



# 移动互联网智能管道顶层设计和规模商用实践

丁 晋

(中国电信股份有限公司江苏分公司 南京 210017)

**摘 要:**随着移动互联网时代智能手机的快速发展和用户需求的不断变化,运营商面临着网络拥塞频发、资源分配不均和增量不增收等问题,提出依托 PCC 架构开展移动互联网智能管道演进网络架构的顶层设计方案,并在此基础上面向网络和市场实现了一系列技术实践应用,取得了良好成效,从而为运营商实施流量经营奠定了基础。

**关键词:**移动互联网;顶层设计;规模商用;PCC 架构

**doi:** 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.09.039

## A Top-Level Design and Deployment Practice for Mobile Internet Smart Pipe

Ding Jin

(Jiangsu Branch of China Telecom Co., Ltd., Nanjing 210017, China)

**Abstract:** In the mobile internet era, along with the rapid development of smart phones and the variation of user requirements, telecommunication operators meets more and more new challenges, for instance, network congestion happens more frequently, network resources are unfairly distributed, and revenue does not grow in step with network flows. Based on the PCC architecture, a scheme of top-level design and deployment practice for mobile internet smart pipe was proposed. Moreover the deployment practice has achieved good results, which would build solid foundation for the implementation of traffic flow based market operation.

**Key words:** mobile internet, top-level design, deployment practice, PCC architecture

### 1 移动互联网时代运营商面临的主要问题

移动互联网时代随着智能手机的快速发展和用户需求的不断变化,运营商面临着网络拥塞频发、资源分配不均、增量不增收和智能调度能力缺乏等问题。

#### (1) 智能手机快速规模发展

智能手机快速规模发展将成为移动互联网时代最鲜明的特征,围绕智能手机规模发展和流量经营的总体策略,需要运营商不断提升网络能力、创新优化手段。

#### (2) 网络资源分配不均

随着移动互联网数据业务迅速发展,网络资源分配不

均问题日益凸显;热点区域 P2P 业务不合理,过度占用带宽资源,无线网络拥塞严重,高价值用户或业务得不到 QoS 保障,用户体验下降。如何通过有效管控,合理分配网络资源,提升用户感知,已成为运营商迫切诉求。

#### (3) 运营商盈利模式亟需改变

移动互联网时代当用户数达到一定规模后,将不可避免地带来流量爆炸性增长,运营商扩大投资规模,而资费呈下降趋势,网络规模与业务收益呈现剪刀差,增量不增收,这就要求运营商转换盈利模式。

现有 3G 网络难以满足实施上述灵活策略管控的需求,因而构建智能管道,从用户层面和业务层面做到资源

可管、可控、可灵活调度已成为运营商的必然选择。

## 2 移动互联网智能化演进顶层设计总体思路

### 2.1 策略和计费控制架构

智能化已成为网络必然的演进方向,而如何落地实施则成为亟待解决的课题。智能管道要求的是灵活动态的调整,所有策略应能按照业务需求进行定制、修改,也可基于智能决策系统自动调整,使其能够更加贴近业务,更灵活地适配多变的业务环境。

策略和计费控制(PCC)架构如图 1 所示,为智能管道提供了可行之路。PCC 架构最早在 3GPP R7 中明确提出,旨在应对数据业务流量冲击,实现差异化、精细化管控和运营。

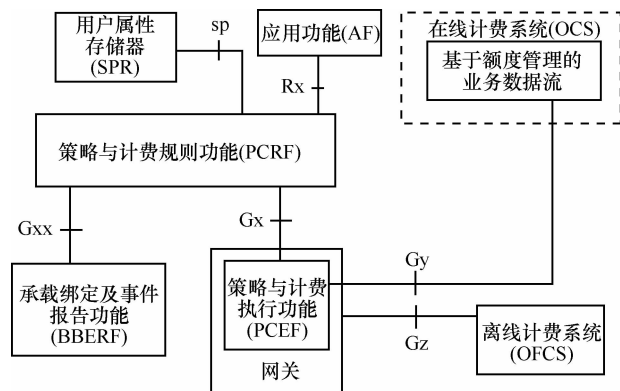


图 1 3GPP 标准 PCC 架构

PCC 架构是 3GPP 定义的动态策略和计费控制标准架构,主要是为了实现数据业务的差异化、精细化管控,为市场营销、运营策略提供网络技术支持;3GPP R11 PCC 架构包括 2 个主要的功能单元。

PCRF(policy charging and rules function)是策略控制动态/静态规则控制节点,产生针对业务流的策略控制机制,实现资源的动态预留,有效地利用网络资源,提升业务感知,网络更加智能。

PCEF(policy and charging enforcement function)是策略控制的执行实体,完成业务数据流检测,业务控制策略映射到 IP-CAN QoS 执行功能,通过 Gx 接口与 PCRF 交互,完成相关控制策略的获取、修改和删除等操作。

### 2.2 移动互联网 PCC 架构演进具体方案设计

#### 2.2.1 PCRF 系统基本功能设计

PCRF 系统按照 3GPP PCC 架构进行架构设计,该系统

属于控制层设备,位于应用层和承载层设备之间,向应用层提供承载层资源控制的手段,PCRF 网络示意如图 2 所示。

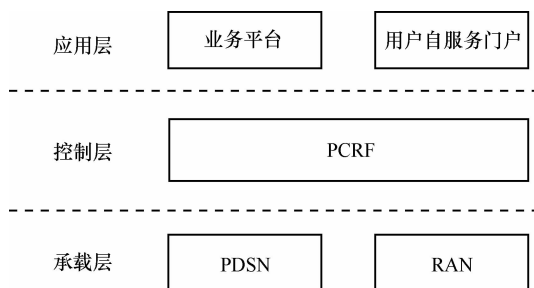


图 2 PCRF 网络示意

#### (1) 统一的应用程序接口

PCRF 系统参照 3GPP PCC 架构中的 Rx 接口,实现应用程序的统一接入。通过 PCRF 系统的应用程序接口模块,应用程序向 PCRF 系统传递业务信息、QoS 策略请求并接收来自 PCRF 系统的 QoS 策略实施结果。

#### (2) 多设备控制

PCRF 系统按照 3GPP PCC 架构中的 Gx 接口,实现 PDSN 设备的统一接入。PCRF 系统具有设备适配功能,对不同厂商的 PDSN 设备进行协议适配,保证相同的业务策略可以在不同的 PDSN 设备上实施。

#### (3) 个性化控制

用户可以通过 PCRF 门户进行策略订购、费用门限设置等,门户支持短信提醒功能,实时提醒用户业务使用量。

#### (4) 灵活的业务策略

与传统 IN/OCS/AAA 系统基于用户签约信息的业务策略控制相比,PCRF 系统将网络状况、用户实时属性等信息融入到策略控制过程中,实现了更加灵活的控制规则。

#### (5) 模块化设计

系统采用模块化设计,支持内部插拔式扩展,保证引入新的业务功能时,最大限度地减少代码修改。

#### 2.2.2 PCRF 与周边系统接口设计

PCC 虽然是业界一致认同的网络演进方向,但 3GPP 标准 PCC 规范仅定义了 PCRF 与 PCEF、AF 等网元间接口,并没有对 PCRF 与 IT 业务支撑系统等系统接口进行规范定义,因此即使按照标准 PCC 规范,网络侧部署 PCRF,仍无法受理产品套餐订购,无法同步用户订购信息,并不能真正具备现网生产能力。

本文提出的移动互联网智能管道顶层设计总体思路是以标准 PCC 架构作为演进方向,但创新地对标准 PCC 体系架构进行了扩展,将现网中 IT 业务支撑系统、无线网



管和 DPI 系统等纳入智能管道体系架构,提出并拟定了 PCRF 与 IT 业务支撑系统、无线网管和 DPI 等接口规范,在现网进行实施,验证了接口规范高效可行,从而能实现智能管道业务全流程打通。

#### (1) PCRF 与 IT 业务支撑系统接口

通过该接口,当用户订购/退订业务以及补卡时,IT 业务支撑系统实时地将用户信息抄送到 PCRF。

#### (2) PCRF 与无线网管系统接口

通过该接口,无线网管将无线侧 BSC/PCF 级网络流量负载情况实时传送给 PCRF;PCRF 根据忙闲情况生成网络侧调度策略。

#### (3) PCRF 与 DPI 接口

通过该接口,DPI 系统实时将网络侧流量 7 层分析数据,包括各种协议流量、用户行为信息、用户上网偏好信息等同步给 PCRF,PCRF 系统根据这些信息生成网络侧策略。此外外置 DPI 也作为 PCEF 的组成部分,执行 PCRF 下发的策略。

#### (4) PCRF 与业务平台接口

通过该接口,业务平台向 PCRF 系统发起应用保障请求,请求信息中携带业务标识、用户标识、QoS 保障等级信息。PCRF 系统对业务平台请求进行鉴权策略计算、策略下发,并返回策略实施结果。

#### (5) PCRF 与 PDSN 接口

PDSN 接口主要实现用户策略下发功能。策略下发根据 PDSN 厂商支持能力的不同实现方式有所不同。

### 2.2.3 PCRF 业务流程设计

(1) PCRF 实时从 IT 业务支撑系统获取用户签约信息,从无线网管获取无线话务数据,从外置 DPI 获取核心网侧统计数据,从业务平台获取业务信息;PCRF 根据用户签约信息、无线话务数据、核心网数据和业务信息等输入进行决策,生成控制策略。

(2) PCRF 将 QoS 策略及计费策略下发给 PCEF 和 DPI。

(3) PCEF 基于用户和业务类型进行调度或门控。

(4) PCEF 将 QoS 信息传递至无线侧,无线、核心网共同进行端到端的承载资源管理。

(5) PCF/BSC 按照 PCEF 下发的 QoS 参数进行无线资源的调度和管理。

### 2.2.4 PCC 策略控制维度设计

基于 PCC 架构的移动互联网智能管道策略控制可覆盖以下 3 个维度,如图 3 所示。

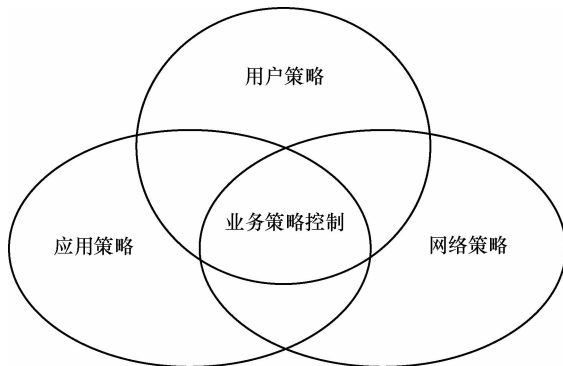


图 3 策略控制维度设计

#### (1) 基于用户策略的控制

根据用户的订购策略、用户等级和类型、设备终端类型、使用业务等信息进行灵活的策略控制。例如基于用户价值区隔的差异化 QoS 等级保障。

#### (2) 基于网络策略的控制

综合考虑网络忙闲情况和用户价值等级,部署差异化策略,达到提升用户体验、合理利用网络资源的目的。例如忙时忙区对低价值用户合理管控,保障其他高价值用户体验。

#### (3) 基于应用策略的控制

按照业务类型、CP/SP 等维度进行策略控制。例如对中国电信自营业务进行 QoS 保障,提升用户使用此类自营业务的体验。

## 3 移动互联网智能化演进应用实践

在依托 PCC 架构完成移动互联网络演进基础上,结合网络现状开展了对移动网络用户体验管理和差异化运营的技术创新实践:一方面实施了面向网络的资源调度,另一方面推出了面向市场的用户和业务维度 QoS 保障。

### 3.1 通过忙时忙区静态资源管控,实现面向网络的资源调配

现网热点小区存在高峰时段 P2P 等低价值业务流量不合理占用带宽造成浏览网页、观看视频不畅,用户体验下降现象。这类低价值业务流量,过度占用网络资源,导致网络拥塞,进而造成网络扩容压力增加,如何进行合理管控成为一项新课题。

依托网络智能化能力实施了忙时忙区静态 P2P 管控,即定期从无线网管提取 TOPN 忙小区,通过 CDMA 网 PDSN 设备上配置管控策略,实现对忙小区内等低价值用

户进行 P2P 业务限速,从而缓解网络拥塞,提升其他高价用户的使用体验。

3.1.1 实现原理和流程

- (1)无线网管将无线侧统计数据发送给 PCRF。
- (2)PCRF 按照无线提供的时隙利用率和吞吐量测算标准,对无线侧数据、外置 DPI 数据统计出需要管控的数据。
- (3)手动将需要管控的 BSID 信息同步到 PDSN 设备;手动将需要管控的 subnet 提交到外置 DPI 系统。

3.1.2 效果评估

选择火车站忙小区,在 10:00-20:00 高峰时,分别对铂金、金、银、铜不同等级用户进行限速,效果良好。忙时忙区 P2P 管控效果见表 1。

| 表 1 忙时忙区 P2P 管控效果 |               |                   |                         |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| 用户等级              | 策略带宽 (kbit/s) | 管控时段路测带宽 (kbit/s) | 业务使用效果                  |
| 铂金                | 128           | 124~129           | 网页浏览、在线视频、HTTP 下载使用流畅   |
| 金                 | 64            | 60~66             | 网页浏览、HTTP 下载、189 邮箱使用流畅 |
| 银                 | 32            | 32~44             | 网页浏览、189 邮箱使用流畅         |
| 铜                 | 16            | 12~19             | 网页浏览流畅                  |

测试时,非忙时铜牌用户使用迅雷下载速率可达 122.66 kbit/s,忙时铜牌用户使用迅雷下载速率降至 18.34 kbit/s。实施后用户投诉减少,网络负载明显减轻。

3.1.3 规模部署

PCRF 根据无线网管一周内忙时忙区原始数据统计各无线小区(wy\_bsid)忙次数,然后将分析出的无线小区关联对应的 bsid 与 sectorid,根据忙次数阈值≥14 筛选出最终需要管控的几百个 sectorid。某省忙区忙次数统计如图 4 所示。

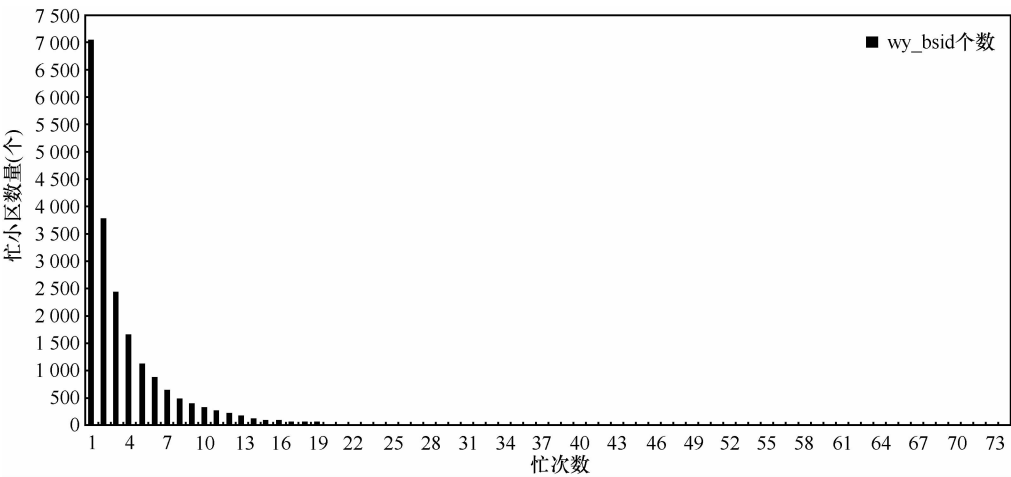


图 4 某省忙区忙次数统计(忙次数-wy\_bsid 个数)

3.1.4 规模部署效果评估

PCRF 分地市针对所有的 sectorid,分别统计每天 72 种协议(重点关注 P2P 和 HTTP)的流量,然后从以下两个方面进行效果对比。

(1)管控前后忙时忙区效果对比

4 月 25 日-27 日为管控前 3 天,5 月 2 日-4 日为管控后 3 天。将管控前与管控后数据进行统计分析后发现各协议流量变化规律。每天忙时段(12:00-14:00, 18:00-24:00)管控前 3 天与管控后 3 天的统计对比数据如表 2 所示。

实施管控后 P2P 业务流量占比下降,HTTP 业务流量占比上升,管控效果达到预期目标。全省忙时忙区每天流量变化趋势如图 5 所示。

通过全省忙时忙区(12:00-14:00, 18:00-24:00, 891 个 sectorid)4 月 25 日-5 月 13 日流量变化趋势可以看出,HTTP 的上升流量弥补了 P2P 的下降流量,因此全省忙时忙区每天总流量是上升的。

(2)全省每天 24 h 总流量变化趋势

统计 4 月 26 日-5 月 13 日全省每天 24 h 所有协议总流量变化趋势,以折线图方式表现总流量变化趋势,如图 6 所示。

根据全省每天 24 h 流量变化趋势,可以发现每天总流量不会因为忙时段 P2P(每天忙时段:12:00-14:00, 18:00-24:00, P2P 被控制)被管控而影响每天总流量。

静态管控效果明显,有效防范了网络流量拥塞,实现了网络资源合理调配。

3.2 通过忙时忙区动态资源管控,实现动态准实时资源调配

3.2.1 动态 P2P 管控原理

忙时忙区静态 P2P 管控虽然能对拥塞小区起到疏通



表 2 管控前后忙时忙区流量对比

| 地区    | 忙时总流量(TB)        |                | 忙时业务流量占比     |      |            |      |
|-------|------------------|----------------|--------------|------|------------|------|
|       | 4月25日-27日<br>管控前 | 5月2日-4日<br>管控后 | 4月25日-27日管控前 |      | 5月2日-4日管控后 |      |
|       |                  |                | P2P          | HTTP | P2P        | HTTP |
| 地市 1  | 1.199            | 1.280          | 41%          | 46%  | 32%        | 51%  |
| 地市 2  | 0.956            | 1.158          | 39%          | 47%  | 31%        | 54%  |
| 地市 3  | 1.218            | 0.990          | 33%          | 51%  | 24%        | 60%  |
| 地市 4  | 0.589            | 0.629          | 39%          | 48%  | 30%        | 54%  |
| 地市 5  | 0.545            | 0.595          | 30%          | 53%  | 23%        | 59%  |
| 地市 6  | 0.379            | 0.451          | 39%          | 45%  | 31%        | 53%  |
| 地市 7  | 0.312            | 0.319          | 36%          | 47%  | 24%        | 57%  |
| 地市 8  | 0.313            | 0.373          | 32%          | 51%  | 24%        | 59%  |
| 地市 9  | 0.199            | 0.233          | 34%          | 49%  | 22%        | 59%  |
| 地市 10 | 0.179            | 0.206          | 40%          | 48%  | 26%        | 57%  |
| 地市 11 | 0.108            | 0.144          | 37%          | 49%  | 32%        | 55%  |
| 地市 12 | 0.129            | 0.129          | 36%          | 54%  | 27%        | 58%  |
| 地市 13 | 0.070            | 0.063          | 31%          | 46%  | 31%        | 49%  |

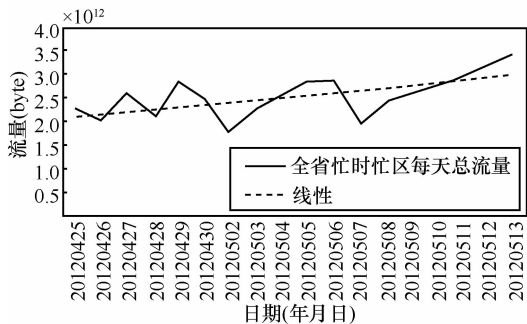


图 5 全省忙时忙区每天流量变化趋势

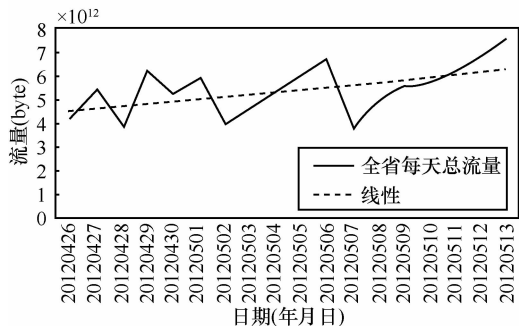


图 6 全省每天 24 h 流量变化趋势

作用,但以无线话务历史经验值作为判断依据,存在忙区更新不及时、操作不灵活、工作量较大等短板,实时性与准确性较差。为此笔者提出了动态从无线网管提取原始数据,如无线话统分析数据、基站流量分析数据等。按照预定义分析模型进行关联比对、分析统计,并自动生成管控脚本,实时下发流量管控指令,从而实现动态 P2P 管控。

### 3.2.2 动态 P2P 管控流程

通过对无线网管、外置 DPI 的原始数据统计忙小区,自动通过 PDSN、外置 DPI 配置实现忙时忙区 P2P 流量管控。具体为 PCRF 与无线网管对接,收集小区繁忙原始数据;PCRF 与外置 DPI 对接,收集小区 P2P 流量原始数据;PCRF 导出配置脚本,直接向 PDSN/外置 DPI 下发 3 个步骤。动态 P2P 管控具体流程如图 7 所示。

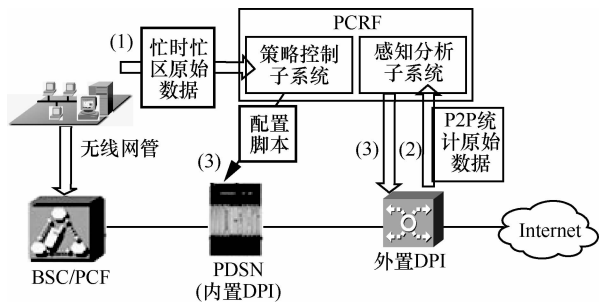


图 7 动态 P2P 管控具体流程

### 3.2.3 动态 P2P 管控效果评估

采用 PCRF 和外置 DPI 开始进行动态准实时忙时忙区的预判及管控;对比 P2P 管控前后 HTTP、P2P 所占百分比及总流量见表 3。

从表 3 中能发现管控后 P2P 流量占比下降,HTTP 流量占比上升,管控效果较明显。

### 3.3 面向业务维度的高价值 QoS 保障

当前移动互联网业务和产品趋于同质性,如何才能提升高价值业务特别是运营商自营业务感知,打造差异化竞

表 3 动态 P2P 管控效果

| sectorid | 管控前      |           |         | 管控后      |           |         |
|----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|---------|
|          | P2P 流量占比 | HTTP 流量占比 | 总流量(GB) | P2P 流量占比 | HTTP 流量占比 | 总流量(GB) |
| sector 1 | 63%      | 23%       | 16.7    | 31%      | 58%       | 16.4    |
| sector 2 | 63%      | 23%       | 46.4    | 30%      | 48%       | 39.9    |
| sector 3 | 43%      | 45%       | 19.1    | 31%      | 51%       | 18.9    |

争力从而带动自营业务规模发展?

本文基于智能管道能力提出了面向业务维度高价值 QoS 保障策略体系,解决了 QoS 保障机制定制化难题。构建终端应用触发、PCEF 触发和业务平台触发等 3 种策略触发模式;对使用运营商自营业务用户,在用户使用自营业务时,PCRF 自动将用户 QoS 等级提升为金牌,以提升用户使用体验,从而助力运营商自营业务推广。

3.3.1 原理和流程

自营业务 QoS 保障业务流程如图 8 所示。

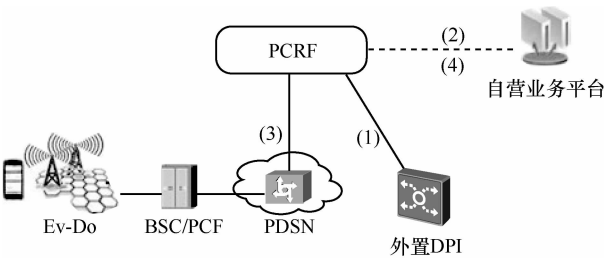


图 8 自营业务 QoS 保障业务流程

- (1)外置 DPI 抄送用户上下线信息到 PCRF(计费开始,中间,结束);
- (2)用户使用自营业务,自营业务平台发送业务使用开始消息到 PCRF;
- (3)PCRF 通过 Gx 接口, 动态实时提升用户等级至金牌;
- (4)用户使用业务结束,自营业务平台发送业务使用结束消息到 PCRF。

3.3.2 效果评估

选择某忙小区进行运营商自营业务 QoS 提升效果评估测试,使用两个手机(分别是铜牌用户、金牌用户)观看视频业务,铜牌用户观看的视频频繁出现模糊的现象,停顿现象比较明显,平均速率为 10 kbit/s;而金牌用户观看的视频一直清晰流畅,平均速率为 60 kbit/s,未出现任何模糊现象。多次重复以上测试,均出现同样的效果。面向业务维度 QoS 保障效果对比如图 9 所示。

3.4 面向用户维度的高价值 QoS 保障

移动互联网时代如何才能提升高价值用户感知,体现



图 9 面向业务维度 QoS 保障效果对比

用户感知差异化? 依托网络智能化能力实施了对新入网用户差异化 QoS 保障,由营业厅前台人员为新入网用户开通 10 天免费金牌体验服务。当用户上网时 PCRF 实时提升 QoS 至金牌。10 天体验期满,系统自动取消该服务。

3.4.1 原理和流程

新入网用户 10 天 QoS 体验业务流程如图 10 所示。

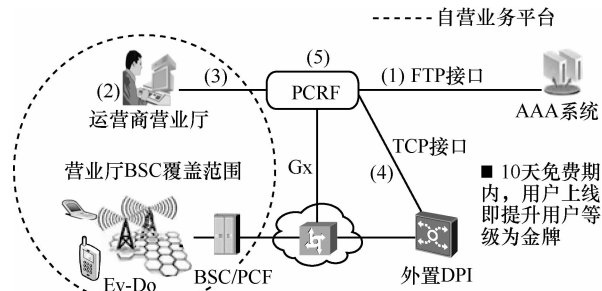


图 10 新入网用户 10 天 QoS 体验业务流程

- (1)营业员通过 PCRF 的 portal,为新入网用户开通为期 10 天的免费金牌服务;
- (2)外置 DPI 抄送用户上下线信息到 PCRF(计费开始,中间,结束);
- (3)PCRF 检查上线用户是否新入网用户,如果是新入网用户并且免费体验时间未失效,则修改用户等级为金牌;



(4)PCRF 通过 Gx 接口,动态实时提升用户等级至金牌;

(5)PCRF 通过定时任务,检测是否有已经到达失效时间的金牌用户,如果有该类用户,PCRF 更新用户等级为铜牌用户。

### 3.4.2 效果评估

经评估,在营业员为用户成功开通金牌免费 QoS 体验后,在免费期 10 天内,PCRF 实时为该号码提升至金牌等级,当用户处于无线忙区时,则该用户(金牌)体验明显高于普通(铜牌)用户,特别是视频或下载效果要优于普通用户。现网规模商用效果良好。

## 4 结束语

本文依托 PCC 架构进行了移动互联网智能化演进有益探索,从做好网络架构顶层设计入手,开展移动互联网智能化应用实践,不仅实现了面向网络的资源合理调配,而且实现了面向市场的针对高价值用户和业务的 QoS 保

障,取得了良好效果。随着网络设备执行策略能力越来越强,管道智能化能力也必定不断增强。以 PCRF 为全网策略控制核心,全网协同的智能化移动互联网已真正成为运营商实施流量经营战略目标的基石。

## 参考文献

- 1 3GPP TS 23.203. Policy and Charging Control Architecture, 2013
- 2 3GPP TS 29.212. Policy and Charging Control over Gx Reference Point, 2013

### [作者简介]



丁晋,男,中国电信股份有限公司江苏分公司操作维护中心数据传输维护部工程师,负责 PCRF 平台维护,主要从事智能管道演进研究工作。

(收稿日期:2013-06-03)

(上接第 193 页)

建 PCRF 网元,未来引入 LTE 后,可由 PCRF 统一进行策略控制。

## 5 结束语

移动互联网对传统电信运营商的冲击已日趋严重,运营商部署智能管道迫在眉睫。中国电信在充分分析研究现有技术方案、厂商设备能力与现网实际需求的基础上,提出基于 PCC 架构的重点业务保障方案,为自营业务与第三方合作业务提供差异化 QoS 保障,显著提升了用户业务感知、增加用户黏性、助推流量经营战略,也为后向收费提供基础网络能力。PCC 架构的搭建也保证了未来 CDMA、LTE 甚至 WLAN 的多网协同与融合,促进了网络的平滑演进与业务感知的一致性。

## 参考文献

- 1 李沛. CDMA 系统的无线资源管理中的关键技术研究. 北京邮电大学博士学位论文, 2006
- 2 Soleimanipour M, Zhuang W, Freeman G H. Optimal resource management in wireless multimedia wideband CDMA systems. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2002(2)
- 3 Richardson P, Sieh L, Ganz A. Quality of service support for

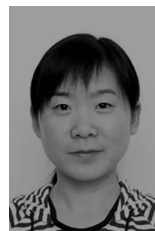
multimedia applications in third generation mobile networks using adaptive scheduling. Real-Time Systems, 2001(3)

- 4 3GPP TS 23.203 V11.2.0. Technical Specification Group Services and System Aspects; Policy and Charging Control Architecture, 2011

### [作者简介]



罗涛,男,中国电信股份有限公司北京研究院工程师,主要研究方向为 CDMA 核心网分组域、LTE EPC、PCC 技术等。



毛聪杰,女,中国电信股份有限公司北京研究院高级工程师、核心网研究室主任,主要研究方向为移动核心网、IP 网络、LTE EPC 等。

(收稿日期:2013-06-04)