

基于5G异构网络的数据路由改进设计

蔡卫红,张耀辉,李 聪

(湖南邮电职业技术学院,湖南长沙 410015)

【摘要】为降低5G网络负载,通过将Wi-Fi AP等Non-3GPP设备的数据流路由到5G核心网络来进行计费。通过改进UPF设计,以网络切片方式将数据分发到Non-3GPP网络,让从3GPP切换至Non-3GPP的数据不再经由5G核心网,而是直接路由到Wi-Fi AP目的地,使得Non-3GPP网络的数据流路由路径缩短。反之,当从Non-3GPP切换至3GPP时,所监测数据遣返至UPF作统计,从而提高整体网络通信效率。

【关键词】5G;异构网络;路由

【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2023.01.001】

【中图分类号】TN929.5

【文献标识码】A

【文章编号】2095-7661(2023)01-0001-05

Improved Design of Data Routing Based on 5G Heterogeneous Network

CAI Wei-hong, ZHANG Yao-hui, LI Cong

(Hunan Post and Telecommunication College, Changsha, Hunan, China 410015)

Abstract: To reduce the 5G network load, data streams from non-3GPP devices such as Wi-Fi AP are routed to the 5G core network for billing. In this paper, by improving the UPF design, data is distributed to the non-3GPP network in the way of network slicing, so that the data switched from 3GPP to Non-3GPP is no longer routed through the 5G core network, but directly routed to the Wi-Fi AP destination, so that the data flow path of the Non-3GPP network is shortened. On the contrary, when switching from non-3GPP to 3GPP, the monitored data will be returned to UPF for statistics, thus improving the overall network communication efficiency.

Keywords: 5G; heterogeneous network; routing

5G系统通过SDN和NFV设计来满足移动用户不同业务应用需求,随着移动用户业务需求的变化和用户设备的增加,网络数据流也随之增加,过去使用UPF功能时,Non-3GPP设备须将网络数据流传至5G UPF作集中处理,这将使UPF的负载变得越发沉重^[1]。因此,本文提出一种基于网络切片的数据流量监控流程,将原本在UPF的监测功能改放到Wi-Fi AP中,以降低UPF的能源损耗及负载^[2]。

1 5G系统架构及流程

1.1 5G原有支持Non-3GPP架构

图1为原有5G支持Non-3GPP架构图,UE通过Non-3GPP设备如Wi-Fi AP进入5G系统,从而

使用5G网络所提供的功能。UE通过Non-3GPP可信设备连接N3IWF(Non-3GPP互通架构),并通过N3IWF进入5G系统进行注册并建立连线^[3]。

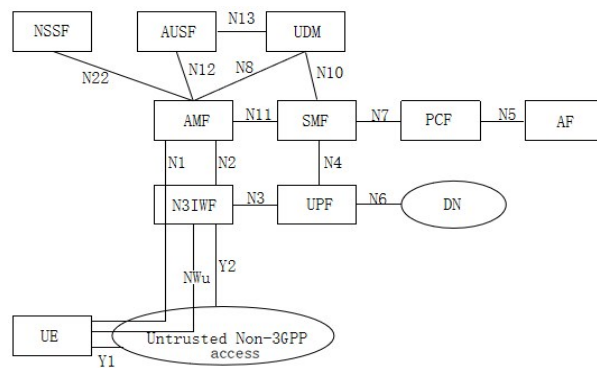


图1 5G系统Non-3GPP架构图

【收稿日期】2022-10-19

【作者简介】蔡卫红(1971—),男,湖南益阳人,教授,硕士,研究方向:5G移动通信、移动终端。

【基金项目】2021年湖南省教育厅科学研究项目“基于eMMB应用场景的5G移动核心网切片关键技术研究及实践”(项目编号:21C1406)。

1.2 3GPP和Non-3GPP间切换流程

3GPP 和 Non-3GPP 间切换流程分为从 Non-3GPP切至3GPP、从3GPP切至Non-3GPP两种。

1)从 Non-3GPP切至3GPP的流程分三步:若 UE 尚未通过 3GPP 注册,则会先通过 Registration via 3GPP access 流程来进行 3GPP 注册;UE 使用 PDU 会话 ID 通过 PDU session establishment procedure 流程执行 PDU 会话建立;通过执行 Release of Non-3GPP access resource 流程来实现 Non-3GPP 接入资源的释放,以便通过源 Non-3GPP 访问接入来释放资源^[4-5]。

2)从 3GPP 切至 Non-3GPP 的流程分三步:通过 Registration via untrusted Non-3GPP access 执行 Non-3GPP 注册流程;通过 PDU Session establishment procedure 流程来建立 PDU 会话;通过 Release of 3GPP access resource 流程来实现 3GPP 资源释放。

1.3 系统架构及流程改进

1.3.1 系统架构改进

原设计无论采用 3GPP 还是 Non-3GPP 接入,都由 UPF 执行数据流量监测,因而使 UPF 负载大增。本文将针对 Non-3GPP 接入时数据流量监测进行改进,将数据流量监测功能由 UPF 设备转至 Wi-Fi AP 设备,使 Wi-Fi AP 设备与 DN 直连传递数据,从而降低 UPF 设备负载,且减少数据传送所需经过节点数^[6],如图 2 所示。

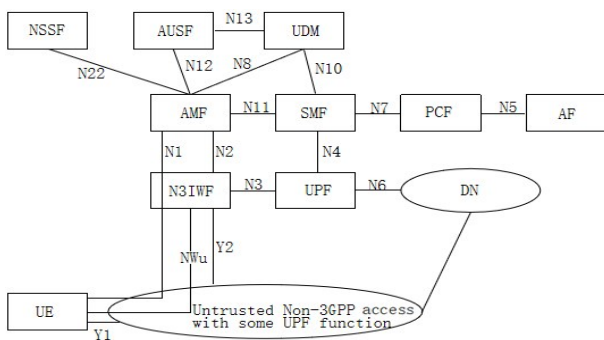


图2 5G系统改进架构图

1.3.2 流程改进

本文流程改进均在PDU会话建立流程上作更改。

1)从 Non-3GPP 切换至 3GPP 流程改进。图 3 为本文所提出的从 Non-3GPP 切换至 3GPP 的改进流程图。其改进方法是在原流程 PDU session establishment procedure 后新增 Return monitor data from Wi-Fi AP to UPF, 流程设计通过 3 个步骤来实现。

步骤 1: Monitor stop(AMF→RAN)。

步骤 2: Return monitor data(RAN→PCF)。

步骤 3: Return function(RAN→PCF)。

当从 Non-3GPP 切换至 3GPP 后, SMF 会传送停止监测信息, 并将在该 Non-3GPP 设备所监测到的资源汇集到 UPF 作汇整, 且将从 UPF 和 N3IWF 所获得的功能送回原本网络功能的位置。

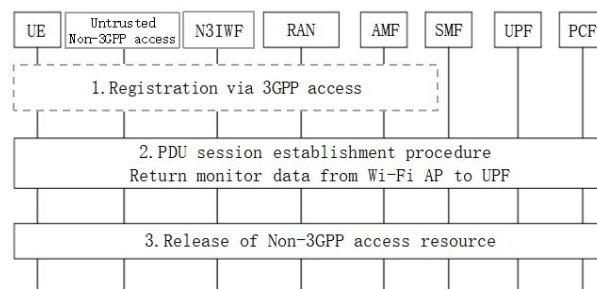


图3 从Non-3GPP切换至3GPP的改进流程图

2)从 3GPP 切换至 Non-3GPP 流程改进。图 4 为本文所提出的从 3GPP 切换至 Non-3GPP 的流程图。其改进方法是在原流程 PDU session establishment procedure 后新增 Put UPF data to Wi-Fi AP, 流程设计通过 4 个步骤来实现。

步骤 1: Decision(V-SMF)。

步骤 2: Get UE data from UPF (V-SMF ↔ H-UPF)。

步骤 3: Put UPF and N3IWF function to Wi-Fi AP(H-UPF→RAN)。

步骤 4: Monitor start(V-SMF→RAN)。

当从 3GPP 切换至 Non-3GPP 时, SMF 会根据 UE 数据去 UPF 获取该 UE 相关信息, 且将该信息传递至 Non-3GPP 可信装置, 并将 UPF 和 N3IWF 监测功能传至 Non-3GPP 可信装置以进行监测。

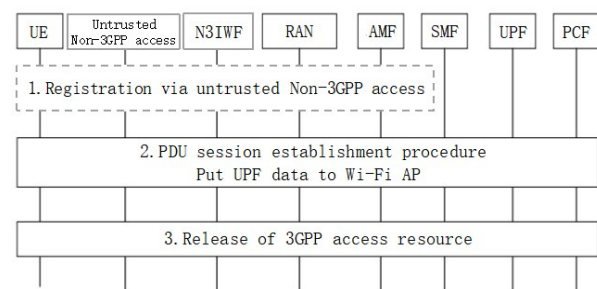


图4 从3GPP切换至Non-3GPP的流程图

3)从 Non-3GPP 切换至 Non-3GPP 流程改进。本文接入直连 DN 法中, 当从 Non-3GPP 切换到 Non-3GPP 时, 先从 Non-3GPP 切换至 3GPP, 将数据传到 UPF 做统整, 再从 3GPP 切换到 Non-3GPP, 将对应数据和功能切换至下一个 Non-3GPP 设备。

1.4 UPF切片改进后网络监测流程

本文所提出数据流量监控流程如下: 在 SMF 接收到 Accounting Response(Start)时, SMF 判断开

始数据流量监控的是否为 Non-3GPP 信任设备,若为 Non-3GPP 信任设备,SMF 将通过 AMF 将开始数据流量监控请求发给 Non-3GPP 信任设备,且将原本应在 UPF 的监测流量功能改放置于 Non-3GPP 接入装置中,从而减少在网络传输及数据流量监控时所需经过节点数量,当 UE 发送取消注册请求时,将停止数据流量监控,且等到 SMF 接收到 Accounting Response 后,将 Non-3GPP 信任装置中所记录的流量数据送至 SMF。

2 实验与分析

2.1 方法分析

在原 5G 数据流量监控方法中,无论切换至 3GPP 还是 Non-3GPP 都将数据传至 UPF,由 UPF 来监测流量,使 UPF 负载过大且将数据传到 UPF 间的节点消耗也大。本文数据流量监控方法与原 5G 数据流量监控方法差异在当 PDU 会话建立且认证通过后由 SMF 来进行判断,若是从 3GPP 切换至 Non-3GPP,SMF 会从 UPF 中取得此 UE 剩余流量等信息,并将信息传至该 Non-3GPP 可信设备,同时将 UPF 和 N3IWF 的监测功能转移至该 Non-3GPP 可信设备。当停止数据流量监控时会由 AMF 先停止数据流量监控,等到确认停止后,SMF 通知该 Non-3GPP 可信设备将所记录流量导回 UPF 作归纳整理,且将监测功能返回至 N3IWF 和 UPF。在传输方面,原方法需先从源端传至 5G 核心网再从 5G 核心网传到目的端,而本文接入直连 DN 法则仅需通过本地端 Wi-Fi AP 直接传到目的端,本文接入直连 DN 法可使 UPF 在监测流量时大幅降低能源的损耗。

2.2 实验流程

以下第 1 步至第 8 步为实验流程。若 UE 信号从 Good 到 Fair、Fair 到 Poor 或处于 Poor 时会触发切换,若需切换则搜寻附近可连接 Wi-Fi AP 并依信号强度排序,再判断此序列中是否还有 Wi-Fi AP 可连接,若有则选择信号最强 Wi-Fi AP 作为切换目标,接着判断所选 Wi-Fi AP 是否有足够资源供 UE 使用,若不足则退回去看序列中是否还有 Wi-Fi AP,若足够则进行切换,接着判断跟 Wi-Fi AP 是否有连接,若有则计算 Wi-Fi AP 到目标传输点的节点数。

第 1 步:判断是否需要切换,若是则转到第 2 步,否则转到第 7 步。

第 2 步:搜寻并排序所有可连接 Wi-Fi AP 的信号强弱。

第 3 步:判断序列中是否还有 Wi-Fi AP 可以

连接,若是则转到第 4 步,否则转到第 6 步。

第 4 步:选择信号最强的 Wi-Fi AP 为切换目标。

第 5 步:判断该 Wi-Fi AP 是否资源足够,若是则转到第 6 步,否则转到第 3 步。

第 6 步:判断是否与 Wi-Fi AP 连线,若是则转到第 7 步,否则转到第 8 步。

第 7 步:计算该 Wi-Fi AP 到目标传输点的节点数。

第 8 步:结束。

2.3 实验环境

本文实验为模拟环境,在一个 500 m×500 m 的正方形空间中固定均匀分布 25 台 Wi-Fi AP 位置,间距均为 100 m,并在此环境中随机分布 UE 位置。UE 随机移动,中央点设为 5G 核心网。首先在整个空间随机出一个目标位置及平均速度,向其目标位置前进,抵达目标后,再重新随机设定目标、速度和方向,如此重复直到实验结束。表 1 为本实验的参数,每个实验取 10 次的平均值,UE 平均移动速度为 1 m/s 至 6 m/s,且取标准差为 0.2 作常态分布。

表1 模拟实验参数

实验参数	数值	实验参数	数值
模拟时间/s	10000	Wi-Fi AP 涵盖范围/m	150
Wi-Fi AP/台	25	Wi-Fi AP 容纳 UE 数量/台	50
相邻 Wi-Fi AP 距离/m	100	UE 平均移动速度/m·s ⁻¹	1
频宽/MHz	10	基地台天线	2T2R

2.4 实验分析

通过实验对本文接入直连 DN 法和原 5G 方法作比较,来评估本文接入直连 DN 法所带来的好处和坏处。实验分为两个部分,分别为:高低 UE 用户密度上改变移动速度、速度不变改变 UE 用户密度,比较切换失败率、平均下载速率、平均节点数等差异。

2.4.1 改动移动速度

在保持 UE 低用户密度(40%)及高用户密度(80%)下,通过实验分析本文接入直连 DN 法及原 5G 方法在 UE 移动速度变化时对切换失败率、Wi-Fi AP 满载比例、平均下载速率、平均节点数等方面的影响。

1)切换失败率比较见图 5。当 UE 用户密度低(40%)时,UE 速度改变不会对切换失败率有影响,因 UE 用户密度低时不容易有 Wi-Fi AP 满载情况,不会有 Wi-Fi AP 满载导致切换失败问题;而当 UE

用户密度(80%)高时,随着UE速度提高,切换失败率随之下降,当UE用户密度高时Wi-Fi AP容易满载,故UE速度上升时可较快移出旧Wi-Fi AP找到新Wi-Fi AP,故切换失败率下降。因此无论UE用户密度高低,本文接入直连DN法与原5G方法的切换失败率相似。

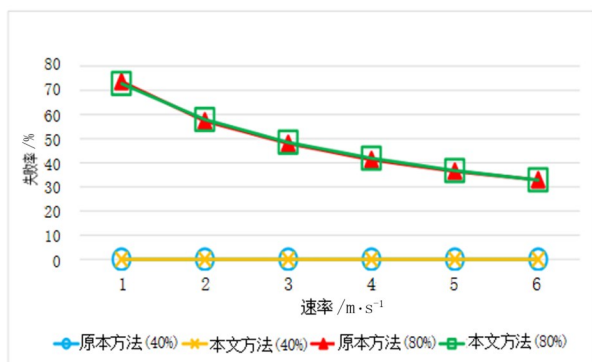


图5 切换失败率比较图

2)Wi-Fi AP满载比例比较见图6。当UE用户密度低时,Wi-Fi AP满载比例不会随着UE移动速度提高而改变,当UE用户密度低时Wi-Fi AP容量不容易占满,故不容易导致Wi-Fi AP满载,但当UE用户密度高时Wi-Fi AP满载数将随着UE速度提高而减少,这是因UE速度增加时较容易快速找到其他Wi-Fi AP而使Wi-Fi AP满载量下降。故无论UE用户密度高低,本文接入直连DN法与原5G方法Wi-Fi AP满载比例相差不远。

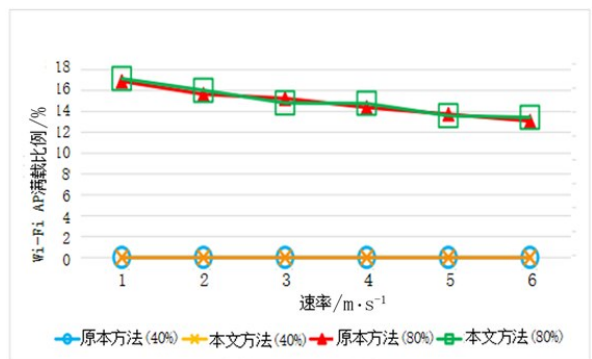


图6 Wi-Fi AP满载比较图

3)平均下载速率比较见图7。无论UE用户密度高或低,下载速率都会随着UE速度提高而下降。因UE速度上升使其在同一时间内在信号良好地方时间比较少,导致平均下载速率降低。而高UE用户密度比低UE用户密度下载速率低是因为所有当时在某Wi-Fi AP的用户会来平分。所以无论UE用户密度高或低,本文接入直连DN法与原5G方法平均下载速率结果相似。

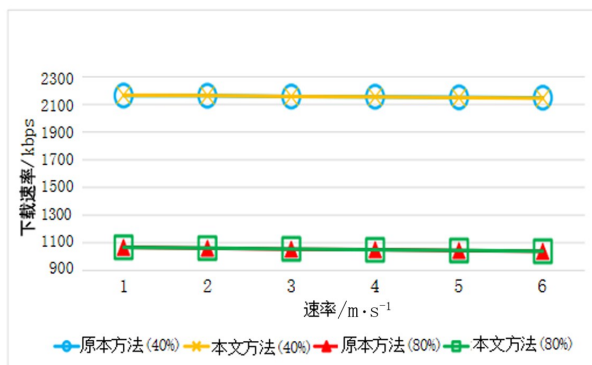


图7 平均下载速度比较图

4)平均节点数比较见图8。无论UE用户密度高或低,UE移动速率变动时,本文接入直连DN法都比原5G方法平均传输节点数低,因本文接入直连DN法不用经由5G核心网,故可大幅降低经过节点数,而原5G方法须先经UPF才转至目标节点。

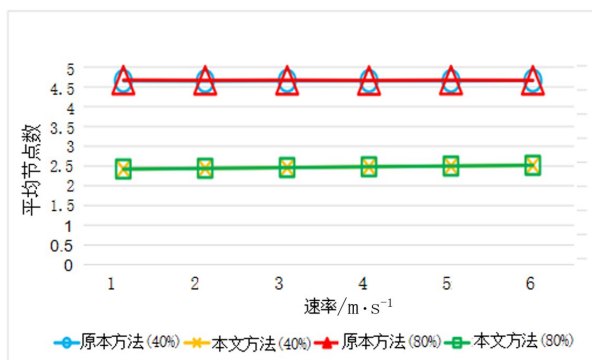


图8 平均节点数比较图

2.4.2 移动速度不变改动UE用户密度

保持UE移动速度不变,使UE用户密度从20%变至120%,通过实验分析UE用户密度对切换失败率、Wi-Fi AP满载比例、平均下载速率、平均节点数、各节点间节点数等方面的影响。

1)切换失败率比较见图9。随着用户密度增加,切换失败率也随之上升。因随着用户数增加,Wi-Fi AP越容易满载,所以切换失败率也随之上升,而本文接入直连DN法也与原5G方法结果相似。

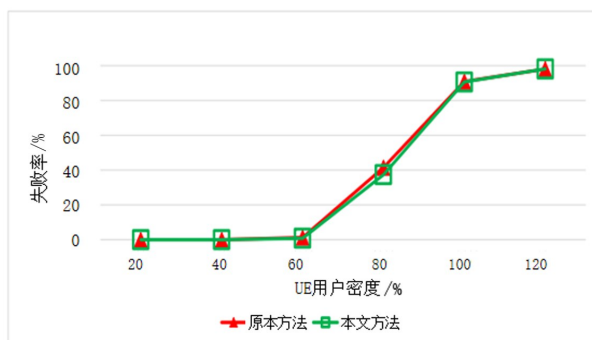


图9 切换失败率比较图

2) Wi-Fi AP 满载比例比较见图 10。Wi-Fi AP 满载比例会随着 UE 用户密度增加而增加,因 UE 用户密度增加易造成 Wi-Fi AP 满载,且本文接入直连 DN 法与原 5G 方法结果相似。

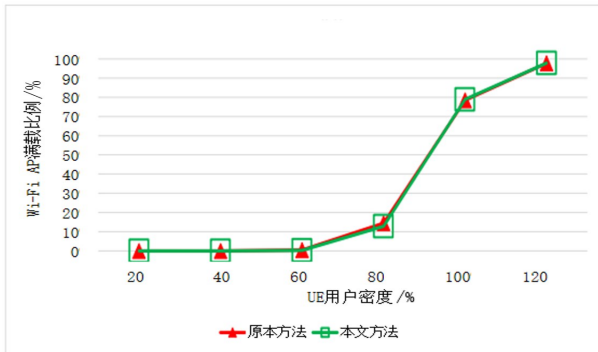


图10 Wi-Fi AP满载比较图

3) 平均下载速率比较见图 11。随着 UE 用户密度增加,平均下载速率会下降,因 UE 用户密度增加使得大部分的 UE 所处位置信号都较弱,故平均下载速率也随着下降,且本文接入直连 DN 法也与原 5G 方法结果相似。

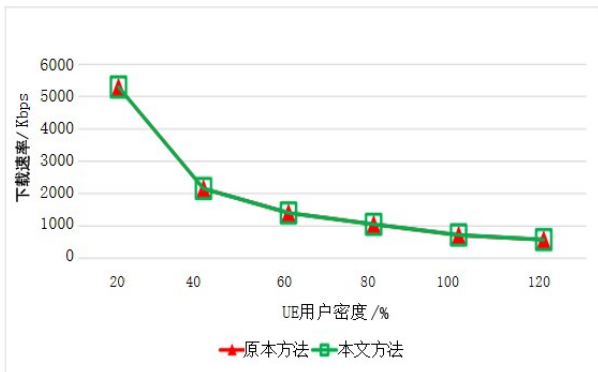


图11 平均下载速率比较图

4) 平均节点数比较见图 12。本文方法与从发送端到核心网和核心网到目标节点差不多,因此本文接入直连 DN 法可大幅节省传输节点的成本。

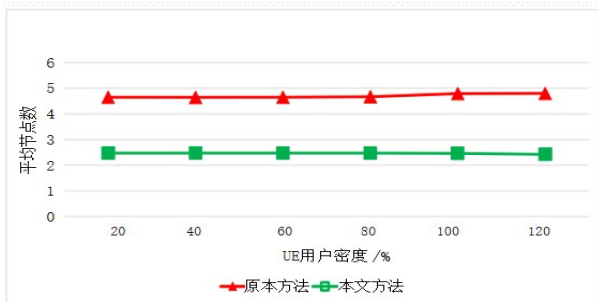


图12 平均节点数比较图

5) 各节点间数量比较见图 13。UE 用户密度从 20% 变至 120% 时各种节点间平均节点数的比较,

当 UE 用户密度接近 100% 时,所有 Wi-Fi AP 都会接近满载,各点到各点平均值为 2.4,故各节点间的节点数会趋近于 2.4。

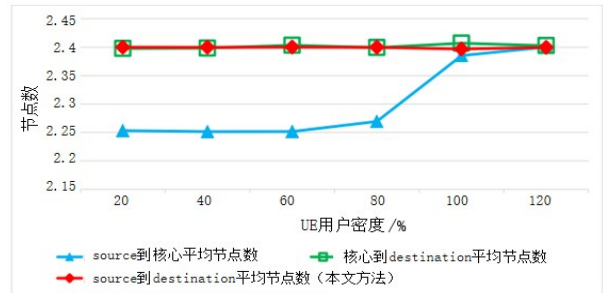


图13 各种节点间数量比较图

3 结论与展望

本文提出的基于原 5G 架构的数据流量监控流程改进设计,可大幅降低传输时所经过节点数,降低传输延迟。在原 5G 架构中,数据流量监控期间网络流经由多个节点才能将数据导至 UPF,导致传输期间消耗大量的能源,而本文通过从 3GPP 切换至 Non-3GPP 时将 UPF 中的数据流量监控功能移至 Wi-Fi AP,并在从 Non-3GPP 切换至 3GPP 时数据流量监控完成时一次性将所有数据传送至 UPF 以完成监控流量,这将降低数据流量监控过程中所经节点数,且可减少经过节点的时间及经过节点所需消耗能源。

本文实验环境只使用了 Wi-Fi AP,可考虑在 Wi-Fi 和 5G 基地台共同环境下去做模拟。本文暂未考虑负载分担,后续研究可考虑当 Wi-Fi AP 的 UE 用户负载达到定值后可将部分 UE 通过 5G 基站来负担以提升用户的使用感知,且一定程度地降低 5G 核心网的负担。

【参考文献】

[1]王立文,张雪贝,杨文强,等.支持5G LAN的UPF转发模型[J].移动通信,2022(1):34-40.
 [2]张敏,高科,杨凌云.5G网络分流比提升研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2022(1):1-4.
 [3]朱志弘.5G企业专网UPF建设方案探讨[J].通信与信息技术,2022(1):81-83.
 [4]蔡曜.阜宁阿特斯下沉UPF从STN A设备接入实例[J].江苏通信,2021(6):45-49.
 [5]刘霄阳,费翔,段勇,等.轻量级UPF N4接口开放性技术研究与应用[J].移动通信,2021(1):66-70.
 [6]邢燕霞,聂衡.5G核心网SMF和UPF拓扑增强技术研究[J].电子技术应用,2020(11):45-47,51.