

# 基于用户价值的LTE网络 差异化QoS策略实施的研究

Research on Implementation of Differentiated QoS Strategy for LTE Network  
Based on User Value

许强, 郭威, 常艳生(中国联通河南省分公司, 河南 郑州 450008)

Xu Qiang, Guo Wei, Chang Yansheng (China Unicom Henan Branch, Zhengzhou 450008, China)

## 摘要:

运营商各种不限量套餐的大规模推出导致LTE网络负荷急剧增加,加剧了存量用户对资源的竞争,在资费不断走低的趋势下,网络中长期存在的较高套餐的用户是运营商重要的利润来源,通过差异化QoS服务策略的实施,保障高价值用户的业务感知。

## 关键词:

差异化服务; QoS; 调度因子; PCRF

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.06.020

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

文章编号: 1007-3043(2019)06-0088-05

## Abstract:

The large-scale launch of various unlimited traffic packages has led to a sharp increase in the load on LTE network, which has intensified the competition of the resources of the existing users. Under the trend of constant downward tariffs, the users of high-end packages that exist in network for a long time are important cornerstone of operators' profit sources. Through the implementation of differentiated QoS, the service perception of high-value users is ensured.

## Keywords:

Differentiated services; QoS; Scheduling factor; PCRF

**引用格式:** 许强, 郭威, 常艳生. 基于用户价值的LTE网络差异化QoS策略实施的研究[J]. 邮电设计技术, 2019(6): 88-92.

## 0 引言

当前各种王卡、冰激凌等不限流量用户发展迅速,致使LTE网络扩容压力激增,同时流量单价的大幅下降,部分用户ARPU已经低于流量成本线。现有用户对流量、价格、服务品质的需求已有较大差异,仅以业务量的多少对全部客户进行简单化、单维度、普惠型的服务保障,已经不能满足发展和管理需要,必须从“质”的维度增加服务保障策略。高端用户是运营商的收入基石和主要的利润之源,尤其在移动市场竞争白热化的态势下,保证高价值用户的在网率显得更加重要,运营商需要转变重量不重质的发展思路,通过差异化的业务质量服务的手段,提升高价值用户

的业务体验。

通过对现网移动数据使用情况的分析对比,发现移动数据约80%的流量是由低价值用户产生的,占用了大量网络资源,由于HSS中所有用户签约QoS策略都是一致的,贡献利润最大的20%高价值用户和普通用户在业务感知度方面没有区别,其业务感受并没有因高ARPU值而得到较高的业务使用体验和保障,其业务质量满意度在NPS调查方面呈现逐步下降趋势。在无线资源有限和市场竞争激烈的情况下,做好高价值用户的业务质量保障已成为提升网络投资回报率的重点工作,也是今后网络精细化运维优化的方向。

## 1 基于用户价值的差异化QoS策略

### 1.1 LTE QoS主要参数

LTE网络中不同的QoS代表着不同业务服务质量

收稿日期: 2019-03-27

等级, QoS主要通过预先配置在网络中的QCI和ARP 2个参数来实现。

服务质量等级标识(QCI)是一个标度值,用于衡量特定的提供给服务数据流(SDF)的包转发行为(如丢包率、包延迟预算),它同时应用于GBR和Non-GBR承载,用于指定访问节点内定义的控制承载级分组转发方式(如调度权重、接纳门限、队列管理门限、链路层协议配置等),3GPP协议中LTE系统定义了9种常用标准QCI。

分配和保留优先级(ARP):主要应用于接入控制,在资源受限的条件下,决定是否接受相应的Bearer建立请求,同时应用于GBR和Non-GBR承载。一个承载的ARP仅在承载建立之前对承载的建立产生影响,承载建立之后的QoS特性,应由QCI、GBR、MBR等参数来决定。3GPP协议规定ARP有15个等级,取值为1~15,1为最高优先级,除了等级参数外,ARP里还有抢占能力(Pre-EmptionCapability)和被抢占能力(Pre-EmptionVulnerability)2个参数。

## 1.2 差异化 QoS 策略

差异化 QoS 策略需要 EPC 核心网和无线 eNodeB 协同实施,通过核心侧的策略下发,在无线接入侧对空口资源进行调度分配,优先保证高价值用户的接入,或者赋予高价值用户体验较好的保障业务速率。为方便后续描述,将高价值用户简称为VIP用户,实施下发策略的小区简称为保障小区,保障小区归属的eNodeB简称为保障基站。

### 1.2.1 静态方式

通常HSS中配置有LTE用户的QoS参数模板,定义具体的QCI值、ARP值和业务接入速率,没有特殊要求下,全网用户一般使用的都是统一的QoS值。如果需要针对VIP用户做业务质量保证,可通过在HSS中定义新的QoS模板,配置较高等级的ARP和QCI。由于较普通用户的QoS等级高,VIP用户在网络内的传输接入时延和资源分配会得到优先保障,从而得到更好的业务体验。因为用户签约的属性,所以无论何时何地,高等级用户接入的优先级始终会高于普通用户。

### 1.2.2 动态方式

动态方式指通过PCRF来动态下发不同的QoS策略(见图1)。根据不同的业务质量场景,在PCRF中配置相应的QoS模板,用户在触发业务时,通过PCRF向SPR查询是否为订阅用户,符合条件就由PCRF来执行下发相应的策略配置。通过动态方式可以依据网络的情况,实现基于区域、建立业务专载通道等多种QoS保障,更加灵活地调度实施差异化的业务服务质量保障。

### 1.2.3 策略实施的选择

采用静态方式,不论移动无线网络资源负荷如何,QoS签约等级较高用户的业务接入和带宽会优先保证。在当前移动业务行为场景复杂多变的情况下,单纯采取静态方式并不能适应网络变化和用户感知变化的需求,所以更多是采用动态方式或动静结合的

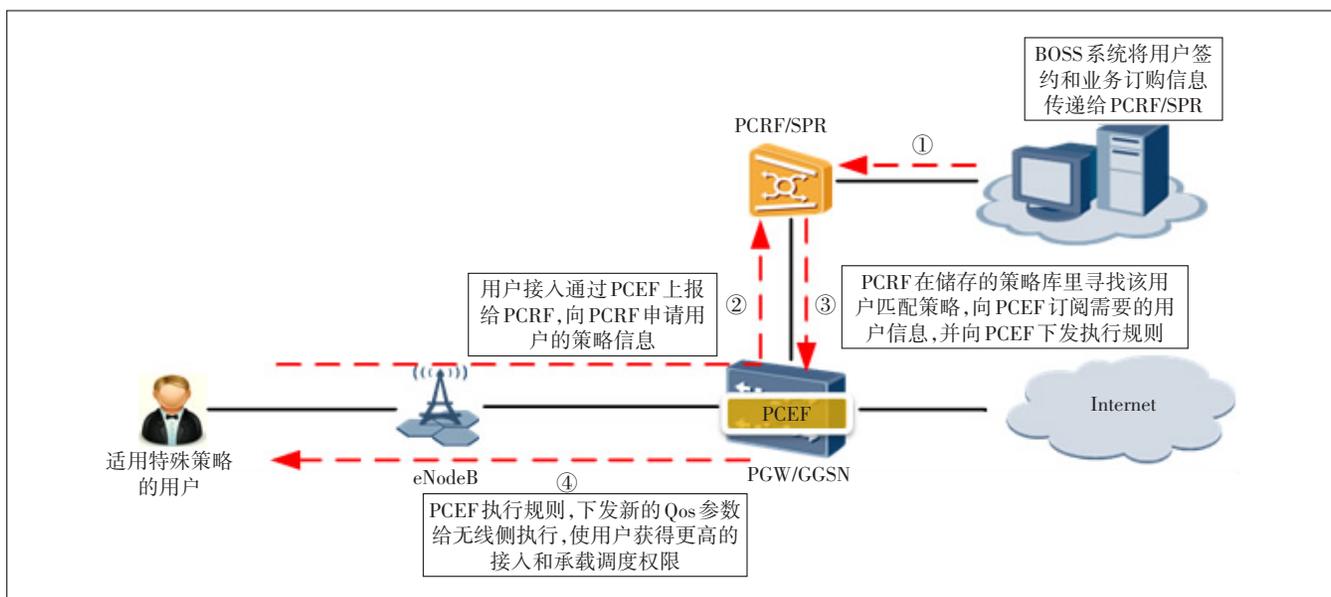


图1 动态方式QoS策略实施典型工作流程

方式来保证差异化服务质量。实施差异化QoS服务的目的是优先保障VIP用户的使用感知,但并不是完全以牺牲普通用户感知为代价,所以本文重点研究动态方式差异化QoS策略的实施,并对其效果进行评价,给出无线资源调度的合理配比。

## 2 现网动态差异化QoS测试方案

### 2.1 测试场景

选取数个高流量话务小区,预先在PCRF配置基于小区位置下发的QoS策略,在SPR中签约测试VIP用户号码信息,保障基站中配置基于QCI的差异化调度参数。VIP用户移动到保障小区时,PCRF依据PGW/GGSN上报的小区ECGI信息匹配后下发策略,保障基站收到新的QoS后,对相关小区执行差异化的调度配置。具体流程如下。

a) 用户接入的认证。终端通过eNodeB向EPC网络上报其所处位置,PCRF收到PGW上报的接入请求中携带有用户的位置信息,PCRF向SPR发起查询请求,查询是否为签约用户。

b) 策略事件订阅。用户认证通过后,PCRF根据签约信息,向PGW下发订阅的相关策略模板,PGW记录并存储用户的测试事件。

c) QoS策略执行。PCRF根据当前上报的位置信息进行匹配,如果符合就下发对应的QoS策略,PGW收到QoS变化的请求随即发起修改承载的流程,将新的QCI和ARP传递给eNodeB。

d) eNodeB根据新的QCI和APR,执行差异化的调度策略。

e) 如果用户没有签约,或者上报的位置信息没有匹配,PCRF会通知PGW不进行QoS变更,用户仍旧沿用签约默认的QoS。

### 2.2 关键技术点及方案采用

#### 2.2.1 小区位置的上报实现

PCRF收到的小区信息是由PGW通过Gx接口上报的,PGW本身是无法感知用户位置变化的,需由MME将位置信息通过SGW传递给PGW。当前网络中MME一般都是池组化组网,有利于减少intra TAU的信令,在同一池组内进行基于小区的切换时,MME不上报位置信息,因为开启且实时上报小区位置信息,将在全网产生巨量的信令负荷,对网络设备带来巨大冲击,可采用以下2种方式解决。

a) 基于X2切换上报ECGI。eNodeB之间部署X2接口,发生eNodeB之间切换时,目标eNodeB会发送Path Switch Request消息给MME请求S1-U GTP tunnel指向目标eNodeB,在消息中携带有小区的ECGI信息。但有时会出现策略实施不生效的场景:假使VIP用户进入保障基站下的非保障小区,或者在非保障小区重启终端,此时VIP用户携带的是和普通用户一样的默认签约QoS,后续移动到保障小区,由于MME对于小区切换的变化是不上报的,造成PGW无法更新ECGI信息,即使进入保障小区,PCRF也无法执行策略下发。解决办法是在PCRF中将保障基站下所有小区都进行配置(见图2),这样在整个保障基站下的小区内VIP用户始终携带下发的QoS参数,只要移动到保障小区,相应配置便能够触发。这种做法的缺点是扩大了不必要保障的范围,PCRF上需要增加的数据量也

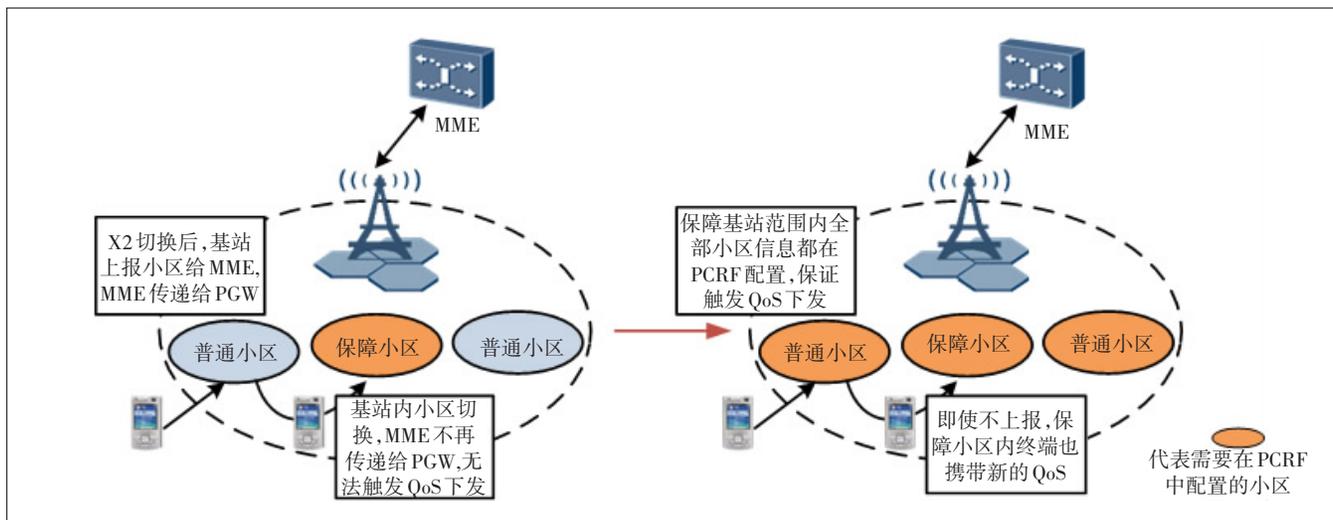


图2 无法触发位置上报的场景及解决办法

较多。

b) 基于PRA(Presence Reporting Area)上报ECGI。PRA所处上报区域,即预先定义需要上报的小区列表,当UE触发PRA或PRA状态发生变化时,MME将ECGI信息立即通知PGW(PCEF)。为实现基于PRA上报位置信息,EPC网元需要进行相关配置(见表1),通过PRA功能可实现精准化的ECGI上报,但要对应网元进行配置,网络改造的工作量较大。

表1 EPC网元PRA配置

网元	PRA配置说明
MME	定义Predefined PRA id及list配置、PRA监控、UE所在PRA状态改变时立即通知PCEF
PGW(PCEF)	增加PRA event trigger的识别,将PCRF的Event trigger发送给MME,将MME上报的PRA状态情况及时转发给PCRF。PCEF根据PCRF订阅的PRA来向MME激活PRA event trigger。PCEF只从PCRF获取Predefined PRA id或者UE dedicated PRA id&list
PCRF	增加PRA event trigger,向PCEF下发Predefined PRA id和/或UE dedicated PRA id&list,PCRF只在初始IP-CAN会话建立过程中向PCEF提供Predefined PRA id或者UE dedicated PRA id&list,PCRF可在任何时候激活PRA event trigger

### 2.2.2 无线QoS控制方法

#### 2.2.2.1 基于ARP的QoS控制

ARP是分配保持优先级,该参数标识了承载的抢占或者被抢占属性,在资源受限情况下,eNodeB可以根据ARP决定是否接受一个承载建立/修改请求;在发生拥塞时,eNodeB可以根据ARP决定释放掉某一个或者多个承载。

#### 2.2.2.2 基于QCI的QoS控制

对于GBR承载类型,eNodeB基于GBR QoS满意率/PRB准入策略和ARP决定是否接受GBR业务的接入请求;在上行和下行调度时需要优先保证GBR业务的速率和时延。对于Non-GBR承载类型,eNodeB不保证Non-GBR业务的速率和时延,但可以基于不同QCI配置差异化的调度参数,让被保障用户获得尽可能高的速率。

#### 2.2.3 试点方案的技术采用

a) 现网已经部署X2接口,考虑最大程度减少对EPC网络的改动,采用基于X2切换上报小区的ECGI位置信息,在PCRF上配置保障基站的全部小区ECGI值。

b) 无线QoS控制方面,ARP主要定义了用户在使用GBR业务时接入和抢占能力,而QCI主要定义了用户在业务过程中的调度优先级、决定了用户的速率和

时延感知。由于当前网络中GBR业务占比很低,因此可通过基于QCI的QoS控制来保障VIP用户的差异化感知。

c) VIP用户、普通用户HSS均签约QCI=8,PCRF下发的VIP用户QCI=6。

d) 无线参数启用差异化服务,普通用户默认承载QCI=8,VIP用户QCI=6,这种情况下可以保证VIP用户在网络负荷较高时更有可能达到较高速率。基站对不同QCI差异化配置“调度优先级加权因子”,该参数设置的越大,对应QCI的上下行业务调度优先级越高,其业务速率越能得到优先保证(见表2)。

表2 保障基站不同调度权重参数配置

用户等级	VIP用户 QCI=6	普通用户 QCI=8
上下行调度权重 1	2	1
上下行调度权重 2	4	1
上下行调度权重 3	10	1

## 3 实施效果评估及建议

### 3.1 效果评估

通过S1-MME接口信令跟踪,X2切换后PGW成功接收到ECGI变化,PCRF能够成功匹配保障小区并把QCI=6的策略下发给无线侧。

为了充分验证不同负荷、不同无线环境下的保障效果,本文选择高负荷(≥85%)、中等负荷(50%~60%)和低负荷(<30%)小区等3类场景,在覆盖好、中、差点验证不同调度权重配置下高价值试验用户的速率感知保障效果及对普通用户的影响。

#### 3.1.1 低负荷小区差异化实施效果

图3给出了低负荷小区实施效果。好、中、差点在1:1、2:1、4:1、10:1 4种配比下,FTP下行速率基本与配置一致;在2:1、4:1时,保障VIP用户的同时、普通用户速率也均在6 Mbit/s以上,但在10:1时,普通用户速率较低。

#### 3.1.2 中负荷小区差异化实施效果

图4给出了中负荷小区实施效果。好、中、差点在1:1、2:1、4:1、10:1 4种配比下,FTP下行速率基本与配置一致。在2:1时,保障高价值用户的同时、普通用户速率在差点也在4 Mbit/s以上,但4:1、10:1时,普通用户在覆盖差点速率很低。

#### 3.1.3 高负荷小区差异化实施效果

图5给出了高负荷小区实施效果。好、中、差点在1:1、2:1、4:1、10:1 4种配比下,FTP下行速率基本与

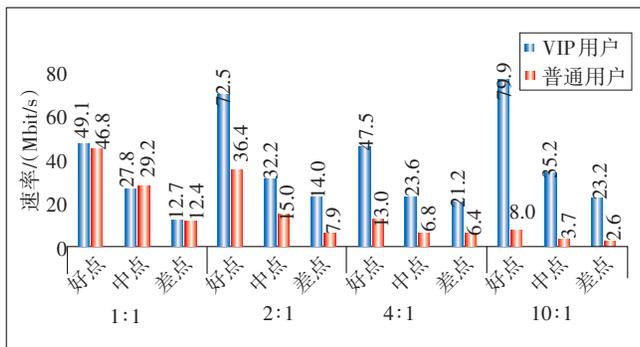


图3 低负荷不同调度权重DL速率

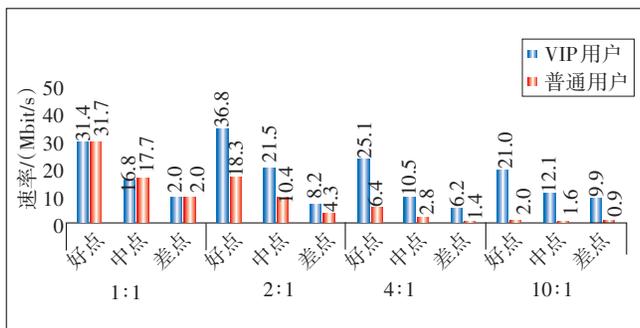


图4 中负荷不同调度权重DL速率

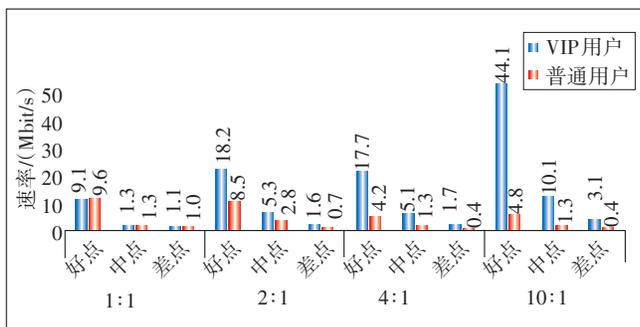


图5 高负荷不同调度权重DL速率

配置一致。但由于负荷高,高价值用户和普通用户差点速率均无法得到较好保障。

综合3.1.1~3.1.3可知:为了平衡高价值用户和普通用户的感知,建议两者“调度优先级加权因子”的配比为2:1。

### 3.1.4 高负荷小区最低保障速率验证

测试中发现在高负荷小区下,若VIP用户、普通用户的“调度优先级加权因子”配置为2:1时,在中、差点VIP用户的速率较低。为了验证该场景下对VIP用户的速率保障能力,修改了高价值用户(QCI=6)的“下行最小保证速率”,由8 kbit/s修改为4 096 kbit/s后,用户的速率均保持在4 000 kbit/s以上。但此时,普通用户的下行速率只有200~500 kbit/s。

## 3.2 策略网络部署建议

从以上验证效果来看,通过PCRF和无线网配合,对VIP用户下发较高等级QCI,适配不同的调度参数,可以实现对VIP用户较高的速率保障。主要结论如下。

a) “调度优先级加权因子”配比为2:1可以实现高价值用户的速率保障并平衡普通用户感知,但在高负荷小区下效果不佳。当小区负荷较高时(下行PRB利用率 > 85%),差异化策略已无法兼顾普通用户感知,需要通过小区扩容来解决。

b) 在高负荷场景下,可以适当修改“上下行最小保证速率”来保障高价值用户的速率感知。但负荷较高时容易造成GBR业务接入拥塞,需慎重使用。

c) 差异化QoS实施前,需要提前统一全网默认签约QoS参数,避免不同区域用户规则不一致影响实施效果。

## 4 结束语

随着自动化运维技术的发展,可以运用IT手段将策略下发和无线网动态负荷数据适时联动,实现更加智能、敏捷的QoS调整和部署,以适应网络的快速发展和变化。同时,差异化QoS的网络服务可以与业务发展联动,形成完善的差异化产品和服务能力,比如游戏加速、视频加速等,实现价值服务的变现,挖掘网络的增值潜力,为运营商提供新的利润增长点。

## 参考文献:

- [1] 赛西亚,陶菲克,贝克. LTE/LTE-Advanced——UMTS长期演进理论与实践[M]. 马霓,夏斌,译. 北京:人民邮电出版社,2012.
- [2] GOMEZ G, SANCHEZ R. 蜂窝网络的端到端服务质量和用户体验质量:概念、架构以及性能优化[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [3] 袁鹏辉,龙彪,陈洁. LTE网络引入PCC的业务保障策略分析[J]. 电信科学,2012(11):29-31.
- [4] Policy and charging control architecture: 3GPP TS 23.203[S/OL]. [2018-12-01]. ftp://3gpp.org.
- [5] 3GPP System Architecture Evolution: Report on Technical Options and Conclusions: 3GPP TR 23.882[S/OL]. [2018-12-01]. ftp://3gpp.org.
- [6] 王小建. 基于区域的业务流QoS保障方案探讨[J]. 信息通信, 2018(6):235-236.

### 作者简介:

许强,高级工程师,主要从事无线网络优化工作;郭威,高级工程师,主要从事移动分组网维护工作;常艳生,高级工程师,主要从事移动分组网管理调度工作。