



基于 5GtoB 定制网的数据分流方案研究

曹亚平, 孙颖, 张会肖

(中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209)

摘 要: 随着 5G 网络的不断演进, 面向行业用户的解决方案也更加灵活, 数据分流可以很好地满足客户对于数据不出园区、本地卸载、低时延等迫切需求。介绍了 5G 网络中数据分流能力的需求背景和分流技术原理, 同时结合运营商现网实际部署情况, 论述了基于多数据网络名称 (data network name, DNN) 分流和基于上行链路分类器 (uplink classifier, UL CL) 分流两大类数据分流方案的应用场景、技术实现, 并对不同方案的优点和局限性进行了对比分析, 最后通过实际案例验证了方案的可行性。

关键词: 5GtoB; 数据分流; DNN; UL CL

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022162

Research on 5GtoB customized network based data offloading scheme

CAO Yaping, SUN Ying, ZHANG Huixiao

Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Beijing 102209, China

Abstract: With the continuous evolution of 5G network, 5GtoB solution for industrial users is also more flexible. Data offloading can well meet the urgent needs of customers for data not leaving the park, local unloading, local support, low delay and so on. The demand background of data offloading capability in 5G network and the relevant principles of diversion technology were introduced. At the same time, combined with the actual deployment of operators' existing network, the application scenarios and technical implementation of two kinds of data offloading schemes based on multi data network name (DNN) and uplink classifier (UL CL) were expounded, and the advantages and limitations of different schemes were compared and analyzed. Finally, the feasibility of the scheme was verified by an actual case.

Key words: 5GtoB, data offloading, DNN, UL CL

0 引言

随着 5G 时代的到来, 企业的数据量爆炸

式增长, 按照传统的数据传输方案, 所有的用户数据先到核心网再迁回到业务服务器, 这样会对从接入侧到核心网侧的传输资源造成很大



的冲击,而且数据的迂回必然也会导致时延的增加,影响用户体验。大数据时代企业对通信网络中数据传输的需求主要体现在:高安全需求,一些对于数据和信息安全要求较高的企业,对于内部关键、保密数据,都存在“不出园区、不上公网”的需求,要求数据在企业园区内进行处理、分析;大带宽需求,视频直播、会议、AR/VR等视频娱乐类业务对网络双向宽带要求极高,这类业务接入网络后,会占用网络中大量的带宽资源;低时延需求,还有一些业务,如工业控制、远程医疗、自动驾驶等都对网络的可靠性和传输时延极其敏感,要求网络传输及时、准确,并能满足远程控制的低时延需求。

对于以上各类需求,包括运营商在内的通信行业专家一直在努力研究解决方案,希望能满足5G时代下政企客户的多样化需求,而数据分流就是其中重要的技术之一。本文结合5GtoB业务的客户需求及当前运营商的网络现状,创新性地提出了基于多数据网络名称(data network name, DNN)^[1]和上行链路分类器(uplink classifier, UL CL)技术的5GtoB数据分流方案,为5GtoB客户的数据分流业务提供了理论参考。

1 关键技术

1.1 DNN 分流技术

DNN 分流指5G用户面数据可根据不同DNN路由到不同的客户内网,从而实现不同企业的客户数据分流到不同的客户内网,同时也实现了客户业务的端到端隔离,满足隔离性、安全性的要求。核心网还可以根据客户所用DNN来控制选择用户面功能(user plane function, UPF)网元的位置,针对要求低时延、数据不出园区、本地卸载的用户,可选择离客户园区相对较近的UPF进行数据转发;针对有跨

省漫游的客户,可选择省中心的UPF承载数据转发功能。

DNN在5G核心网中主要有以下三大功能。

- 用于为一个协议数据单元(protocol data unit, PDU)会话选择会话管理功能^[1](session management function, SMF)、UPF等核心网网元。
- 为PDU会话选择N6口网络通道。
- 确定应用于终端PDU会话的策略。

DNN 分流原理为:当终端携带特定DNN发起PDU会话时,会话请求经过无线网、承载网到达核心网后,核心网会根据DNN选择不同的控制面网元(SMF等)和用户面网元(UPF)来承载业务,终端用户也可以根据不同DNN签约不同的服务质量(quality of service, QoS)策略,从而实现不同等级5G用户的差异化传输质量控制。核心网侧还可以通过不同DNN绑定UPF不同的N6口虚拟专用网络(virtual private network, VPN)通道来实现不同终端到不同客户内网的访问。

1.2 UL CL 分流技术

3GPP针对5G用户面的数据分流定义了UL CL功能,即上行分流器。UL CL是对上行业务数据进行分流并对分流后的下行数据聚合的一个处理节点,是UPF支持的功能,旨在将本地业务(如企业内部使用的业务或企业部署的下沉业务)与正常业务区分开^[1-4]。核心网侧通过分流UPF(UL CL UPF)对数据进行分流,与SMF下发的过滤规则匹配,通过PDU会话辅锚点(PDU session anchor2, PSA2)UPF将流量送达给本地网络,其他流量通过主锚点UPF(PSA1 UPF)送达给中心网络。UL CL的插入和删除由SMF通过N4口控制决定,SMF可以决定在PDU会话建立期间或之后在PDU会话的数据路径中插入支持UL CL功能的UPF,或者在PDU会话的数据路径中移除支持

UL CL 功能的 UPF。UL CL 用户面架构如图 1 所示。

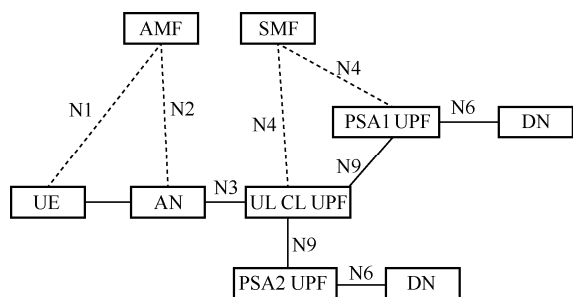


图1 UL CL 用户面架构

1.2.1 UL CL 分流策略涉及的网元及角色

实现 UL CL 功能需要部署 3 种角色的 UPF：主锚点 UPF（PSA1 UPF）、辅锚点 UPF（PSA2 UPF）和 UL CL 分流 UPF。从目前运营商的部署及厂商的实现来看，通常使用核心 UPF 作为主锚点，下沉共享 UPF 或客户独享 UPF 作为辅锚点 UPF 和 UL CL UPF，辅锚点 UPF 和 UL CL UPF 通常合设部署。SMF 基于客户 DNN、数据网络接入标识（data network access identifier, DNAI）跟踪区（tracking area, TA）等数据选择 UL CL UPF 插入，通过辅锚点 UPF 将数据分流到园区业务内网，通过主锚点 UPF 访问公网。UL CL 分流策略中涉及的 3 种角色 UPF 的功能说明如下。

- 主锚点 UPF：用户设备（user equipment, UE）激活时给 UE 分配用户面 IP 地址的 UPF，同时也是 UE 访问 Internet 的会话锚点。
- 辅锚点 UPF：UE 访问本地网络时的边缘侧会话锚点，UE 使用的 IP 地址与主锚点分配的 IP 地址相同。
- UL CL 分流 UPF：负责将业务数据分流到本地 DN 或 Internet 公网。

1.2.2 UL CL 分流原理

UL CL 分流原理如图 2 所示，具体步骤如下。

步骤 1 当 UE 激活或位置发生变化时，SMF 根据本地配置或基于用户签约策略触发策略控制

功能（policy control function, PCF）下发分流策略^[5]，SMF 基于用户的 DNN、位置等信息选择 ULCL UPF 和辅锚点 UPF。

步骤 2 SMF 将选择好的 UL CL UPF 插入当前会话中并对其下发相应的分流规则，UL CL UPF 将数据报文与分流规则做匹配。

步骤 3 当数据报文与分流规则匹配时，UL CL+辅锚点 UPF 执行分流动作，将匹配规则的数据报文从本地 N6 口路由到客户内网。

步骤 4 当数据报文与分流规则不匹配时，UL CL+辅锚点 UPF 将报文通过 N9 口隧道转发到主锚点 UPF，再通过主锚点 UPF 的 N6 口路由到 Internet。

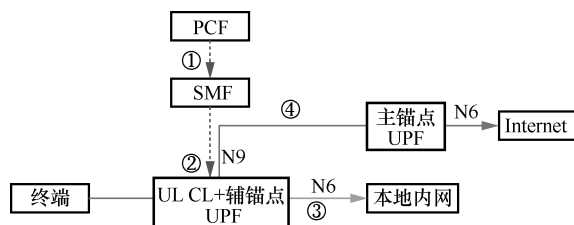


图2 UL CL 分流原理

2 5GtoB 数据分流方案

数据分流从网络实施方案上分为基于多 DNN 的分流方案和基于 UL CL 的分流方案两大类。鉴于初期客户终端不支持多 DNN 并发，基于 DNN 的分流模式适用于客户园区内不同终端使用不同业务的场景；后期客户终端支持多 DNN 并发，则可支持单终端多业务场景。基于 UL CL 的分流模式下客户终端上可仅使用一个 DNN，因此可支持单终端多业务场景和多终端不同业务场景。数据分流产品的总体网络架构中 UPF 的形态包含核心 UPF、边缘共享 UPF、客户独享 UPF 等几大类，数据分流产品网络实施方案示意图如图 3 所示。

2.1 基于多 DNN 分流

2.1.1 适用场景

基于多 DNN 分流的组网方案针对要求根据不同业务类型对数据进行分流的政企客户，通常

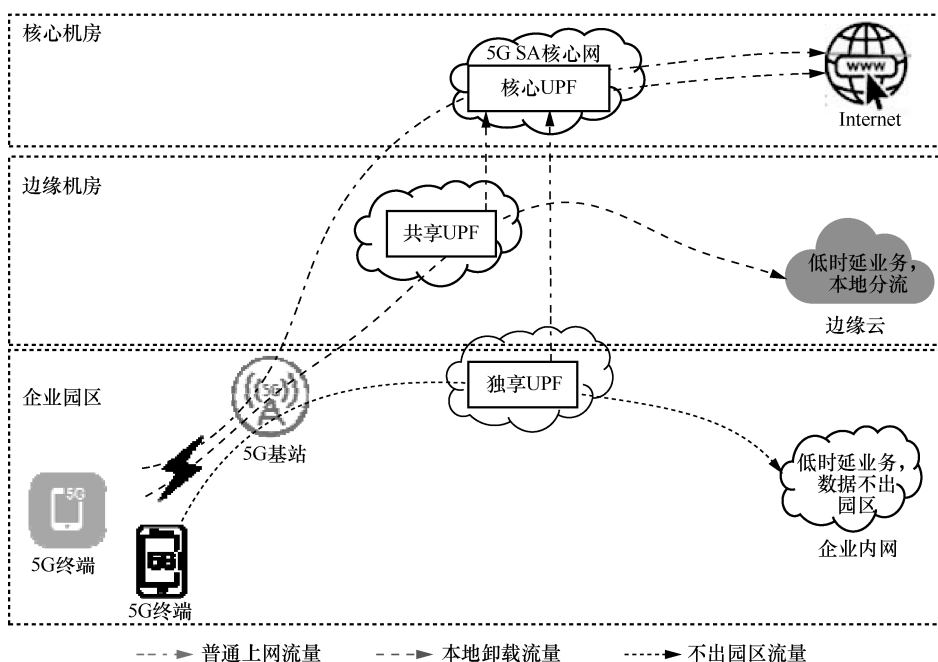


图3 数据分流产品网络实施方案示意图

适用于以下两类场景^[6-16]。

- 适用于隔离性和安全性要求较高且有一定漫游需求的场景。客户可能有一定的漫游需求，但不要求同一终端同一时段既访问客户内网业务又同时访问互联网。
- 适用于要求低时延、数据不出园区、本地卸载且数据不上公网的场景。主要针对数据量较大需要本地卸载，或者数据比较关键要本地处理的 toB 业务。

2.1.2 技术实现

如果客户已开通了 5GtoC 业务，则基于大网默认的 DNN（如中国电信的 CTNET）访问互联网，基于定制 DNN 访问本地内网业务，以此实现用户的数据分流。此方案支持使用核心 UPF、下沉共享的 UPF 或独享 UPF，支持为客户终端分配动态、静态 IP 地址，终端可基于特定 DNN 在特定区域跟踪区域标识（tracking area identity, TAI）发起会话，SMF 可根据特定 DNN、TAI 选择特定 UPF 等。数据分流（多 DNN 分流）网络方案示意图如图 4 所示。

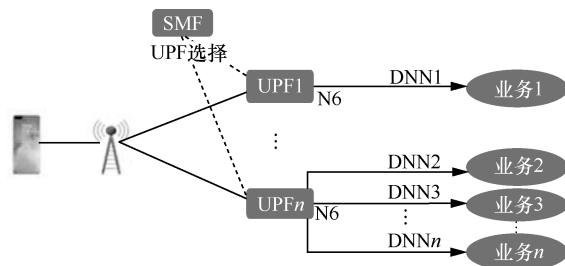


图4 数据分流（多 DNN 分流）网络方案示意图

在此方案中，需要为客户的每个业务分别新建一个 DNN，通过不同 DNN 区分到不同业务内网的路由，终端携带不同 DNN 发起的 PDU 会话可锚定到不同的 UPF，也可以锚定到同一 UPF，可以是中心 UPF，也可以是下沉 UPF，不同的 DNN 对应不同的 N6 口 VPN 隔离不同的客户内网，此 DNN 下的终端只能访问客户内网，不可以访问公网，如同一终端需要使用多个 DNN 对应访问多个业务方向，则由终端手工切换 DNN 的方式来实现 DNN 的选择，且一个用户终端同时只能使用一个 DNN。

此方案的优点在于实现简单，容易形成标准化方案，能够满足大多数客户的需求，不足之处在于客户在访问内网的同时不可以访问公网，需

要手工切换 DNN，客户感知上稍有欠缺。

2.2 基于 UL CL 分流

2.2.1 适用场景

基于 UL CL 分流方案针对具有边缘应用访问或边缘数据存储需求且具有上公网需求的政企客户，客户要求根据不同业务流特征对同一终端上的数据进行分流，部分数据分流至客户内网，部分数据分流至 Internet 公网。

2.2.2 技术实现

UL CL 分流方案支持在客户终端上使用一个 DNN 的情况下，按照业务流特征将不同业务数据分流到公网 Internet 和本地客户内网，此方案支持基于五元组（源/目的 IP 地址、协议类型和源/目的端口）分流、基于域名系统（domain name system，DNS）域名分流等多种分流规则，且支持为客户终端分配动态、静态 IP 地址。

从分流使用的 DNN 类型上划分，UL CL 分流方案可分为基于定制 DNN 的 UL CL 分流、基于专用公共 DNN 的 UL CL 分流和基于 toC 默认 DNN（如 CTNET）的 UL CL 分流。具体如下。

（1）基于定制 DNN 的 UL CL 分流方案

定制 DNN 指为每位企业客户定制一个独立的 DNN，客户业务基于定制的 DNN 来实现数据分流功能。基于定制 DNN 的 UL CL 分流模式网络方案示意图如图 5 所示。

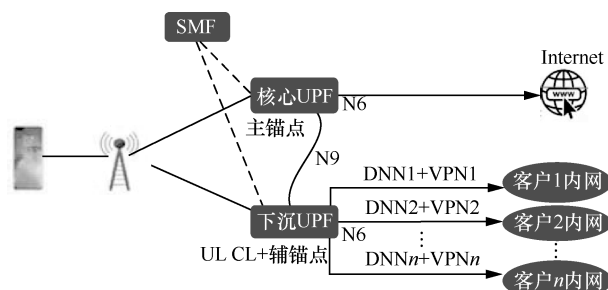


图 5 基于定制 DNN 的 UL CL 分流模式网络方案示意图

此方案的优点在于：首先，业务策略可灵活定制，每位客户有自己独立的 DNN，可基于定制 DNN 实现不同的控制策略和计费策略；其次，厂

商技术限制较小，容易实现，目前核心网厂商均支持此实现方式；最后，此方案还有助于客户实现 DNN 级的二次认证。

此方案也存在一定的局限性：首先，核心网配置复杂，DNN 相关配置属于业务配置，每个定制 DNN 的所有配置均需要在 5G 核心网侧部署实施，而且要在 UPF 主锚点配置每位客户的定制 DNN 与访问公网所用 VPN 的绑定关系，在辅锚点配置与访问本地客户内网所用 VPN 的绑定；其次，在漫游场景下，漫游地上网流量需要先转发到归属地的 UPF，转发路径长、时延敏感型场景体验不好。

（2）基于专用公共 DNN 的 UL CL 分流方案

基于专用公共 DNN 分流指为所有使用 5GtoB 数据分流业务的客户设置一个共用的专用 DNN，此 DNN 区别于 toC 和其他 5GtoB 业务，每位客户通过不同的数据网络接入标识（data network access identifier，DNAI）区分绑定到不同客户内网的路由通道。基于专用公共 DNN 的 UL CL 分流模式网络方案示意图如图 6 所示。

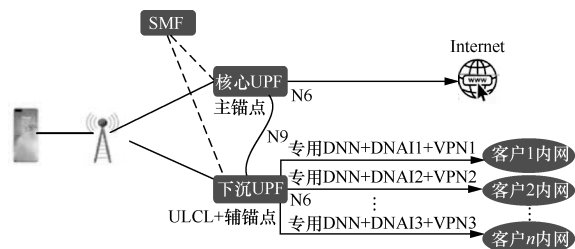


图 6 基于专用公共 DNN 的 UL CL 分流模式网络方案示意图

此方案的优点在于：核心网配置简单，减少了核心网 DNN 相关业务配置，公共专用 DNN 的相关配置可作为预配置提前在现网部署完成。

此方案局限性在于：首先，需要支持下沉 UL CL+辅锚点 UPF 通过不同 DNAI 对应不同 VPN 路由通道来实现隔离不同企业客户的功能，目前厂商对此方案的支持情况有一定的差异，个别厂商不支持此功能，需要推动升级实现；其次，此公共专用 DNN 下所有终端不可互访，由于当前厂商



的实现方案中, UE 终端互访功能是 DNN 级的开关来实现的, 而多个客户共用一个 DNN, 要想实现客户之间的隔离, 就必须关闭此功能开关, 规避不同客户间互访导致信息泄露的风险; 最后, 多客户共用 DNN, 无法通过 DNN 区分客户, 则客户出于安全考虑可能需要客户自行实现二次认证。

(3) 基于 toC 默认 DNN 的 UL CL 分流方案

基于 toC 大网默认 DNN 分流指客户基于原有的 toC 用户使用的大网 DNN (如 CTNET) 实现数据分流功能。基于 toC 默认 DNN 的 UL CL 分流模式网络方案示意图如图 7 所示。

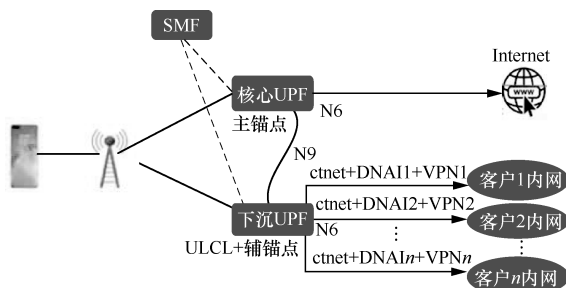


图 7 基于 toC 默认 DNN 的 UL CL 分流模式网络方案示意图

此方案的方案优点在于: 首先, 核心网配置简单, 减少了与 DNN 相关的业务配置, 因为默认 DNN 的配置作为开局预配置已经存在; 其次, 客户终端使用分流业务时无须切换 DNN, 很大程度上提升了客户感知。

此方案也存在一定的局限性: 首先, 存在地址冲突问题, 用户终端地址由运营商分配, 可能和企业私网地址冲突, 需要规划避开大网已用地地址段, 或者客户侧部署双向网络地址转换 (network address translator, NAT) 来规避此问题; 其次, 需要支持下沉 UPF 通过不同 DNAI 对应不同 VPN 隔离不同企业客户的功能, 目前厂商对此方案的支持情况有一定的差异, 个别厂商不支持此功能, 需要推动升级实现; 最后, 多客户共用 DNN, 无法通过 DNN 区分客户, 则客户出于安全考虑可能需要客户自行实现二次认证。

2.3 对比总结

5GtoB 数据分流方案对比见表 1, 清晰地表明了各数据分流方案的原理和优点、缺点, 为不同场景下的客户需求提供了参考。

3 5GtoB 数据分流能力实践验证

本文提出的 5G 定制网 toB 业务数据分流方案已经在全国各省 (区市) 进行了大量的创新实践应用, 实现了在智慧警务、智慧工厂、智慧校园、智慧矿区等多领域的应用突破。针对基于 DNN 的分流模式, 运营商已有多个标杆项目实现落地, 均通过为客户不同业务分别部署不同的 DNN 来满足不同业务分流到不同客户内网的需求。针对

表 1 5GtoB 数据分流方案对比

分流方式	原理	优点	缺点
多 DNN 分流	为每位客户定制一个 DNN; 不同客户在 UPF N6 口通过 DNN 绑定 VPN 方式实现分流	实现简单, 方案成熟, 可满足大多数客户需求	无法同时访问内网和公网; 需要手工切换 DNN
基于定制 DNN 的 UL CL 分流	为每位客户定制一个 DNN; 同一客户的数据流一部分通过 DNAI 绑定 UPF N6 口 VPN 到达客户内网, 另一部分通过 N9 至中心 UPF 然后到 Internet	可同时访问内网和公网; 业务策略灵活可定制; 厂商技术限制较小	需要手工切换 DNN; 漫游场景下时延较高
基于专用公共 DNN 的 UL CL 分流	使用数据分流业务的所有客户均使用已规划的专用公共 DNN; UL CL 数据分流原理同上	可同时访问内网和公网; 实现简单	终端互访受限; 客户二次认证功能受限; 厂商能力不完善
基于 toC 默认 DNN 的 UL CL 分流	客户使用 toC 大网默认 DNN; UL CL 数据分流原理同上	可同时访问内网和公网; 实现简单; 无须切换 DNN, 客户感知好	存在地址冲突问题; 客户二次认证功能受限; 厂商能力不完善

基于 UL CL 的分流模式, 运营商也不同程度地实现了创新性的应用突破, 通过 UL CL 分流模式实现了客户部分数据流数据不出园区、本地卸载, 部分数据流访问互联网的需求^[17-24]。

智慧警务数据分流业务组网示意图如图 8 所示, 以智慧警务为例验证了本文提出的 5GtoB 数据分流方案的可行性。此示例通过 DNN 分流模式实现了将来 5G 接入点的监控摄像机、警车 4K 摄像机、无人机等不同终端产生的业务流分别路由到不同的本地业务平台, 通过 UL CL 分流模式实现了手机终端在不切换 DNN 的情况下部分数据流路由至客户内网、其他大网业务正常访问互联网各业务平台。

4 结束语

本文对 5GtoB 定制网的数据分流业务进行了探索研究, 提出了基于多 DNN 和 UL CL 技术的数据分流方案及各方案适用场景, 并对 UL CL 分流模式进行了不同场景下的细分。研究分析表明当客户不需要同时访问公网和内网时, 选择多 DNN 分流模式; 当客户需要同时访问公网和内网而且又需要灵活的业务或计费策略时, 可选择基于定制 DNN 的 UL CL 分流模式; 当客户需要同时访问公网和内网又不想切换 DNN 时, 可选择基于 toC 默认 DNN 的 UL CL 分流模式; 当客户需要同时访问公网和内网又无其他特殊策略要求

时, 可选择基于公共专用 DNN 的分流模式。本研究为 5G 定制网业务的规划和客户业务方案设计提供了参考。后续将进一步研究突破不同分流方案的局限性的新技术、新方案。

参考文献:

- [1] 3GPP. System architecture for the 5G system (5GS); stage2 (Release 16): TS 23.501 V16.2.0 [S]. 2019.
- [2] 3GPP. Procedures for the 5G system (Release 15): TS 23.502 V16.1.0[S]. 2019.
- [3] 3GPP. Policy and charging control architecture (Release 16): TS 23.203 V16.2.0[S]. 2019.
- [4] 3GPP. 5G system; session management services (Release 15): TS 29.502 V2.0.0[S]. 2018.
- [5] 3GPP. Policy and charging control framework for the 5G system (5GS); stage2 (Release 15): TS 23.503 V15.1.0[S]. 2018.
- [6] 李英忠. 基于 5G 医疗定制网的远程手术的实践与思考[J]. 电信科学, 2021, 37(11): 104-114.
- LI Y Z. Remote surgery based on 5G medical customized network practice and thoughts[J]. Telecommunications Science, 2021, 37(11): 104-114.
- [7] 李伶, 王华. 5G 智慧校园业务场景中 MEC 分流方案研究[J]. 电信科学, 2022, 38(1): 170-178.
- LI L, WANG H. Research on MEC traffic offloading scheme in 5G smart campus business scenarios[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(1): 170-178.
- [8] 聂衡, 赵慧玲. 支持行业应用的 5G 核心网方案[J]. 移动通信, 2021, 45(1): 2-5.
- NIE H, ZHAO H L. 5G core network solution for industry application[J]. Mobile Communications, 2021, 45(1): 2-5.
- [9] 何宇锋, 林奕琳, 单雨威. 5G MEC 分流方案探讨[J]. 移动通信, 2020, 44(9): 49-57.
- HE Y F, LIN Y L, SHAN Y W. Study on 5G MEC offloading scheme[J]. Mobile Communications, 2020, 44(9): 49-57.

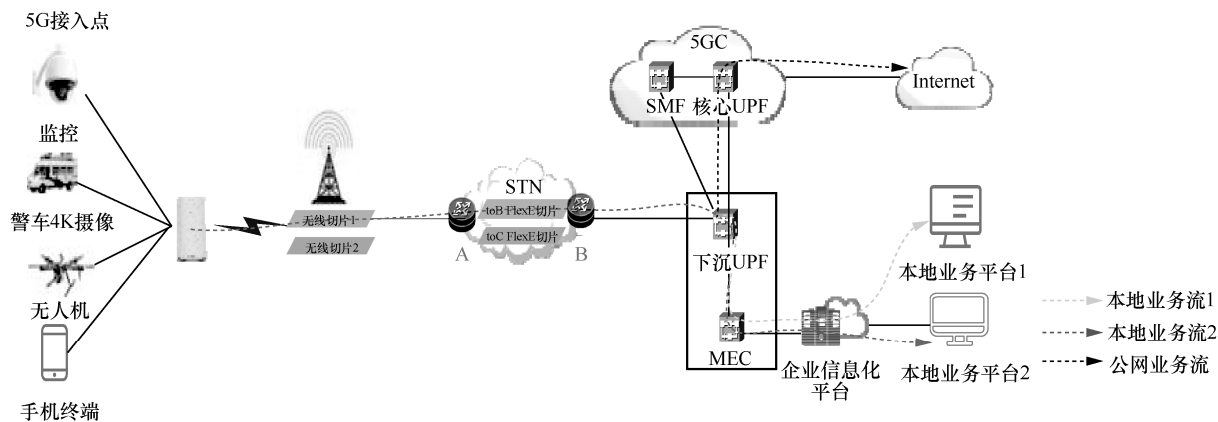


图8 智慧警务数据分流业务组网示意图



- [10] ZHOU Y Q, TIAN L, LIU L, et al. Fog computing enabled future mobile communication networks: a convergence of communication and computing[J]. IEEE Communications Magazine, 2019, 57(5): 20-27.
- [11] ZHOU Y Q, LIU L, WANG L, et al. Service-aware 6G: an intelligent and open network based on the convergence of communication, computing and caching[J]. Digital Communications and Networks, 2020, 6(3): 253-260.
- [12] QI Y L, ZHOU Y Q, LIU Y F, et al. Traffic-aware task offloading based on convergence of communication and sensing in vehicular edge computing[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2021, 8(24): 17762-17777.
- [13] 张建敏, 谢伟良, 杨峰义, 等. 移动边缘计算技术及其本地分流方案[J]. 电信科学, 2016, 32(7): 132-139.
ZHANG J M, XIE W L, YANG F Y, et al. Mobile edge computing and application in traffic offloading[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(7): 132-139.
- [14] 陈云斌, 王全, 黄强, 等. 5G MEC UPF 选择及本地分流技术分析[J]. 移动通信, 2020, 44(1): 48-53.
CHEN Y B, WANG Q, HUANG Q, et al. 5G MEC UPF selection and traffic offloading technology analysis[J]. Mobile Communications, 2020, 44(1): 48-53.
- [15] 余胜泉, 陈璠, 李晟. 基于 5G 的智慧校园专网建设[J]. 开放教育研究, 2020, 26(5): 51-59.
YU S Q, CHEN F, LI S. Private network construction of 5G-based smart campus[J]. Open Education Research, 2020, 26(5): 51-59.
- [16] 陈志伟, 郭宝, 张阳. 5G 网络边缘计算 MEC 技术方案及应用分析[J]. 移动通信, 2018, 42(7): 34-38.
CHEN Z W, GUO B, ZHANG Y. MEC technical solution and application analysis of 5G network edge computing[J]. Mobile Communications, 2018, 42(7): 34-38.
- [17] “移动学习”教育部-中国移动联合实验室. 5G+智慧教育白皮书[R]. 2019.
The Joint Laboratory for Mobile Learning-Ministry of Education- China Mobile Communication Corporation. White paper on 5G+ smart education[R]. 2019.
- [18] AHMED E, GANI A, SOOKHAK M, et al. Application optimization in mobile cloud computing: motivation, taxonomies, and open challenges[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2015(52): 52-68.
- [19] DAVIS G. More than 50 billion connected devices[R]. 2011.
- [20] DINH H T, LEE C, NIYATO D, et al. A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches[J]. Wireless Communications and Mobile Computing, 2013, 13(18): 1587-1611.
- [21] Ericsson mobility report[R]. 2013.
- [22] LIU J Y, AHMED E, SHIRAZ M, et al. Application partitioning algorithms in mobile cloud computing: taxonomy, review and future directions[J]. Journal of Network and Computer Applications, 2015(48): 99-117.
- [23] AHMED E, AKHUNZADA A, WHAIDUZZAMAN M, et al. Network-centric performance analysis of runtime application migration in mobile cloud computing[J]. Simulation Modelling Practice and Theory, 2015(50): 42-56.
- [24] 3GPP. Local IP access and selected IP traffic offload (LI-PA-SIPTO) (Release 10): TR 23.829[S]. 2011.

[作者简介]



曹亚平(1984-), 女, 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为 5G 政企产品开发、云网融合技术等。



孙颖(1977-), 女, 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为 5G 政企产品研发、云网融合、SDN 等。



张会肖(1983-), 女, 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为云网融合、SDN 等。