

行业5G专网与运营商5G网络 语音业务对接方案

Interworking Solution Between Industry 5G Private Network and 5G Network Voice Service of Operators

石雨轩,陈 丰,李雷敏,罗建华(中国联通广东分公司,广东 广州 510627)

Shi Yuxuan,Chen Feng,Li Leimin,Luo Jianhua(China Unicom Guangdong Branch,Guangzhou 510627,China)

摘 要:

随着5G专网的逐渐普及,公网、专网语音业务的互通也逐渐成为运营商的重点研究方向。对此,针对5G专网+IMS的部署方案进行了研究,深入探讨了3种不同模式的公网、专网语音业务对接方案,并进行了多维度分析对比,最后给出了方案建议。

关键词:

5G;专网;语音业务

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2025.04.016

文章编号:1007-3043(2025)04-0081-06

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

With the gradual popularization of 5G private networks, the interconnection of voice services between public and private networks has gradually become a key research direction for operators. In response to this, it conducts research on the deployment scheme of 5G private network+IMS, deeply explores three different modes of public private network voice service docking schemes, conducts multidimensional analysis and comparison, and provides suggestions in the end.

Keywords:

5G; Private network; Voice service

引用格式:石雨轩,陈丰,李雷敏,等. 行业5G专网与运营商5G网络语音业务对接方案[J]. 邮电设计技术,2025(4):81-86.

0 引言

随着5G网络的快速发展,5G逐渐与千行百业相融合,在工业、医疗、教育、交通等领域逐步拓展深化。5G专网作为运营商网络(简称公网)的补充,是指在特定区域实现网络信号覆盖,为特定用户在组织、指挥、管理、生产、调度等环节提供通信服务的专业网络^[1]。

5G专网与5G公网的区别主要在于公网为社会大众服务,专网为特定对象服务。5G专网通过VoNR语音解决方案,能够提供比2G、3G、4G更高质量的通话

体验,对原有通话业务进行了视频化、智能化、个性化的升级。但5G专网和公网仍存在“物理隔离”,无法直接完成语音业务的对接。本文主要研究行业专网与运营商专网的语音业务对接方案。

1 行业5G专网的部署

1.1 行业5G专网部署方式

5G专网具备高带宽、低延迟、多接入等特点^[2],可根据用户的需求定制不同的标准,例如有些企业会更加注重5G网络的控制性、安全性、隐私性等等。因此,通过5G专网为企业提供定制化网络时,可以根据现场场景、工作类型提供不同的配置,灵活安全稳定,优势

收稿日期:2025-03-06

明显。

根据目前行业应用需求的特点,行业 5G 专网的部署方式可分为以下 3 类(见图 1)^[3]。

a) 虚拟专网。在虚拟专网建设方案中,行业专网与运营商 5G toB 核心网共享网元,企业无独享网元,运营商的 5G toB UPF 与企业内网建立专线连接。网络中的用户数据只经过运营商设备,不经过互联网,同时数据面网元与企业内网对接可采用 GRE、L2TP 等隧道协议,有效保障了行业数据的安全。

b) 混合专网。在该方案中,行业专网的信令面网元与运营商 toB 公众网络共用,新建企业独享数据面网元 UPF。UPF 下沉至企业园区内机房进行部署,通过 N6 接口与企业内网对接。

c) 独立专网。在独立专网中,数据面网元以及部分或全部信令面网元下沉独享。核心网给企业终端签约专属切片标识和 DNN,当企业终端接入网络时,基站会根据切片标识将信令发送至企业专享信令面网元,信令面网元会根据签约的切片标识和 DNN,将数据面承载建立在企业独享 UPF 上。

对于上述 3 种网络来说,虚拟专网和混合专网的语音业务都需要依赖运营商的 5GC 和 IMS 网络进行通信。而对于独立专网来说,若支持语音业务,则需要在专网本地部署 IMS 网元。同时,由于独立专网网络的隔离性,本地部署的 IMS 网元只能为专网内的用户提供语音业务,无法与运营商网络的语音业务进行互通^[4]。

1.2 行业 5G 专网语音业务需求分析

在一些诸如煤矿、电力的专网业务场景中,客户可能处在运营商无法覆盖的区域中,此时需要通过 5G 专网来实现 5G 网络的延伸。5G 专网作为客户建设的

5G 专用网络,不承载大网用户,因此具备安全隔离、资源专享等特点。但也因为该特点,专网用户通常与公网用户存在通信“壁垒”^[5]。

专网的重要应用之一为调度指挥,用户需要在专网覆盖的区域内使用语音、视频、集群调度等业务。但由于专网网络的独立性,5G 专网仅能实现本地数据的传输,专网用户需要单独配备连接专网的手机和号码,该号码也无法与运营商网络进行通信^[6]。当用户位于运营商网络无法覆盖的区域时,只能通过专网终端进行通信,公网用户则无法与其进行通信,这对专网网络的通信保障能力提出了挑战。因此,如何解决行业专网与运营商网络的业务对接问题,是 5G 专网持续发展的关键之一。

2 5G 语音专网架构

2.1 5G 专网核心网

5G 专网核心网需要满足园区等专网市场的网络专用化、设备轻量化、部署灵活化等个性化需求。因此相比运营商大网核心网而言,5G 专网核心网将会内置部分独立网络实体功能,融合同类网元,以满足最小化 5GC 部署^[7]。

5G 专网核心网可分为控制面网元和用户面网元 2 个部分(见图 2),控制面网元如 AMF、SMF、UDM、PCF 等主要提供接入和移动性管理、会话管理、用户签约数据存储管理以及策略控制等功能;用户面网元 UPF 主要提供用户数据的转发功能^[8]。

该极简型的 5G 专网网络架构具备以下几个特点^[9]。

a) 取消了标准 5GC 中的 NRF 和 NSSF,其相关功能融合进了专网的 AMF/SMF 网元中。

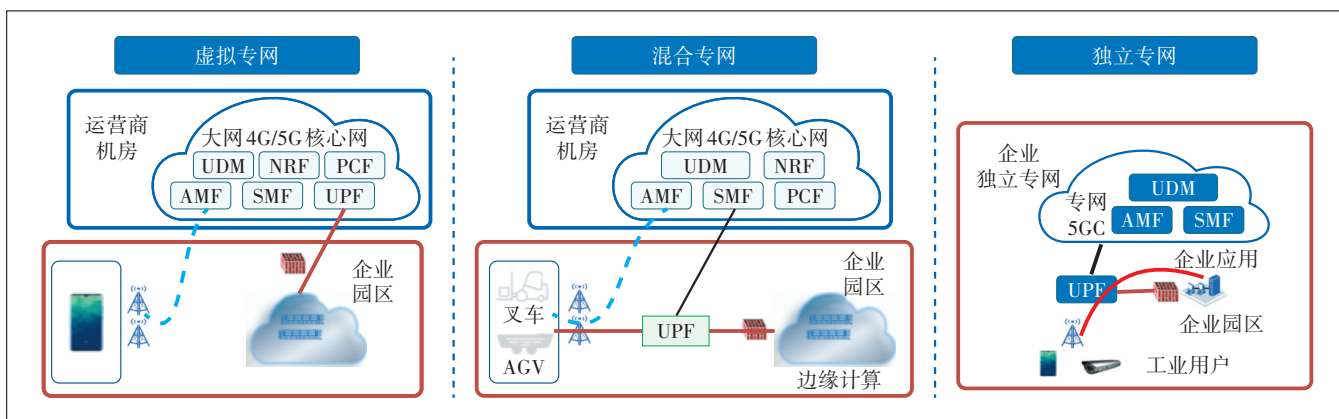


图 1 行业 5G 专网部署方式

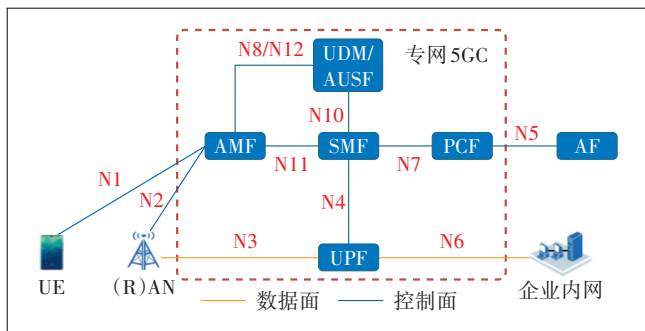


图2 5G专网核心网架构

b) UDR 和 AUSF 从单独设置改为融合设置。AUSF 和 UDR 整合到 UDM 中,相应的用户认证过程将在内部快速处理,减少跨网元的信息交互。

c) 专网 UPF 配置不同的媒体面容量模型,适合 10G、30G 等多种专网低吞吐量需求。

2.2 专网 IMS 系统

IMS 是一种基于 IP 网络的多媒体服务体系结构,旨在为移动通信网络提供各种多媒体服务。IMS 的主要特点有全 IP 的协议栈和接入无关性,这意味着它可以支持固网和移动网络的接入,提供语音、视频、消息等多媒体服务^[10]。

IMS 的系统架构由多个核心组件和网元组成,包括 P-CSCF、S-CSCF 和 I-CSCF,这些组件负责终端设备的注册、身份验证、呼叫会话的建立和终止等功能^[11]。此外,UDM/HSS 作为核心数据库,存储用户信息、鉴权数据和业务策略。专网 IMS 架构如图 3 所示。

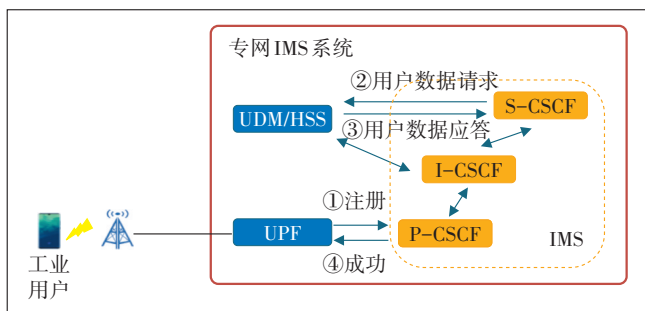


图3 专网 IMS 架构

专网 IMS 系统支持多种通信服务和应用,具体包括以下几项^[12]。

a) 语音通话。高质量的语音通话服务通过 IP 网络进行传输,使用语音编解码器(如 G.711 和 G.729)进行媒体编码和压缩,以确保语音的清晰度。语音通话服务还支持呼叫等待、呼叫转接和呼叫录音等功能。

b) 视频通话。视频通话服务通过 IP 网络传输实

时视频流,使用视频编解码器(如 H.264 和 H.265)进行媒体编码和压缩,以确保视频的流畅度。视频通话服务还支持视频切换、多方视频会议和视频共享等功能^[13]。

c) 多媒体消息传递。IMS 支持多媒体消息传递服务,允许用户发送和接收文本、图片、音频和视频等多媒体消息。多媒体消息传递服务还支持消息通知和消息状态报告等功能。

2.3 5G 语音专网

针对有语音、调度业务需求的专网,为实现专网内的独立承载以及超低时延的目标,通常会将 AMF、SMF、UDM、PCF 以及 UPF 等网元全部下沉至专网内^[14],保证控制信令和业务数据不出企业园区,满足专网的通信安全需求^[15];同时下沉 1 套 IMS 多媒体子系统,实现 5G 专网下的 VoNR 语音通话。IMS 配置 I-SBC 并对接大网 IMS,实现大小网语音功能互通。5G 语音专网整体架构如图 4 所示。

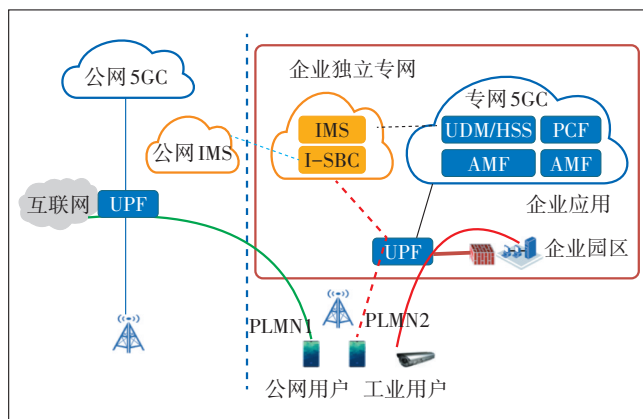


图4 5G 语音专网整体架构

专网 IMS 系统通过 I-SBC 和运营商网络的 IMS 互联,实现专网 VoNR 和公网语音网络的语音/视频互通;同时,媒体面采用 RTP 通过 I-SBC 进行互通^[16]。

3 语音业务对接方案

行业专网与运营商网络的语音业务对接,除了在媒体面通过 I-SBC 与运营商 IMS 实现互通以外,还涉及用户数据的获取、一(双)卡互通、号卡同步等问题。下文将结合上述问题对几种方案进行介绍。

3.1 双卡方案

此方案专网需部署专用的 UDM 服务器,终端配置 2 张 SIM 卡,一张用于公网,一张用于专网。公网 SIM 卡为公网运营商放号,配置全网可用的号码(长号,如

186****6501); 专网 SIM 卡为专网放号, 配置只在专网可用的号码(短号, 如 6501)。

当手机处于公网无线信号覆盖下时, 使用长号接入公网运营商网络, 开展语音业务。此场景为原有公网手机通话流程, 无需与专网交互。

当手机进入行业专网并处于专网无线信号覆盖下时, 专网手机使用短号接入专网 IMS。

a) 专网手机互相使用短号进行互通。

b) 当专网手机作为主叫呼叫公网手机时, 专网手机使用短号呼出。专网网关需将呼叫信令中的主叫短号替换为手机公网长号, 并设置 SIP PAI Address (如 tel: 186****6501) 以便公网 SBC 进行主叫校验。

c) 公网手机呼叫专网手机。

(a) 公网无法为专网短号段配置特殊的拨号计划和呼叫路由, 公网手机只能呼叫专网手机对应的公网长号。

(b) 由于公网手机无法获知被叫专网手机当前所在的网络, 公网手机需配置“不可及呼叫转移”, 如: 当呼叫 186****6501 不可及, 转移至呼叫 020123456501。呼叫转移号码需由公网运营商分配, 可在每个手机上单独配置, 也可在运营商网络侧统一配置。

(c) 公网 I-SBC 网关将 020123456501 的呼叫请求路由到专网 I-SBC, 专网 I-SBC 收到请求后将其映射为专网短号并转发至专网 IMS。

(d) 长短号之间的映射关系可根据实际情况进行配置, 即可为无关联的一对一映射, 也可通过添加或者删除字冠的方式实现。一般推荐一对一映射方式,

这便于专网短号编码。

4 种呼叫场景的流程如图 5 所示。双卡方案采用一机双卡上层业务互通的方式, 具有专网短号操作简化、公网长号保留使用的优点, 保留了专网数据的私密性, 同时具备在公专网络故障时仍能独立提供专网语音业务的能力。

3.2 单卡共享方案

单卡共享方案的终端只配置一张公网 SIM 卡, 其号码为公网正常号码。专网无需部署专用 UDM 服务器, 与大网共享 UDM 网元。专网 5GC 通过公网 UDM 间的 Nudm 接口获取用户鉴权和签约数据并提供移动接入服务, 专网 IMS 通过公网 HSS 间的 Cx 接口获取 SIP 鉴权数据并提供 SIP 接入服务, 专网 IMS 通过与公网 SIP 网关对接提供出局语音服务。

基于专网与公网间接口, 公网可实时获得终端当前的服务区域。无论是在公网无线信号覆盖下, 还是在专网信号覆盖下, 该方案均采用公网号码进行呼叫, 无需进行特殊的映射转换, 呼叫流程相对简单。

a) 专网手机互相使用长号进行互通。

b) 专网手机作为主叫呼叫公网手机。

(a) 专网手机使用长号呼出。

(b) 专网 IMS 到公网 UDM 查询用户注册信息, 将呼叫转发到专网 I-SBC。

(c) 专网 I-SBC 通过路由分析将呼叫转发到公网 IMS, 以完成公专呼叫续接。

c) 公网手机作为主叫呼叫专网手机。

(a) 公网手机使用长号呼出。

(b) 公网 IMS 到公网 UDM 查询用户注册信息, 将

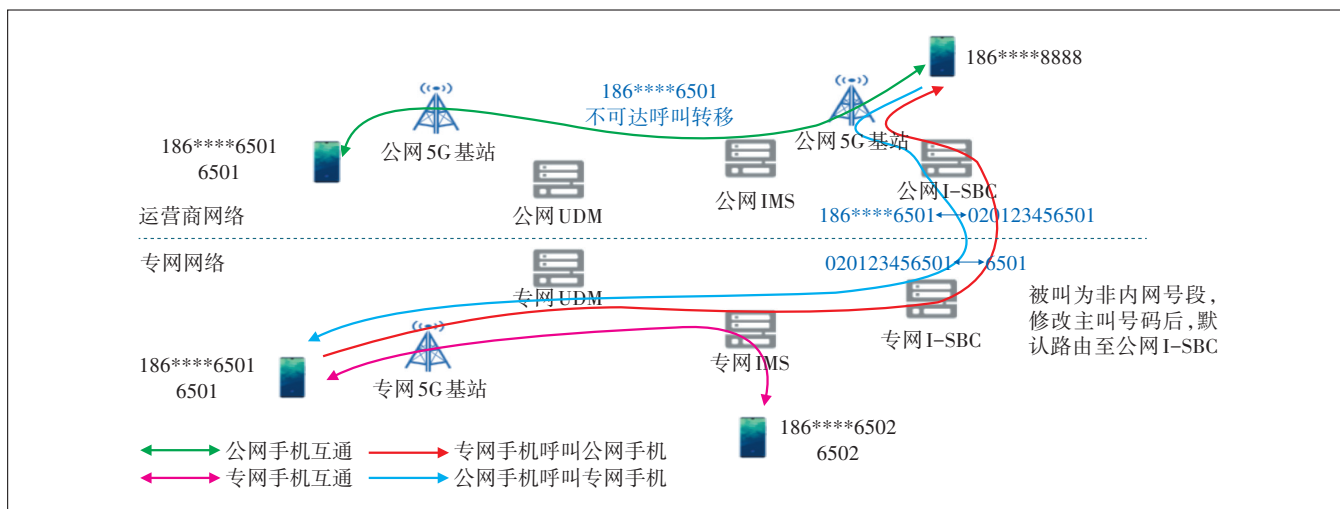


图5 双卡方案呼叫流程

呼叫转发到公网 I-SBC。

(c) 公网 I-SBC 通过路由分析将呼叫转发到专网 IMS,以完成公专呼叫续接。

4 种呼叫场景的流程如图 6 所示。单卡共享方案采用一机一卡一号的方式,无需区分公网长号或专网短号。该方案共享运营商的 UDM 网元,5G 网络可感知用户实际位置,如用户处于专网内或运营商网络内,并可以实现公专网络的无缝切换,便于使用。

3.3 单卡同步方案

单卡同步方案的终端只配置一张公网 SIM 卡,其号码为公网正常号码。专网需部署专用 UDM 服务器,专网 UDM 通过特定 VPN 接口与公网 UDM 进行号卡同步。在公网 UDM 开卡后,将信息发送至卡数据同步中心,由卡数据同步中心发送至下沉专网 UDM,完成号卡在公网 UDM 和专网 UDM 的签约。专网 IMS 通过与专网 UDM/HSS 间的 Cx 接口获取 SIP 鉴权数据并提供 SIP 接入服务,专网 IMS 通过与公网 SIP 网关对接提供出局语音服务。

单卡同步方案的部分呼叫流程与单卡共享方案中描述的流程类似。但由于公网、专网 UDM 仅进行签约数据的同步,当用户不在专网时,专网 UDM 无法获得用户的实时位置信息,因此专网用户作为主叫用户时需依靠专网 IMS 本地信息来判断被叫用户是否为专网用户,具体呼叫如下。

- a) 专网手机相互使用长号进行互通。
- b) 专网手机作为主叫呼叫公网手机。
 - (a) 专网手机使用长号呼出。
 - (b) 专网 IMS 根据本地用户注册信息,判断被叫

为非本地用户,将呼叫转发到专网 I-SBC。

(c) 专网 I-SBC 通过路由分析将呼叫转发到公网 IMS,以完成公专呼叫续接。

c) 公网手机作为主叫呼叫专网手机。

(a) 公网手机使用长号呼出。

(b) 公网 IMS 到公网 UDM 查询用户注册信息,将呼叫转发到公网 I-SBC。

(c) 公网 I-SBC 通过路由分析将呼叫转发到专网 IMS,以完成公专呼叫续接。

4 种呼叫场景的流程如图 7 所示。单卡同步方案采用一机一卡一号的方式,无需区分公网长号或专网短号,呼叫流程相对简单,无需进行过多的号码映射或转换。由于 UDM 网元独立部署,当公专网络出现故障时,专网中已同步的号卡可持续提供网络服务。

3.4 方案对比

表 1 给出了几种方案的关键能力的区别对比,项目实施时可根据现场环境以及项目预算选择合适的对接方案。

4 结束语

随着 5G 技术的不断发展和普及,5G 公网、专网语音业务互通的实现将更加成熟和稳定。可以预见,未来将会有更多的应用场景和功能被开发出来,进一步提升用户体验,例如 5G 视频通话、5G 高清语音、5G 新通话等功能也将会成为 5G 公网、专网语音业务互通的重要组成部分。此外,随着物联网业务的发展,5G 公网、专网语音业务互通业务也将在智慧城市、智慧矿山、智慧医疗等领域发挥更大的作用。

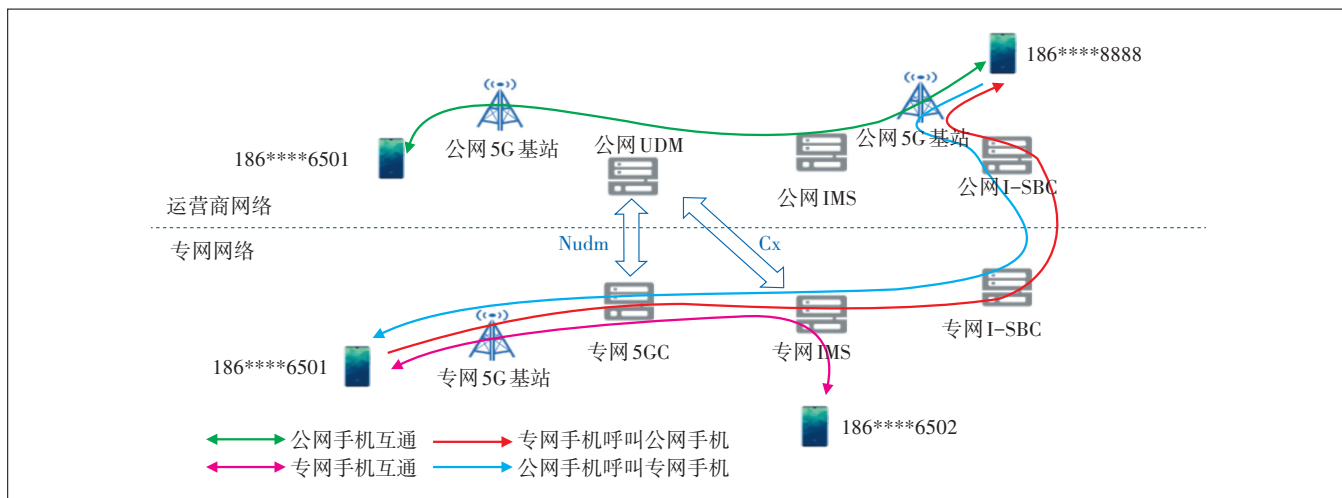


图6 单卡方案呼叫流程

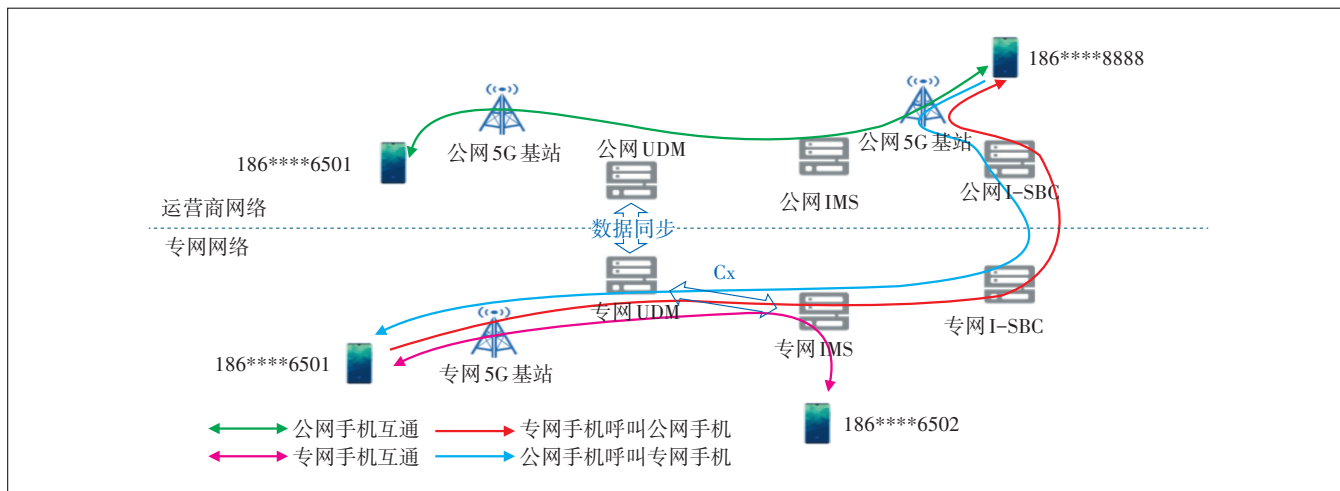


图7 单卡同步方案呼叫流程

表1 几种行业专网与运营商网络业务对接方案对比

关键能力	双卡方案	单卡共享方案	单卡同步方案
组网	核心网控制面和用户面本地部署, 独立运行	核心网控制面和用户面本地部署, 独立运行, 仅UDM与公网共享	核心网控制面和用户面本地部署, 独立运行
可靠性	专网具备独立提供服务的能力, 可避免公网故障导致专网无法正常运作的情况	若公网出现故障, 专网无法访问公网UDM, 导致网络瘫痪	专网具备独立提供服务的能力, 公网出现故障时, 专网中已同步的号卡可持续提供网络服务
业务	采用一机双卡上层业务互通的方式, 具有专网短号简化操作, 公网长号保留使用的优点。保留了专网数据私密性, 但卡号资费增加	采用一机一卡一号的方式, 无需区分公网长号或专网短号, 可以做到公网网络无缝切换, 便于使用	采用一机一卡一号的方式, 无需区分公网长号或专网短号。但因公网UDM未对用户位置信息等数据进行同步, 公网网络切换时可能存在异常
实施与维护	呼叫流程较复杂, 需要进行号码映射、呼叫转移等配置, 中间任意环节出错即会导致业务通信故障, 可维护性较低	呼叫流程简单, 无需进行过多的号码映射或转换。但专网5GC/IMS与公网UDM间接口对接调试工作量较大, 实施周期可能较长	呼叫流程简单, 无需进行过多的号码映射或转换。专网UDM需支持大网用户数据同步功能

参考文献:

- [1] 3GPP. System architecture for the 5G system (5GS): 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2024-12-26]. <http://np.3gpp.org/Spees/>.
- [2] 中国工业互联网研究院. 工业互联网创新发展成效报告(2018-2021年) [EB/OL]. [2024-12-28]. https://www.cbdio.com/BigData/2021-11/01/content_6166927.htm.
- [3] 赵际洲, 周欣, 谷群, 等. 5G双域专网解决方案浅析[J]. 移动通信, 2022, 46(1): 20-26.
- [4] 郑巍, 邓海英. 5G流量卸载方案与典型场景分析[J]. 通讯世界,

2020, 27(1): 198-199.

- [5] 李立平, 李振东, 方琰威. 5G专网技术解决方案和建设策略[J]. 移动通信, 2020, 44(3): 8-13.
- [6] 王杉, 傅俊峰, 李宏平, 等. 5G专网混合组网方案研究与应用[J]. 信息通信技术, 2022, 16(1): 34-39.
- [7] 孙继平. 煤矿智能化与矿用5G[J]. 工矿自动化, 2020, 46(8): 1-7.
- [8] 陈洁, 卢斌, 张琳峰, 等. 5G专网业务能力需求及端到端网络技术实现[J]. 广东通信技术, 2021, 41(6): 2-6, 19.
- [9] 肖羽, 王帅. 5G和MEC在工业互联网中的应用探讨[J]. 邮电设计技术, 2020(7): 7-11.
- [10] 肖羽, 陈丹, 王帅. 四大5G校园专网方案研究[J]. 通信世界, 2021(16): 42-44.
- [11] 尹君, 陈洁, 吕振华, 等. 企业专网的几种5G SA核心网建设方案及未来演进探讨[C]//5G网络创新研讨会(2020)论文集. 北京: TD产业联盟, 2020: 338-341.
- [12] 陈婉璐, 常培, 马瑞涛. 5G网络差异化解决方案探讨[J]. 邮电设计技术, 2020(9): 83-85.
- [13] 迟海东, 胡博, 王鑫, 等. 5G行业专网部署模式探究[J]. 信息通信技术, 2020, 14(5): 18-24.
- [14] 陈波. 5G融合行业专网解决方案分析与研究[J]. 广东通信技术, 2021, 41(10): 29-34.
- [15] 方琰威, 李立平, 陈亚权. 5G 2B专网解决方案和关键技术[J]. 移动通信, 2020, 44(8): 1-6.
- [16] 谢永安, 刘永亨. 广州5G校园专网解决方案实践[J]. 广东通信技术, 2022, 42(3): 63-67.

作者简介:

石雨轩, 毕业于华南理工大学, 工程师, 硕士, 主要从事5G专网产品的研发工作; 陈丰, 毕业于暨南大学, 工程师, 硕士, 主要从事5G专网产品开发和行业支撑工作; 李雷敏, 毕业于电子科技大学, 工程师, 硕士, 主要从事5G专网产品的研发工作; 罗建华, 毕业于华南理工大学, 工程师, 硕士, 主要从事5G专网产品的研发工作。