



面向4G/5G用户的双域分流方案研究

马洪源¹, 冯征², 周维², 宋旭光², 杨小乐²

(1. 中国移动通信集团有限公司, 北京 100033;

2. 中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080)

摘要: 面向4G/5G用户同时访问公网业务和专网业务的需求, 梳理了业内现有技术方案及其局限性, 提出一种网络侧无感分流方案。手机用户终端 (user equipment, UE) 仅需建立公网IP业务通道, 网络检测到用户使用专网业务时, 由SMF/PGW-C在网络侧为用户建立专网IP业务通道, 分流用户的专网业务; 手机终端仅存在一个IP通道传送公网业务和专网业务, 在网络侧对应存在一个公网IP通道和一个专网IP通道, 并由SMF/PGW-C完成用户侧IP通道与对应网络侧公网IP通道和专网IP通道的映射拼接以及用户IP地址替换, 实现用户公网业务与专网业务的分流。该方案既满足双域专网业务需求, 又能够实现网络侧对用户的公网业务IP通道和专网业务IP通道的分别管理和计费, 且对终端无额外要求。

关键词: 4G/5G; 双域网络; 无感分流; 会话; DNN/APN

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2024187

Research on public network and private network diversion scheme for 4G/5G users

MA Hongyuan¹, FENG Zheng², ZHOU Wei², SONG Xuguang², YANG Xiaole²

1. China Mobile Group Co., Ltd., Beijing 100033, China

2. China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: Facing the demand of 4G/5G users accessing public network services and private network services simultaneously, the limitations of the existing technical schemes in the industry were reviewed, and a network-side non-inductive diversion scheme was proposed. It only needed to establish a public network IP service channel by the UE. When the network detected that users used private network services, a private network IP service channel for users on the network side was established by SMF/PGW-C to divert the private network services of users. There was only one IP channel in the mobile phone terminal to transmit public network services and private network services, corresponding to one public network IP channel and one private network IP channel on the network side, and SMF/PGW-C completed the mapping and splicing of the user-side IP channel and the corresponding network-side public network IP channel and private network IP channel, as well as the replacement of the user's IP address, thus realizing the diver-

sion of the user's public network services and private network services. This scheme not only meets the demand of dual-domain private network services, but also allows for the separate management and charging of users' public network service IP channels and private network service IP channels by the network side, and has no additional requirements for terminals.

Key words: 4G/5G, public network and private network, non-awareness traffic diversion, session, DNN/APN

0 引言

随着5G与行业市场的深度融合,行业客户基于运营商5G网络可实现“不换卡、不换号”使用5G终端访问互联网及企业内网的需求越发明确,尤其以教育、办公、警务、文旅等行业需求较为迫切^[1]。例如,高校师生期望通过手机可随时随地访问校园网系统,实现内外网自动切换;企业员工出差或者居家办公的情况下,需要访问企业内网,实现内网数据自动分流并与大网数据隔离,保障网络的安全可靠。

随着运营商4G/5G网络融合建设的推进,面向4G/5G公网客户同时访问公网业务的普适性需求,网络侧需要同时考虑5G用户5G接入、5G用户4G接入以及4G用户4G接入场景的双域分流。

同时,为提供差异化网络能力,如需针对同一用户不同局向的流量进行单独计费、统计及管控,则还要考虑在网络侧对公网和专网业务的隔离及管理。

1 现有技术方案分析

面向4G用户双域访问需求,业内存在多接入点名称(access point name, APN)(含专用APN)、虚拟专用网络(virtual private network, VPN)隧道等分流技术方案^[2]。面向5G用户,第三代合作伙伴计划(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)标准提出了上行分类器(uplink classifier, UL CL)分流、用户路由选择策略(user route selection policy, URSP)等

技术方案^[3]。以5G用户为例,现有主要技术方案如下。

(1) UL CL方案

UL CL是5G独立组网(standalone, SA)网络引入的一种本地业务分流技术方案^[4],UL CL架构基于单个数据网络名称(data network name, DNN)的协议数据单元(protocol data unit, PDU)会话,由会话管理功能网元(session management function, SMF)基于用户终端(user equipment, UE)的位置、UE发送的数据报文目的IP地址等预先设置的触发条件,选择靠近本地网络的分流节点,即UL CL用户面功能网元(user plane function, UPF)插入原PDU会话中,并将UE上行业务的分流规则下发给UL CL UPF,UL CL UPF基于SMF下发的UE上行业务的分流规则(数据报文目的IP地址等),对UE上行数据进行识别、分流;将本地业务通过新锚定UPF(辅锚点UPF)导向本地网络,实现本地分流,非本地业务仍导向原锚定UPF(主锚点UPF)。UL CL方案如图1所示,在功能支持的情况下,SMF通常选择PDU会话锚点2(PDU session anchor 2, PSA2)UPF作为UL CL UPF,即UL CL UPF与PSA2 UPF综合设置^[5]。

(2) URSP方案

URSP rule用来让应用(App)及UE选择(或新建)PDU会话疏通业务^[6]。UE上的应用根据其特征在URSP里匹配流量描述符(traffic descriptor),输出相应路由选择描述符(route selection descriptor, RSD),再根据RSD复用已存在的PDU会话或建立新的PDU会话,RSD包含

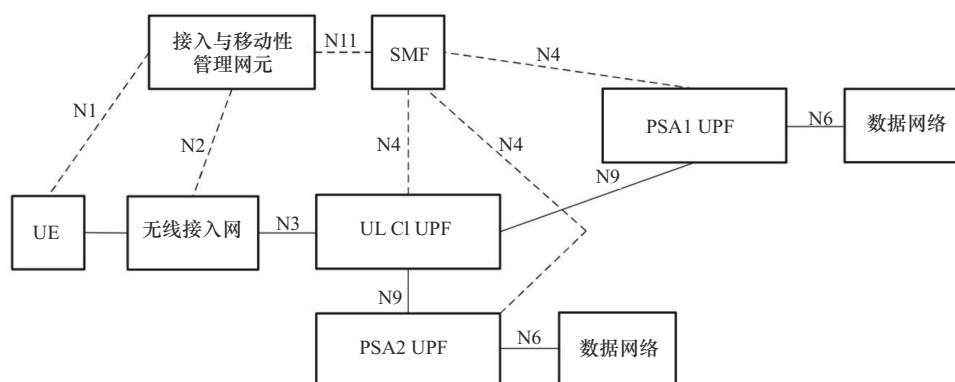


图1 ULCL方案

PDU会话建立的关键因素，如DNN、单网络切片选择辅助信息（single network slice selection assistance information, S-NSSAI）、PDU会话类型（PDU session type）等。

URSP技术的实现，首先需要UE支持URSP^[7]。URSP可以预置在UE内，也可由5G网络下发，如果UE和5G网络均支持，则应优先采用5G网络下发的方式。URSP方案如图2所示。

(3) 多DNN方案

为用户分别签约用于公网业务的通用DNN和用于专网业务的专用DNN。当用户需要使用公网业务时，通过UE使用通用DNN发起PDU会话建立请求，5G网络为用户UE建立通用DNN的

PDU会话疏通公网业务；当用户需要使用专网业务时，通过UE使用专用DNN发起PDU会话建立请求，5G网络为用户UE建立专用DNN的PDU会话疏通专网业务。如上所述，用户在使用公网业务的过程中，如需使用专网业务，手动在UE上进行切换DNN的操作。

(4) “互联网+VPN隧道”方案

用户签约用于疏通公网业务的通用DNN，当用户需要使用公网业务时，5G网络为UE建立通用DNN的PDU会话疏通公网业务；当用户需要使用专网业务时，在UE上启动VPN，建立终端与企业专网之间的VPN隧道，采用“互联网+VPN隧道”的方式访问企业专网^[8]。该技术方案需要企业员工在终端界面手动开启与企业专网

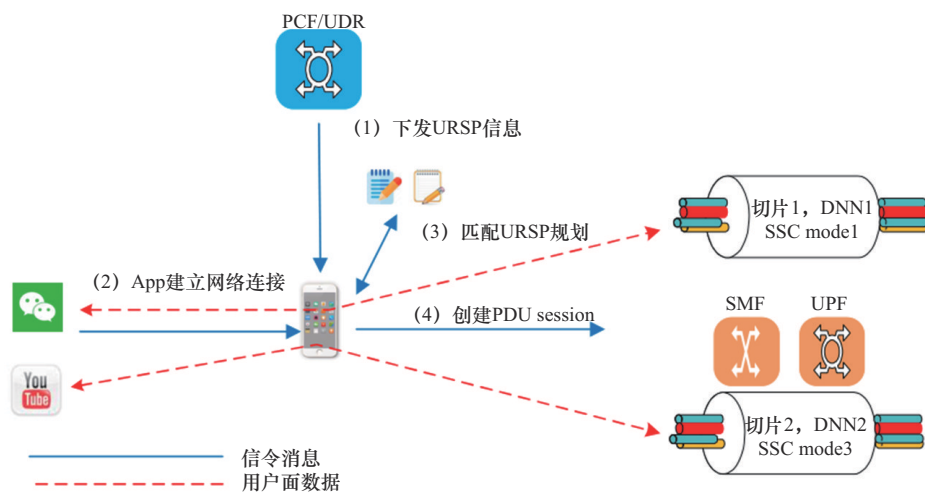


图2 URSP方案

之间的 VPN 隧道, 使用公网 IP 地址访问企业专网, 且在 VPN 隧道保留的过程中, 其所有访问公网的业务流量也均先疏通至企业专网, 再由企业专网转发至公网。

对比市场需求, 现有 4 类典型技术方案存在不支持漫游场景、不支持 4G/5G 多制式接入、对终端和 App 改造要求较高、需用户手动操作影响用户感知、部分场景业务路由迂回等问题, 均无法较好满足 5G 用户公网业务与专网业务的疏通需求, 现有技术方案问题分析见表 1。

为解决上述问题、提升用户体验, 本文提出了一种网络侧多 DNN/APN 无感分流方案。

2 网络侧多 DNN/APN 无感分流方案

2.1 5G 用户无感分流方案

网络侧多 DNN 无感分流方案核心理念是在终端和无线无感知的情况下, 由核心网基于业务流检测触发专网 DNN 会话的建立, 并实现通用 DNN (如 CMNet) 会话和专用 DNN 会话的关联与映射, 进而实现专网 DNN 会话的管理维护、业务分流等功能^[9-10]。以用户漫游场景且存在移动性管理流程为例, 网络侧多 DNN/APN 无感分流方案如图 3 所示, 主要包括以下几部分内容。

2.1.1 用户签约

首先, 面向目标客户为用户签约业务信息, 包括以下两种。

(1) 在用户归属的统一数据管理功能/用户数据存储库 (unified data management/user data repository, UDM/UDR) 为用户签约开通公网 DNN 及其网络切片标识 S-NSSAI、专网 DNN 及其网络切片标识 S-NSSAI。

(2) 在用户归属的策略控制功能/用户数据存储库 (policy control function/user data repository, PCF/UDR) 签约开通“公网业务中的专网业务分流策略”和计费控制 (policy and charging control, PCC) 策略^[11], 该 PCC 策略指明: 在公网 DNN 的 PDU 会话的用户数据报文中检测到目的地址为“专网”的统一资源定位符/统一资源标识符 (uniform resource locator/uniform resource identifier, URL/URI) 或 IP 地址, 则为用户激活“专网 DNN”。其中: 目的地址中应包含 UE 可以访问的专网的所有 URL/URI 及 IP 地址。“公网业务中的专网业务分流策略”的 PCC 策略中包含的信息/参数示例见表 2。

2.1.2 会话建立与分流

以用户漫游场景为例, UE 在漫游地发起公网 DNN 激活请求, 接入和移动性管理功能 (access and mobility management function, AMF) 向网络存储功能 (network repository function, NRF) 执行 SMF 服务发现, 选择中间会话管理功能 (intermediate SMF, I-SMF) 和锚点 SMF (图 3 中的漫游地 SMF/SAEGW-C)。AMF 将用户公网

表 1 现有技术方案问题分析

分析维度	技术方案			
	UL CL 方案	URSP 方案	传统多 DNN 方案	“互联网+VPN 隧道”方案
是否支持漫游场景	否	是	是	是
是否支持 4G 场景	否	否	是	是
是否不需要 UE 支持多 DNN 功能 (即: 兼容 iPhone 5G 手机)	是	否, 目前市场上几乎没有支持 URSP 的 UE	否	是
是否用户侧无感知 (即: UE 可不安装专网 App)	是	否	否	否
是否不存在业务路由迂回	是	是	是	否, 所有公网流量均先转发至专网

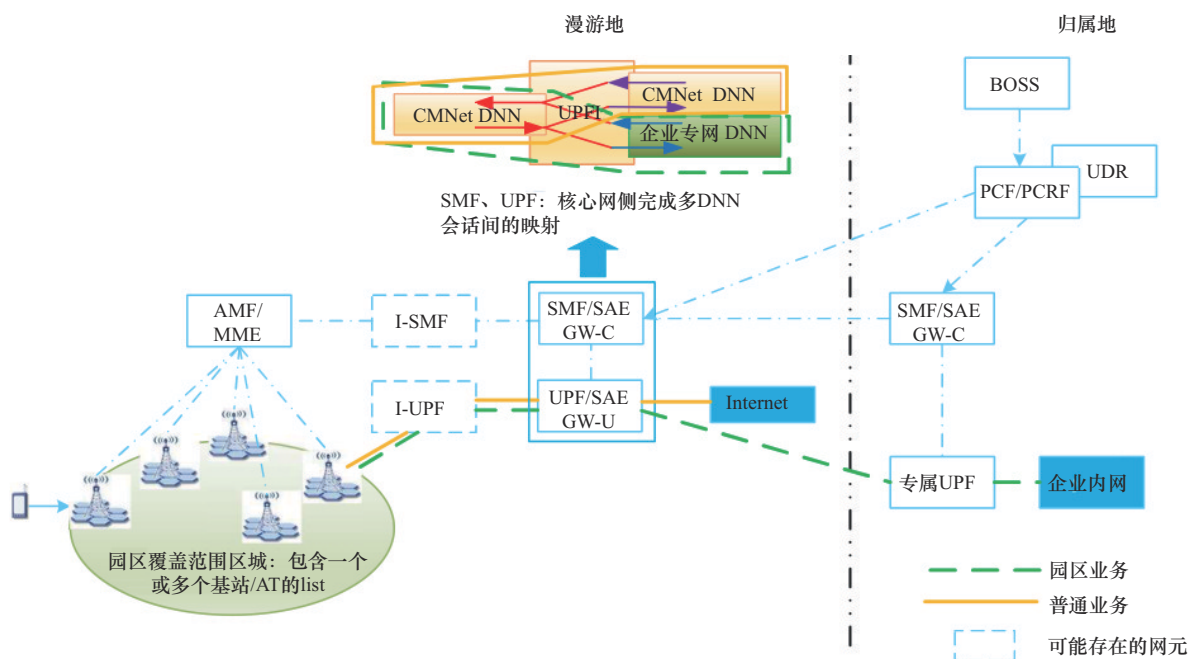


图3 网络侧多DNN/APN无感分流方案

表2 “公网业务中的专网业务分流策略”的PCC策略中包含的信息/参数示例

PCC规则中包含的参数	用户标识	公网DNN (含网络切片标识S-NSSAI)	序号	目的URL/URI和目的IP地址	专网DNN (含网络切片标识S-NSSAI)
参数取值	用户GPSI和/或用户SUPI (SUCI)	公网DNN; 例如: 互联网DNN (例如: CMNet DNN) 公网DNN所在网络切片标识S-NSSAI; 例如: S-NSSAI=01FFFFFF (H)	1	URL/URI 1...URL/URI MPv4 1...IPv4 MPv6 1...IPv6 N	专网DNN1; 例如, 企业1专网DNN专网DNN1所在网络切片标识S-NSSAI; 例如, S-NSSAI=01FFFFFF (H)
			2	URL/URI 1...URL/URI MPv4 1...IPv4 MPv6 1...IPv6 N	专网DNN2; 例如, 企业2专网DNN专网DNN2所在网络切片标识S-NSSAI; 例如, S-NSSAI=01FFFFFF (H)

注:若同一用户仅存在1个专网DNN业务时,则不需要“序号”参数;专网DNN1与专网DNN2的URL/URI、IP地址不能重复。

DNN的PDU会话建立请求消息经I-SMF或直接发送至锚点SMF。公网DNN业务的锚点SMF为UE建立公网DNN业务的PDU会话,会话建立流程遵循3GPP标准。需要注意的是,公网DNN业务的锚点SMF选定的UPF(图3中的漫游地UPF/SAE GW-U)需新增在用户归属PCF/UDR签约的“公网业务中的专网业务分流策略”的执行处理:若检测到上行用户数据报文的目的地址为专网业务的URL/URI或IP地址,则上报公网DNN业务的锚点SMF,同时UPF缓存此上行用户数据报文,等待SMF下一步指示,此时用户的公网业务

仍正常疏通。

当公网DNN业务的锚点SMF收到UPF上报的专网业务访问事件时,发起专网DNN的PDU会话建立流程,存在两种方式。

方式一,由公网DNN业务的锚点SMF(图3中的漫游地SMF/SAEGW-C,下文简称SMF1)直接发起专网DNN会话的建立。具体步骤如下:

步骤1 SMF1向NRF执行SMF服务发现,选择为UE建立专网DNN会话的锚点SMF(下文简称SMF2);

步骤2 SMF1将自身作为该用户专网DNN的

I-SMF, 同时选定UPF作为该用户专网DNN的中间用户面功能(intermediate UPF, I-UPF)(图3中的漫游地UPF/SAE GW-U, 下文简称UPF1), 指示UPF1分配并上报该用户专网DNN的N9接口资源;

步骤3 SMF1向SMF2发送专网DNN的PDU会话建立请求消息, SMF2向NRF执行UDM服务发现后, 从用户归属UDM/UDR获得并订阅用户的会话管理(SM)签约数据, 其中包含允许用户使用的网络切片标识(S-NSSAI)及DNN;

步骤4 SMF2为UE建立专网DNN业务的PDU会话, 并向该用户专网DNN业务的I-SMF即SMF1返回相关信息以及完成相关的信息交互, 具体流程遵循3GPP标准, 其中, SMF2与专网之间按需进行“二次鉴权/授权”;

步骤5 SMF1与UPF1通过N4接口完成信息交互, 包括SMF1向UPF1下发该用户专网DNN的PCC策略、专网DNN的锚点UPF即UPF2的N9接口信息、用于该用户专网DNN的用户IP地址等, 建立该用户专网DNN的PDU会话的用户面通道, 疏通该用户的专网业务。

方式二, 由AMF发起专网DNN会话的建立。SMF1基于AMF标识或其他参数支持向同一运营商或其他运营商的全部或部分AMF发送通知消息激活对应的专网DNN的PDU会话, 从而实现对业务触发的适用范围的控制。AMF将SMF1作为该用户专网DNN的I-SMF, 并向NRF执行SMF服务发现, 选择为UE建立专网DNN会话的锚点SMF即SMF2。后续流程同方式一。

专网DNN会话建立完成后, 对于UE侧, 仅存在一个公网DNN的PDU会话用户面, 包括N3接口或N3/N9接口(存在I-UPF); 对于网络侧, 同时存在一个公网DNN的PDU会话的用户面(仅存在N6接口)和一个专网DNN的PDU会话的用户面(在用户漫游场景下存在N9接口)。

2.1.3 会话关联与映射

(1) 上行分流

全部公网DNN业务(包括公网业务和专网业务)均通过无线基站gNB, 经过公网DNN业务的I-UPF(图3中的I-UPF)或直接送至UPF1, UPF1检测该UE在公网DNN的上行用户数据报文的目的地址, 并执行如下UL上行用户数据报文的分流规则: 若目的URL/URI或目的IP地址未包含在“公网业务中的专网业务分流策略”的PCC策略中, 则识别为公网业务, 通过公网DNN的PDU会话的用户面N6接口疏通至所连接的公网; 若目的URL/URI或目的IP地址包含在“公网业务中的专网业务分流策略”的PCC策略中, 则识别为专网业务, 通过专网DNN的PDU会话的用户面N9接口(用户漫游场景)疏通至专网DNN业务的锚点UPF即UPF2, 并且将数据报文中的UE的IP地址替换为专网DNN业务的锚点SMF即SMF2提供的用于专网DNN业务的用户IP地址(下文简称IP地址2), 再由UPF2疏通至企业专网。

(2) 下行汇聚

对于下行数据报文, UPF1执行如下DL下行汇聚规则:

- 对于从公网DNN的PDU会话用户面N6接口接收的数据, 转发至公网DNN的PDU会话用户面N9接口或N3接口, 再经无线gNB发送至UE;
- 对于从专网DNN的PDU会话用户面N9接口(用户漫游场景)接收的数据, 转发至公网DNN的PDU会话用户面N9接口或N3接口, 再经无线gNB发送至UE。

2.1.4 IP地址管理

(1) IP地址分配

用于公网DNN的PDU会话用户面的IP地址1在公网DNN会话建立过程中由公网DNN会话的锚点SMF分配; 用于专网DNN的PDU会话用户面的IP地址2可以由专网DNN会话的锚点SMF分配, 当存在用户二次鉴权/授权场景时, 也可以由专网分配。

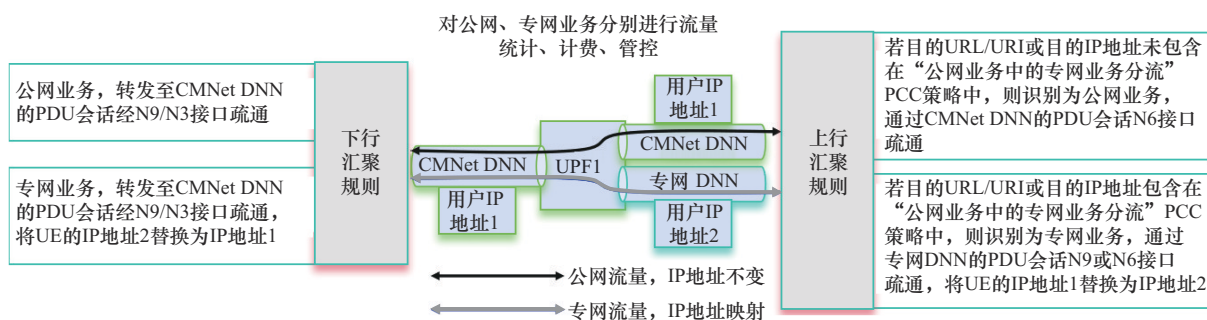


图4 多DNN会话关联与映射示意图

(2) IP地址冲突校验及重分配

- SMF1校验为UE分配的IP地址即IP地址1与“公网业务中的专网业务分流策略”PCC策略中的企业IP地址是否重复, 若发现重复, 则在公网DNN的IP地址池中为UE重新分配新的IP地址, 直至不再重复并将原已为UE分配的IP地址1替换为UE新分配的IP地址;
- 在由专网DNN会话锚点SMF或专网为用户分配IP地址的情况下, 需保证所分配的IP地址2不与UE可以访问的专网业务的所有IP地址重复。

(3) IP地址转换

在专网业务疏通过程中, 由UPF1将上行数据包中的IP地址1转换为IP地址2, 将下行数据包中的IP地址2转换为IP地址1。IP地址1、IP地址2均可以采用IPv4v6双栈、IPv4单栈、IPv6单栈。

2.1.5 用户二次鉴权/授权

若专网客户存在二次鉴权/授权需求, 则SMF1按需透传UE与专网之间的用户鉴权信息:

- 若鉴权密码与用户名相同且均为用户GPSI或SUPI, 则SMF1可以代替UE完成, 不需要将鉴权信息转发给UE;
- 若需要由UE提供用户名和密码, 则SMF1需透传UE与专网之间的用户鉴权信息, UE可能无法支持, 因此, 不建议

采用此方式。

2.1.6 公网与专网流量的独立统计、计费与管控

SMF1和UPF1能够配合实现对公网DNN的PDU会话与专网DNN的PDU会话分别统计流量和产生计费话单、分别进行管控。公网业务与专网业务用户面流量流向如图5所示, 公网DNN的PDU会话用户面为: UE—无线gNB—(I-UPF1, 可选)—UPF1—公网; 专网DNN的PDU会话用户面为: UE—无线gNB—(I-UPF1, 可选)—UPF1—UPF2—专网。对于上述2个PDU会话的用户面分别统计流量、生成计费话单、进行管控。在UE支持的情况下, 可以将公网DNN业务和专网DNN业务分别映射至不同的服务质量(quality of service, QoS) Flow, 便于无线网分别执行QoS管控。

2.1.7 5G用户从4G网络接入场景

当5G用户使用支持4G功能的多模终端接入4G网络时, 其基本实现原理与上述5G用户接入5G网络的场景相同。差异在于, 表2中的“用户标识”包含用户的移动用户号码(mobile station international subscriber directory number, MSISDN)或国际移动用户识别码(international mobile subscriber identity, IMSI), 相关的DNN均为DNN/APN。4G网络中接入及移动性管理网元为移动性管理实体(mobility management entity, MME), 也可以是融合的AMF/MME; 会话锚点控制面网元为SMF/PGW-C, 会话锚点用户面网

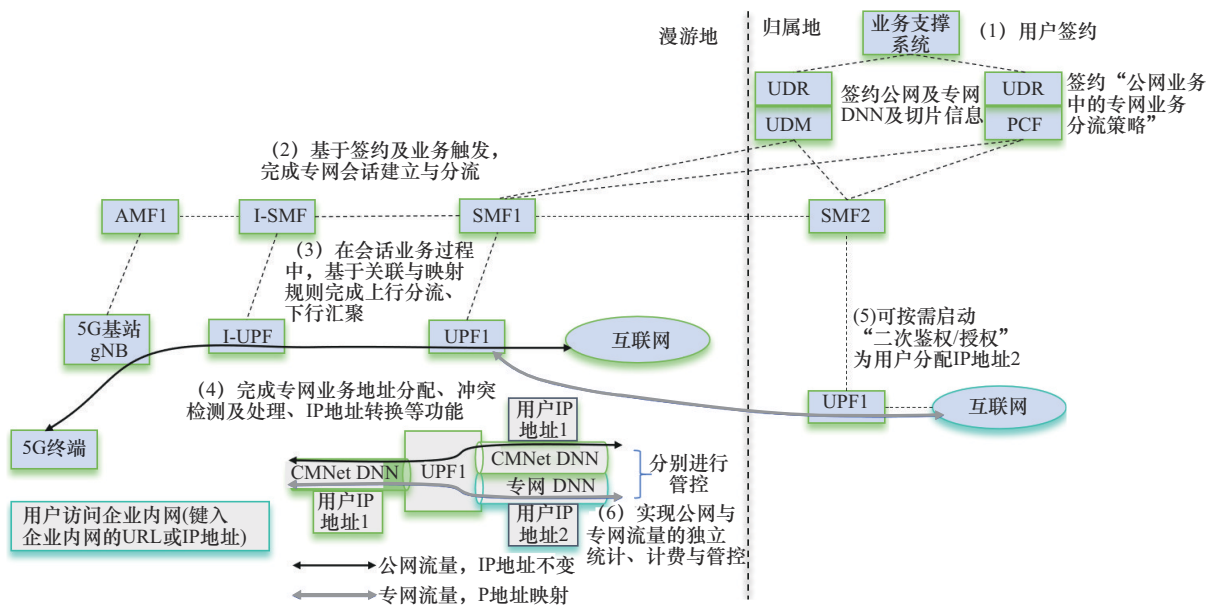


图5 公网业务与专网业务用户面流量流向

元为UPF/分组数据网关用户平面 (PGW-U)。中间会话控制面网元为I-SMF/服务网关控制平面 (SGW-C)，中间会话用户面网元为I-UPF/服务网关用户平面 (SGW-U)。用户数据管理网元为四融合UDM/UDR/HSS/HLR；策略控制网元为二融合PCF/UDR/PCRF/SPR。网络数据库网元的功能由Diameter路由代理 (diameter routing agent, DRA)、演进分组核心网域名系统 (evolved packet core domain name system, EPCDNS) 以及NRF实现^[12-14]。

2.2 4G用户无感分流方案

4G用户多APN无感分流方案基本原理与5G用户从4G网络接入场景相似，主要区别在于：4G用户通过支持4G的终端接入4G网络中使用APN且不使用网络切片标识S-NSSAI；会话控制面网元可以是不具备SMF功能的PGW-C或PGW-C/GGSN-C；会话用户面网元可以是不具备UPF功能的PGW-U或PGW-U/GGSN-U；用户数据管理网元为HSS或UDM/UDR/HSS或HSS/HLR或UDM/UDR/HSS/HLR；策略控制网元为PCRF/SPR或PCF/UDR/PCRF/SPR；网络数据库网元的功能可以由DRA、EPC DNS实现。

3 结束语

网络侧多DNN/APN分流方案能够支撑特定4G/5G用户在本地及漫游场景下访问公网和专网双域业务的需求，对终端无额外要求、对用户无感知。该方案基于3GPP标准流程进行创新性拓展，在业务体验、适用范围、安全监管及方案完备性方面均优于业内现有技术方案。

在实际商用部署中，由于部分运营商网络设备规模较大，网络改造不能一蹴而就，可以考虑按照最小集方案，按区域升级部署^[15]。针对业务开通区域两融合PCF、AMF/MME需完成全量升级，在相关设备支持基于用户业务属性选择网关的前提下可通过升级该区域pool内至少一对网关设备快速实现支持业务分流。

由于终端和无线不感知专网DNN/APN，可能会影响部分与终端/无线交互的能力^[16]，对行业客户的业务产生约束，还需要根据现网部署及使用情况进一步优化完善。

参考文献：

- [1] GSMA. 中国5G垂直行业应用案例2022[R]. 2022.



- GSMA. China 5G vertical industry application cases 2022[R]. 2022.
- [2] 3GPP. Technical specification group core network and terminals, general packet radio service (GPRS) enhancements for evolved universal terrestrial radio access network (E-UTRAN) access, V16.10.0: TS 23.401[S]. 2021.
- [3] 3GPP. Technical specification group services and system aspects, security architecture and procedures for the 5G system (5GS), V16.8.0: TS 23.501[S]. 2021.
- [4] 3GPP. Technical specification group services and system aspects, procedures for the 5G system (5GS), V16.4.0: TS 23.502[S]. 2021.
- [5] 冯征,周维,卜忠贵,等. 5G边缘计算组网关键技术研究[J]. 移动通信, 2022, 46(1):8.
FENG Z, ZHOU W, BU Z G, et al. Research on key technologies of 5G edge computing networking[J]. Mobile Communications, 2022, 46(1): 8.
- [6] 3GPP. Technical specification group services and system aspects, policy and charging control framework for the 5G system (5GS), V16.4.0, TS 23.503[S]. 2021.
- [7] Nokia. Nokia and Google trial innovative slicing solution for Android devices and 4G/5G networks[EB]. 2022
- [8] 钱雁斌, 陈性元, 杜学绘, 等. VPN隧道交换体系结构研究[J]. 计算机工程与设计, 2007,28(14).
QIAN Y B, CHEN X Y, DU X H, et al. Research on VPN tunnel switching architecture[J]. Computer Engineering and Design, 2007, 28(14).
- [9] 冯征, 马洪源, 周维, 等. 业务处理方法, 装置, 设备及存储介质: CN202210449275.8[P]. [2024-07-15].
FENG Z, MA H Y, ZHOU W, et al. Service processing method, device, equipment and storage medium: CN202210449275.8[P]. [2024-07-15].
- [10] 冯征, 马洪源, 周维, 等. 业务访问处理方法, 装置, 设备及存储介质: CN202210449285.1[P]. [2024-07-15].
FENG Z, MAHY, ZHOU W, et al. Service access processing method, device, equipment and storage medium: CN202210449285.1[P]. [2024-07-15].
- [11] 3GPP. Session management policy control service for the 5G system (5GS), V16.7.0: TS 29.512[S]. 2021.
- [12] 3GPP. Interface between the control plane and the User plane nodes, V15.6.0: TS 29.244[S]. 2019.
- [13] 3GPP. Policy and charging control signalling flows and QoS parameter mapping for the 5G system (5GS), V16.6.0: TS 29.513[S]. 2021.
- [14] 3GPP. Universal mobile telecommunications system (UMTS), LTE, 5G, evolved packet system (EPS), mobility management entity (MME) and serving GPRS support node (SGSN) related interfaces based on Diameter protocol, V16.5.0: TS 29.272[S]. 2021.
- [15] 马洪源, 周维, 付艳, 等. 蜂窝物联网核心网目标架构演进探讨[J]. 电信科学, 2023, 39(1): 153-161.
MA H Y, ZHOU W, FU Y, et al. Discussion on the evolution of architecture of the core network of cellular Internet of things[J]. Telecommunications Science, 2023, 39(1): 153-161.
- [16] 3GPP. UE policy control service for the 5G system (5GS), V16.6.0: TS 29.525[S]. 2021.

[作者简介]



马洪源 (1984-), 男, 中国移动通信集团有限公司高级工程师, 主要研究方向为移动通信核心网。



冯征 (1973-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司正高级工程师、首席专家, 主要研究方向为 3G/4G/5G 融合核心网、VoLTE、物联网、信令网、NFV 网络云、边缘计算的工程咨询设计。



周维 (1977-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司网络所正高级工程师, 主要研究方向为 3G/4G/5G 融合核心网、物联网、边缘计算的工程咨询设计。



宋旭光 (1997-), 男, 现就职于中国移动通信集团设计院有限公司, 主要研究方向为移动通信核心网。

杨小乐 (1986-), 男, 现就职于中国移动通信集团设计院有限公司, 主要研究方向为移动通信核心网。