

# 5G SA VPDN 业务继承方案研究

## Research on 5G SA VPDN Service Inheritance Scheme

高功应<sup>1</sup>,平军磊<sup>2</sup>,刘凡栋<sup>2</sup>,刘 扬<sup>2</sup>(1. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033;2. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007)

Gao Gongying<sup>1</sup>,Ping Junlei<sup>2</sup>,Liu Fandong<sup>2</sup>,Liu Yang<sup>2</sup>(1. China United Network Communications Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China;2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd. Zhengzhou Branch,Zhengzhou 450007,China)

### 摘要:

相较 3G/4G 时期,5G SA 阶段网络架构、技术标准、VPDN 业务实现方式等都发生了很大变化。首先深入调研国内 VPDN 业务开展现状,分析其业务需求、组网及计费特征,并对 5G SA 阶段核心网部署模式及 3GPP R16 相关的标准规范进行研究,提出了不同场景下 5G SA VPDN 业务的继承方案,并结合终端成熟度对 5G 阶段 VPDN 业务的开展模式和受限性进行了阐述,为 5G SA VPDN 业务开展及网络建设提供参考。

### 关键词:

虚拟专用网;SA;DNN;EAP;业务继承

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.09.003

文章编号:1007-3043(2021)09-0011-06

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

Compared with the 3G/4G period, the network architecture, technical standards and implementation methods of VPDN service in 5G SA phase have changed greatly. Firstly, it makes a deep investigation on the current situation of domestic VPDN business, analyzes its business requirements, networking and billing characteristics. Then, the core network deployment mode of 5G SA phase and 3GPP R16 related specifications are studied, and the inheritance schemes of 5G SA VPDN service in different scenarios are proposed. Finally, the development mode and limitation of 5G SA VPDN service are described in combination with terminal maturity, so as to provide a reference for 5G SA VPDN service development and network construction.

### Keywords:

VPDN;SA;DNN;EAP;Service inheritance

**引用格式:**高功应,平军磊,刘凡栋,等. 5G SA VPDN 业务继承方案研究[J]. 邮电设计技术,2021(9):11-16.

## 0 前言

VPDN 业务是 2B 领域最具代表性业务,价值高、应用广,业务对象涵盖公检法、银行、中大型企业等高价客户群体,客情关系稳定不易转网,是各大运营商的核心业务之一,也是 5G 初期 2B 业务的核心抓手。目前 VPDN 业务在人联网、物联网都有开展,各省号码策略、计费策略、业务承载策略等都不尽相同,如何保障客户体验,并减少周边平台系统的改造,是运营商开展 5G VPDN 业务面临的巨大挑战。另一方面,5G

SA 核心网进一步 C/U 分离,3G/4G 时期的 GGSN/SAE-GW 演进为 SMF 和 UPF 网元,SMF 作为核心网内部网元,在大区云资源池内部部署,与外网无互通接口,UPF 在各省分设。新的网络架构对 VPDN 业务的实现影响很大。因此,研究并制定 5G 网络的 VPDN 业务继承方案,是非常重要的且有意义的。

## 1 VPDN 业务开展现状

### 1.1 VPDN 业务概述

固定宽带类的 VPDN 业务在技术和部署方式上已非常成熟,本文不再赘述,下文将主要对移动 VPDN 业务进行研究。广义的移动 VPDN 业务广义是指基于运

收稿日期:2021-07-12

营商的移动网络, UE上设置特定 APN/DNN 信息接入专用网络的业务。从 IP 隔离技术来说, VPDN 业务实现方案主要包含以下 3 种主要技术: L2TP 隧道、GRE 隧道和 MPLS VPN。

在移动网中, 以 L2TP 专线业务为例, GGSN/GW 通常作为 LAC, 在 UE 建立会话阶段与 AAA 进行交互, 实现鉴权认证, 3G/4G 阶段 VPDN 业务流程如图 1 所示。

针对 AAA 认证, 运营商可通过配置 GGSN/GW 选

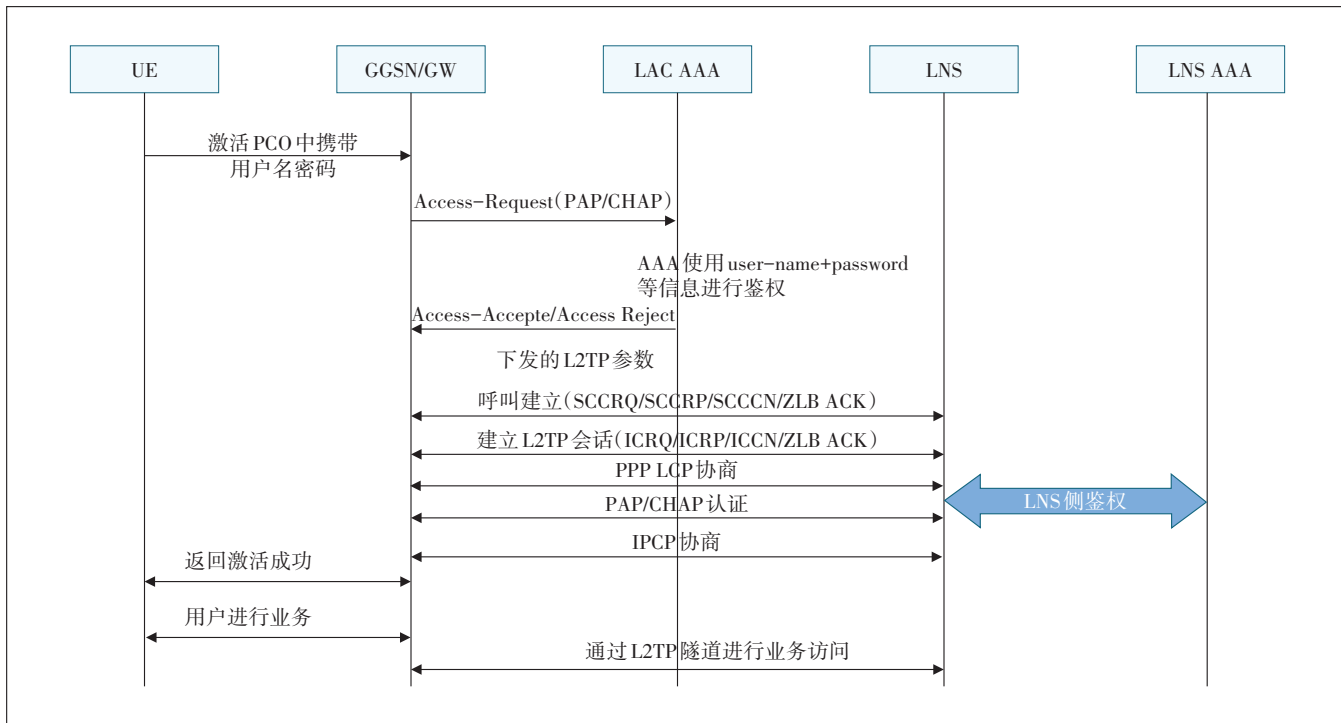


图 1 移动(3G/4G)VPDN 业务流程示意图

择基于用户激活请求 PCO 信元中的参数进行鉴权或者基于本地 APN 的配置进行鉴权, 鉴权成功后 GGSN/GW 负责为 UE 建立会话, 后续 UE 可正常进行业务。

### 1.2 VPDN 业务开展现状

目前工信部对物联网业务有特殊的管控要求, 中国移动、中国联通、中国电信 3 家运营商都针对物联网业务独立部署了不同层面的专用网元, 且人物号码的业务签约、计费模式相互独立。经调研, 3G/4G 阶段典型 VPDN 业务开展模式如表 1 所示。

当前物联网专用 CG 基于 APN 分拣话单, 送至物联网 BSS 以客户维度计费, 物联网 BSS 通常不支持以单用户维度计费。

### 1.3 技术及网络架构演进对业务的影响

大区集中化: 受 5G SA 原生服务化架构的技术因素影响, 多数运营商都选择了核心网控制面大区集中部署+用户面分省设置的网络架构, 而 4G 阶段 EPC 网元都是分省部署。

切片技术引入: 切片是 5G SA 架构中最具创新的

表 1 3G/4G 阶段典型 VPDN 业务开展模式

业务场景	签约位置	承载网关	计费模式
场景 1: 物联网号码签约 VPDN 业务	物联网 HSS	物联网专用 PGW	物联网 BSS 基于客户维度计费
场景 2: 物联网号码签约 VPDN+互联网业务	各省人联网 HSS	省内人联网 PGW(行业 GGSN)	人联网 BSS 基于单用户进行计费
场景 3: 人联网号码仅签约 VPDN 业务, 物联网 BSS 计费	各省人联网 HSS	2 张网承载: 物联网专用 PGW 承载 VPDN+省内人联网 PGW 承载互联网业务	双计费模式: 物联网 BSS 基于客户维度对 VPDN 业务计费+人联网 BSS 基于单用户对普通互联网业务进行计费
场景 4: 人联网号码签约 VPDN+普通互联网业务	各省人联网 HSS	省内人联网 PGW(行业 GGSN)	物联网 BSS 基于客户维度计费
场景 5: 人联网号码仅签约 VPDN 业务, 物联网 BSS 计费	各省人联网 HSS	省内人联网 PGW(行业 GGSN)	物联网 BSS 基于客户维度计费

技术之一, 同时也是所有 UE 在注册、会话建立过程中基本且必不可少的属性。用户注册过程中核心网的选择依靠终端上报/签约/本地配置的 S-NSSAIs 来实

现,网络端到端资源的匹配和保障基于UE建立会话时的切片标识来实现,DNN仅用于选择移动网的出口锚点。

2B、2C核心网独立部署:5G时代运营商面临2C和2B巨大差异化需求的挑战,除了网络功能与性能要求不同之外,2B行业客户还要求能获取更多的网络及用户管理能力。5G基站可以基于切片信息灵活选择核心网,以Y运营商和L运营商为代表,2B、2C核心网独立部署成为国内主流方向。

上述3个因素对用户VPDN业务签约、网络承载、计费实现、客户专线对接方案都产生了直接影响,5G SA阶段需重新研究VPDN业务全环节的继承方案。

## 2 5G SA VPDN业务继承方案

### 2.1 核心网解决方案

综合考虑现有业务签约、承载、计费方案及5G 2B、2C网络分设的情况,5G SA VPDN业务继承原则建

议如下。

- a) 同一个号码的业务在一张网承载。
- b) 按照号码属性,人联网号码在人联网UDM签约,物联网号码在物联网UDM签约。
- c) 按照号码属性,人联网号码业务原则上通过2C 5GC承载,物联网号码业务原则上通过2B 5GC承载,以降低网络复杂度。
- d) 业务初期不依赖终端切片能力,默认1个号码/终端只支持1个切片。

经调研,SA初期针对人联网号码,各运营商尚未部署VPDN业务专用网元(SMF、UPF)。考虑到VPDN专线业务的配置复杂性及频繁性,同时VPDN专线业务对SMF及UPF有特殊功能要求(I-SMF、GRE、L2TP、IPSEC等功能),建议在人联网5GC系统内部署VPDN业务专用SMF和UPF,专门用于承载VPDN专线业务,网络部署方案如图2所示。

人联网号码VPDN业务继承方案如下。

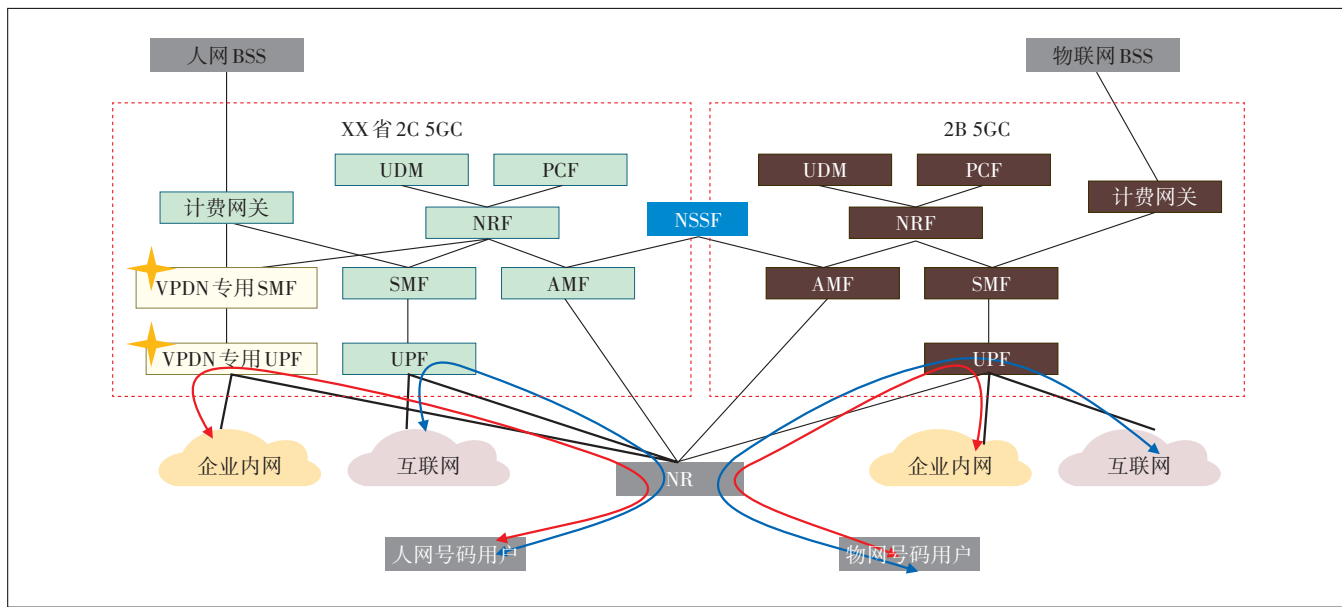


图2 人联网VPDN业务5GC目标网络部署方案示意图

- a) 签约2C切片+定制DNN,业务通过人联网5GC承载。
  - b) 业务归属省VPDN专用SMF、UPF配置定制DNN数据及专线数据。
  - c) 专线业务基于2C切片+定制DNN建立会话,归属地接入。
  - d) 通过人联网BSS计费。
- 人联网号码VPDN+普通互联网业务继承方案如

- a) 签约2C切片,签约通用DNN+定制DNN,业务通过人联网5GC承载。
- b) 业务归属省VPDN专用SMF、UPF配置定制DNN数据及专线数据。
- c) 普通互联网业务基于通用DNN建立会话,拜访地接入。
- d) 专线业务基于2C切片+定制DNN建立会话,归

属地接入。

e) 通过人联网 BSS 计费。

物联网号码 VPDN 业务继承方案: VPDN 专线业务是物联网的基本业务和基本网络能力,无需部署专用 SMF、UPF。物联网号码 VPDN 业务全部通过物联网 UDM 签约,由物联网 5GC 承载,通过物联网 BSS 计费。

物联网号码有叠加互联网业务需求的,需签约通用 DNN,相应业务仍通过物联网 5GC 承载,通过物联网 BSS 计费。

## 2.2 客户侧专线方案

政企客户通常需要采用专线方式接入内部服务。基于目前已冻结的 3GPP R 16 标准来看,5GC 网元仅融合了 4G 功能,综合考虑客户终端群体、网络能力,现有客户的专线继承主要有以下 3 种实现方式。

方案 1:保留 4G 已有专线,新增客户至 SMF/UPF 专线,用于 5G 用户专线接入。5G 用户启用新的 DNN。非 5G 用户通过现网 PGW 承载业务,5G 用户 4G/5G 接入时通过 SMF/UPF 承载业务。该方案下,场景 4 和场景 5(见表 1)同一客户存在 2 种计费方式,同时 5G 用户 2G/3G 接入时无法使用 VPDN 专线业务。

方案 2:将企业用户整体迁移至 5G SA 网络,新增客户至 SMF/UPF 专线,替换原 4G 专线,该方案需要进行用户侧割接。原 APN 可继续使用,也可针对 5G 用户单独启用新 DNN。但由于 5G SMF/UPF 不兼容 2G/3G GGSN 功能,用户在 2G/3G 网络下无法接入,需客户所有终端都支持 4G 功能。

方案 3:客户 5G DNN 与 3G/4G APN 保持一致,新增客户至 UPF/GW 的 5G 专线。5G 签约用户在 4G/5G 接入场景下均通过 UPF/GW 承载业务(基于 IWK 选择),3G 接入场景下继续通过原有 PGW 承载业务。3G/4G 签约用户选择现网 PGW 承载业务。该方案中客户侧需与 PGW/GGSN 和 UPF 分别开设 2 条专线,客户平台可基于终端源地址路由选择 PGW 或 UPF/GW。该方案不适用于签约静态 IP 类客户。

以上 3 个方案均有不同的优缺点,具体方案可由各省与用户协商选择。

## 2.3 AAA 认证解决方案

### 2.3.1 3G/4G 阶段 AAA 认证方式

#### 2.3.1.1 非 L2TP 专线+Radius 认证

3G/4G 阶段 GRE/MPLS VPN /刚性专线+Radius 认证流程如下。

a) GGSN/GW 到客户内网的专线提前配置,AAA 认证平台可在运营商或客户侧部署。

b) 接入鉴权主要由 GGSN/GW 和 AAA 完成。AAA 通过 UE 或 GGSN 携带的鉴权信息,判断用户是否可以接入网络。

c) 业务访问由 GGSN/GW 和 LNS 完成。GGSN 与 LNS 之间通过提前配置好的 GRE 隧道或刚性专线建立连接,用户进行业务时,通过隧道加解封装,实现 GGSN 与 LNS 之间的业务访问。

#### 2.3.1.2 L2TP 专线

首次 AAA 认证由 GGSN/GW 和 LAC AAA 完成。LAC AAA 通过 UE 或 GGSN 携带的鉴权信息,下发 L2TP 链路参数。对于单客户专用 APN,运营商可以通过在 GGSN/GW 本地配置 L2TP 链路参数,该方案不再需要 LAC AAA 首次认证环节。

二次 AAA 认证由 GGSN/GW 和 LNS AAA 完成。GGSN/GW 根据首次认证获取的 LNS 地址请求建立 L2TP 隧道,LNS AAA 完成 UE 认证,认证成功建立会话。

#### 2.3.2 5G 继承方案

原 GGSN/GW 进一步 C/U 分离,演进成 SMF 和 UPF 2 个网元,相比 3G/4G,5G 专线 AAA 认证的核心网处理逻辑不同,具体业务继承方案有以下 2 种。

方案 1:SMF 与 AAA 平台对接完成鉴权认证,在承载网上单独规划 AAA 认证 VPN,实现与运营商其他核心网业务的隔离,UPF 与客户 LNS 对接负责用户数据业务交互,组网方案如图 3 所示。该方案适用于非 L2TP 专线+AAA 认证场景或多客户共用同一 DNN 的 L2TP 专线场景。

非 L2TP 专线业务流程如下。

a) 首先建立企业侧到运营商侧 UPF 的 GRE 隧道或其他非 L2TP 专线。

b) MS 发起会话建立请求(当前终端 SA 接入不支持携带鉴权参数),SMF 根据 DNN 判断用户是否需要 AAA 鉴权。

c) SMF 根据本地配置的通用用户名和密码等鉴权参数向 AAA 发起鉴权请求(当前 5G 终端 SA 接入场景下不支持携带鉴权参数)。

d) AAA 完成鉴权认证,SMF 通知 UPF 建立会话。

e) 会话建立成功,MS 和企业服务器进行通信。

如果客户自己建有 AAA 系统,即客户不通过运营商 VPDN 平台进行认证,建议客户侧 AAA 系统通过各

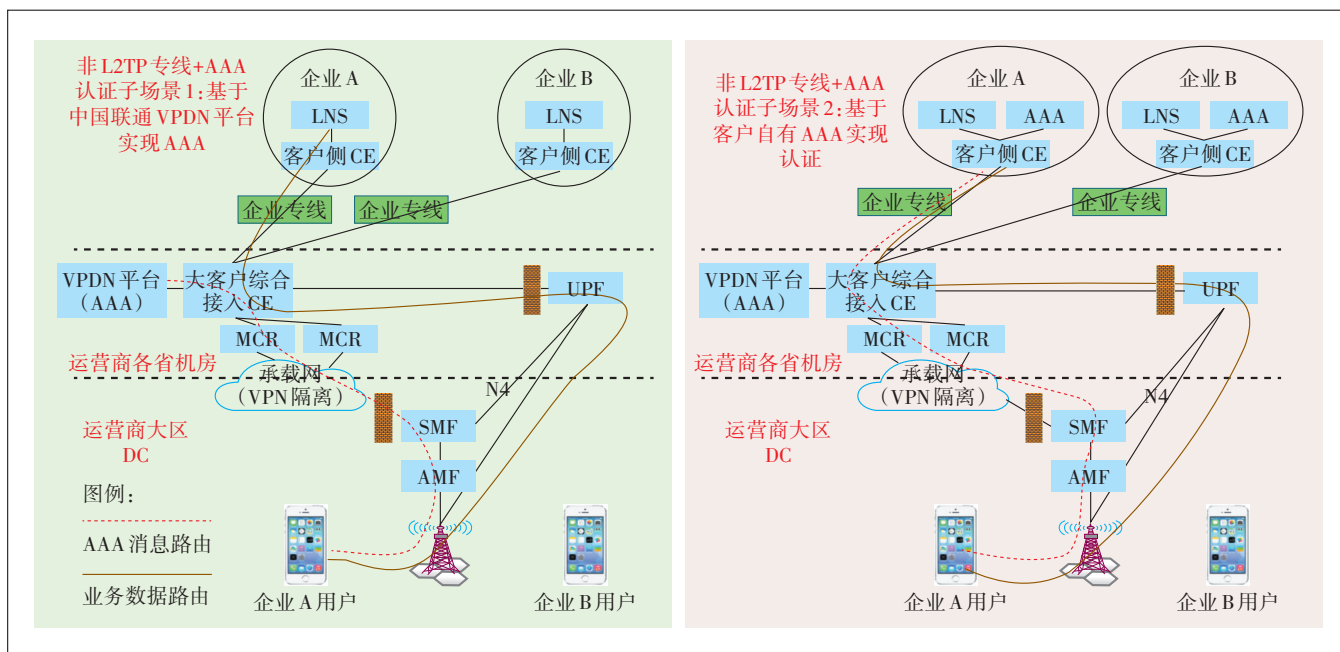


图3 非L2TP专线场景组网示意图

省大客户综合接入CE统一与SMF对接,网络组织如图4所示。

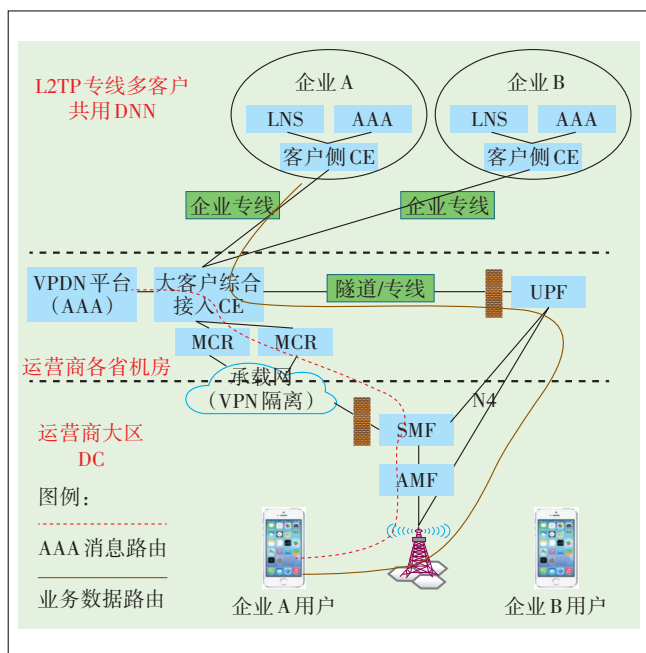


图4 L2TP多客户共用DNN场景组网示意图

L2TP多客户共用DNN业务流程如下。

- a) UE发起PDU会话建立请求消息。
- b) SMF获取UDM中用户SM签约数据,根据DNN判定该PDU是否需要建立L2TP隧道。

c) SMF向LAC AAA(各省VPDN平台)发起认证请求。

d) AAA认证通过,下发L2TP隧道参数。

e) SMF向UPF发起PCFP会话建立请求,携带L2TP隧道参数及用户鉴权参数。

f) UPF与对应LNS请求建立隧道并携带用户鉴权信息。

g) LNS创建隧道成功后,通知UPF隧道创建成功(LNS内部可以针对用户进行二次鉴权)。

h) UPF通知SMF用户会话创建成功。

i) MS和企业服务器进行通信。

方案2:LNS信息预先配置在UPF上,UPF与客户LNS对接负责AAA鉴权及用户数据业务交互,网络组织如图5所示。该方案下SMF无需与AAA系统对接,适用于L2TP专线且客户有独立DNN的业务场景。

方案2的业务流程如下。

a) 用户创建会话阶段,UPF根据DNN下绑定的L2TP隧道信息与对应LNS请求建立隧道并携带用户鉴权信息。

b) LNS创建隧道成功后,通知UPF隧道创建成功(LNS内部可以针对用户鉴权信息做鉴权)。

c) UPF通知SMF用户会话创建成功。

d) 终端和企业服务器进行通信。

该场景下LNS AAA的功能也可以通过运营商各

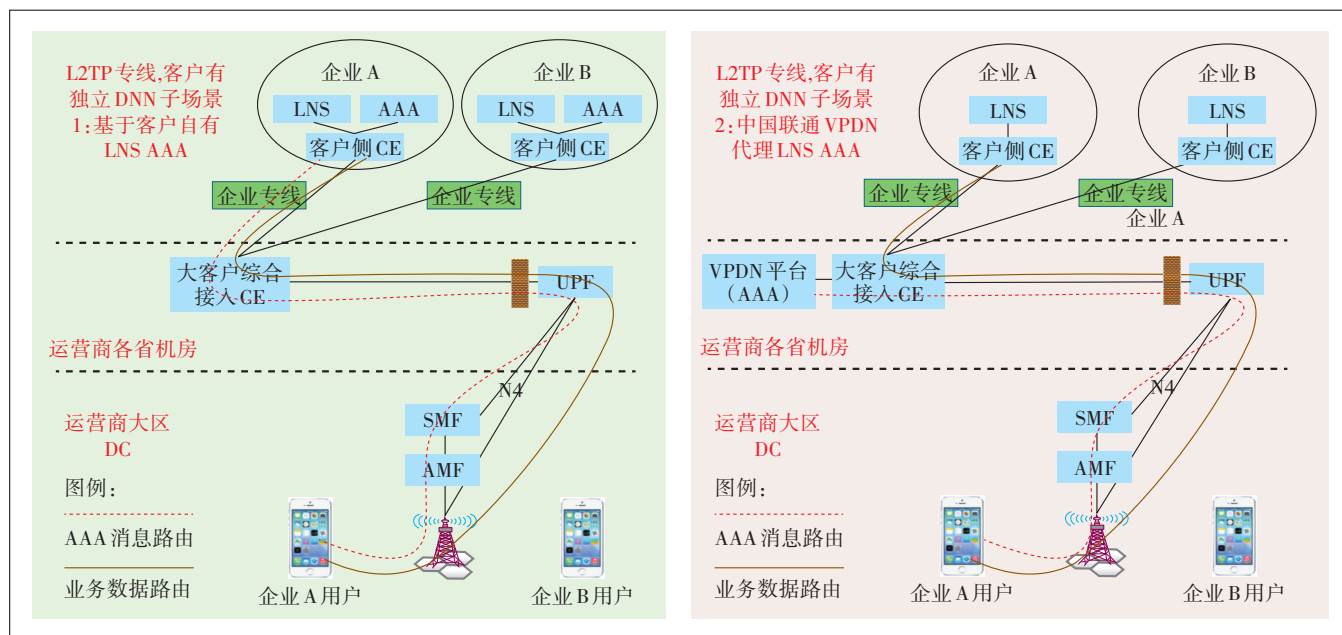


图5 L2TP专线且客户有独立DNN场景组网示意图

省VPDN平台实现。

### 3 5G SA VPDN 业务开展建议

SA初期运营商开展VPDN业务时需深入了解客户需求,并基于现有终端、网络能力对客户进行引导,为客户提供最合适解决方案,整体建议如下。

a) 提前升级VPDN平台支持EAP鉴权,匹配3GPP标准规范,为客户提供更高安全能力。

b) 同一客户内部存在部分5G终端和部分4G终端时,可将客户专线整体割接至5G UPF,客户只保留1条专线。客户也可保留原有专线(服务非5G终端用户),同时新增至5G UPF专线(服务5G终端用户),但客户需要承担2条专线成本。

c) 受3GPP标准及终端因素影响,目前主流5G终端无法通过PCO信元携带AAA认证鉴权参数,只支持在核心网配置客户级的统一认证鉴权参数(AAA的地址分配功能则不受影响),个别客户要求使用独立用户名和密码的需求采用终端定制方案实现。

d) 如果单UE同时有普通互联网业务和VPDN专线业务需求,客户侧需通过APP或终端定制的方式实现业务与DNN的绑定及切换,若客户终端/APP不支持可引导客户使用双卡。

### 4 结束语

VPDN业务是各运营商的核心高价值业务,本文

基于关键网元独立部署和其他网元尽量共用的原则,给出了新增2C VPDN业务专用SMF+UPF的解决方案,可有效降低专线业务配置复杂性/频繁性对2C公众网络的影响,同时避免个性化功能需求引起的全网升级,从而大幅节省建网成本。另一方面,本文对VPDN业务继承原则、全环节解决方案及业务开展提出了系统性建议,为5G VPDN业务的开展奠定了基础,可有效加快5G规模商用。

#### 参考文献:

- [1] 平军磊,刘扬,罗君,等. 5G SA 2B网络部署方案及切片应用策略研究[J]. 邮电设计技术,2020(9):1-6.
- [2] 徐亚楠,蔡超,侯迎龙,等. 物流仓储场景应用下5G网络切片技术的优化方案[J]. 邮电设计技术,2021(4):84-87.
- [3] 郭威,张科锋,李红振,等. 4G移动VPDN业务故障分析及维护建议[J]. 邮电设计技术,2019(1):63-68.
- [4] 李稷楠,王欣,朱旭明,等. 浅谈基于WCDMA分组域的行业应用接入方案[J]. 邮电设计技术,2010(3):31-35.
- [5] 李梦. 4G VPDN免认证应急机制的方案设计与实现[J]. 邮电设计技术,2017(5):86-89.

#### 作者简介:

高功应,毕业于华中科技大学,高级工程师,硕士,主要从事核心网规划、方案、新技术、标准等研究工作;平军磊,毕业于西安电子科技大学,高级工程师,硕士,主要从事5G 2B网络规划及政企专网新技术研究工作;刘凡栋,毕业于南京邮电大学,高级工程师,学士,主要从事核心网专业相关规划咨询设计及网络新技术研究工作;刘扬,高级工程师,主要从事核心网咨询、规划、标准化研究和工程设计工作。