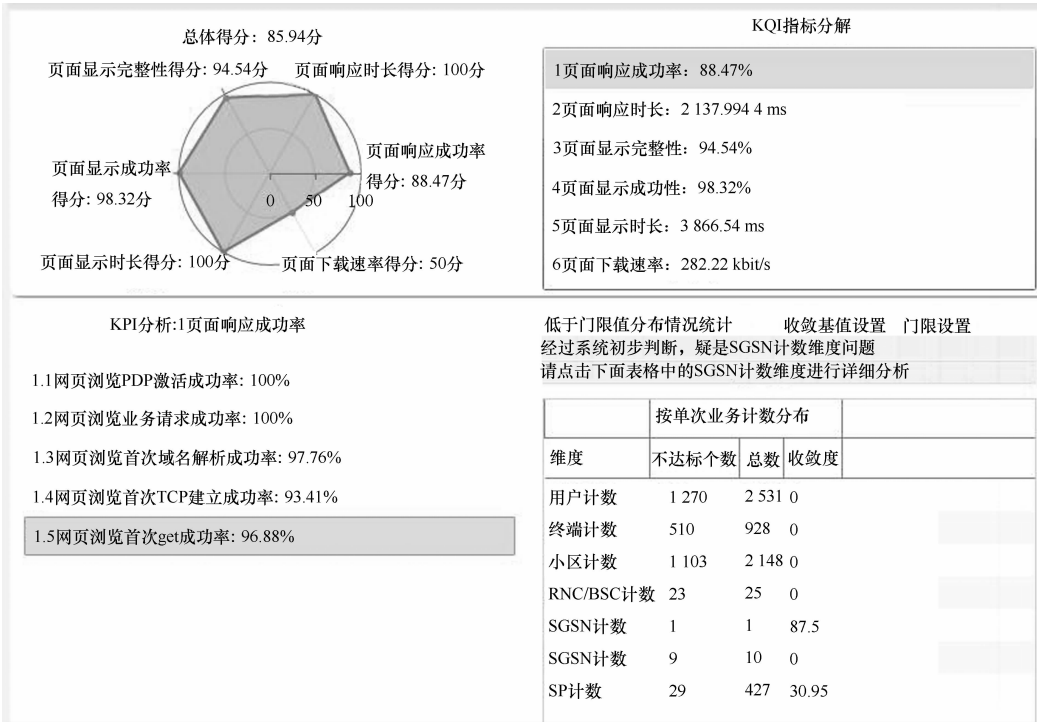


图 8 多维度自动定界结果示例

7 用户感知评估体系优化成果

用户感知系统可以实现基于用户、网元、应用协议和SP等维度的数据分析,下面介绍网页浏览业务页面响应时延的优化成果。

在针对新浪主页的业务使用统计(见表2)中发现,4G网络页面响应时延明显优于3G网络,进行流程切片分析发现,3G网络下DNS解析的时延较大。

表 2 对新浪主页的页面响应时延

网络	DNS 解析 时延/s	TCP 链路建立 时延/s	get 时延/s	总时延/s
3G	2.207	0.035	0.07	2.312
4G	0.162	0.036	0.044	0.242

进一步分析用户的行为,发现这些用户都是从idle(空闲)状态发起的业务,则DNS解析过程中包含了信令面的建立时延,而4G由于网络的扁平化和信令流程的简化,即使从idle状态发起业务,时延也很小。

统计用户处于connect(连接)状态(DCH)下的页面响应时延,统计结果见表3,3G网络与4G网络相差不大,且比idle状态时延小很多。

优化小组提出方案,建议用户尽量保持在connect的URA_PCH状态(connect状态包含DCH、FACH、PCH和

表 3 处于 connect 状态的页面响应时延

网络	DNS 解析 时延/s	TCP 链路建立 时延/s	get 时延/s	总时延/s
3G	0.056	0.03	0.083	0.169
4G	0.032	0.031	0.043	0.106

URA_PCH 4种),即用户在业务完成后不迁移到idle状态,而是迁移到URA_PCH状态,在定时器超时后再迁移到idle状态,那么用户在URA_PCH状态的时间段中,再次发起业务只需进行承载重配等流程即可进入DCH状态,这个时延小于整个信令建立的时延。

通过现网实施打开URA_PCH功能后测试,测试结果见表4。用户在URA_PCH发起业务时页面响应时延为1.328 s,比idle状态提升将近1 s,效果明显。

表 4 URA_PCH 功能测试

网络	DNS 解析 时延/s	TCP 链路建立 时延/s	get 时延/s	总时延/s
3G	1.223	0.035	0.07	1.328

设备打开URA_PCH状态会导致RRC/RAB/核心网侧寻呼次数下降、小区更新次数增加,同时需要修改掉话率指标,提出在URA_PCH状态的掉话(此过程掉话用户无法感知且不影响业务),否则影响掉话率指标。

8 结束语

在移动互联网业务迅猛发展的背景下,通信设备的 KPI 无法反映用户真实业务感知的问题日益凸显。为实现对移动互联网业务用户感知全面、及时、准确的评估,首先针对移动互联网主流业务搭建了一套评估体系的框架,为每项业务设计了多个反映用户不同方面的业务感知 KQI, 定义了每个 KQI 设计详细的计算式以及式中各项因子的具体识别、提取、计算方法等,从而建立了一整套基于大数据分析的移动互联网用户感知评估体系。并利用分布式处理技术,基于该体系建设了一套移动互联网用户感知评估系统,实现了从多个维度对用户业务感知的评估,对 KQI 的异常波动还能通过多维度自动定界功能进行自动分析定位。

移动互联网用户感知评估系统融合了多项重要技术创新,通过数据分组聚合技术在业界率先实现了对用户业务行为的还原复现,在业界领先实现了一整套移动互联网的用户感知评估体系,并能通过“多维度自动定界”实现对用户感知问题的“一站式”自动分析报告呈现。该系统能够对全网所有用户的移动互联网业务感知进行全面、及时、准确地评估,对业务感知问题进行快速预警和定界分析;还能为客户服务、网络维护优化、网络建设等方面提供有力的数据支撑,有助于缩短客服处理时长和改善客服处理效果,有助于推动网络维护优化和网络建设工作的精准化和高效化,有助于全面提升移动互联网用户的业务感知。

参考文献

- 1 戴鹏程,沈亮,万仁辉等. 流量业务用户感知的评估方法分析. 电信工程技术与标准,2014(3):11~15
Dai P C, Shen L, Wan R H, *et al.* Analysis and evaluation methods of flow business user perception. Telecommunications Engineering Technology and Standard, 2014(3):11~15
- 2 张小林,廖章君,曹磊等. 基于移动互联网的端到端移动用户感知评估研究. 现代电信科技,2012(11):73~76
Zhang X L, Liao Z J, Cao L, *et al.* Research on the evaluation of end-to-end mobile user perception based on mobile Internet. Modern Telecommunication Technology, 2012(11):73~76
- 3 马云飞,高羽. 基于用户感知的 EGPRS 网络评估及优化. 移动通信,2008(15):49~54
Ma Y F, Gao Y. EGPRS network evaluation and optimization based on user perception. Mobile Communication, 2008(15):49~54
- 4 徐衡. 基于 eTOM 模型的电信运营商流程体系设计及应用研究(硕士学位论文). 复旦大学,2008
Xu H. Telecom operators process system design and application research based on eTOM model (master dissertation). Fudan

University, 2008

- 5 郑立明. 基于顾客价值的推动要素. 商业研究,2004(4)
Zheng L M. Push the elements based on customer value. Business Research, 2004(4)
- 6 严浩仁,贾生华. 移动通信顾客忠诚驱动因素的实证研究. 电信科学,2004(5):66~69
Yan H R, Jia S H. The empirical study on driving factors of customer loyalty in mobile communication. Telecommunications Science, 2004(5):66~69
- 7 李进良. 移动数据业务分析. 中国数据通信,2005(4):11~16
Li J L. Analysis of mobile data service. Chinese Data Communication, 2005(4):11~16
- 8 操宜洁. 移动通信集团客户价值评估模型的研究(硕士学位论文). 上海交通大学,2011
Cao Y J. The study of mobile communication customers value assessment model (master dissertation). Shanghai Jiao Tong University, 2011
- 9 杨燕. 浅析移动通信网络中的 QoE. 电信科学,2007(8):34~38
Yang Y. Analysis of QoE in mobile communication network. Telecommunications Science, 2007(8):34~38
- 10 3GPP TS 24.008. Mobile Radio Interface Layer 3 Specification; Core Network Protocols, 2001
- 11 3GPP TS 25.413. UTRAN Iu Interface Radio Access Network Application Part (RANAP) Signaling, 2001
- 12 3GPP TS 23.060. General Packet Radio Service (GPRS); Service Description, 2001

[作者简介]



陈森,男,中国联合网络通信集团有限公司北京市分公司移动维护中心总经理,主要研究方向为移动通信网络架构演进与网络质量提升。

陈超,男,中国联合网络通信集团有限公司北京市分公司移动维护中心核心网优化中心经理,主要研究方向为移动通信网络维护与优化。

张小勇,男,中国联合网络通信集团有限公司北京市分公司移动维护中心国际漫游维护中心经理,主要研究方向为移动通信网络维护与优化。

王磊,男,中国联合网络通信集团有限公司北京市分公司技术部标准组组长,主要研究方向为移动通信网络技术。

孙鹏,男,现就职于中国联合网络通信集团有限公司北京市分公司,主要研究方向为移动核心网业务质量优化。