



专题：5G 行业应用

5G 银行行业专网解决方案研究

王亚峰, 梁春花, 朱兰兰, 王晓平

(中国移动通信集团设计院有限公司北京分公司, 北京 100038)

摘要: 当前我国正处于新基建浪潮下, 加速推进 5G、算力资源等新型信息基础资源建设, 进而与 AI、大数据等先进技术融合发展, 推动我国数字经济高质量发展, 已成为行业共识。银行行业作为数字经济的主力军, 亟须大力发展金融科技, 探索智能化转型。基于银行行业的行业痛点, 结合银行行业客户迫切需求, 梳理了 AI 客流洞察及 5G+XR 沉浸式营销等五大业务场景, 并基于上述五大业务场景总结得到银行行业规划组网关键问题, 助力银行行业 5G 专网的落地建设, 实现我国银行数智化转型的成功。

关键词: 新基建; 银行行业; 5G 专网; 智能化转型

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022084

Research on 5G banking industry private network solution

WANG Yafeng, LIANG Chunhua, ZHU Lanlan, WANG Xiaoping

Beijing Branch of China Mobile Communications Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100038, China

Abstract: At present, China is in the wave of new infrastructure construction. It had become an industry consensus to accelerate the construction of new information infrastructure resources such as 5G and computing resources, and then it was integrated with advanced technologies such as AI and big data to promote the high-quality development of China's digital economy. As the main force of the digital economy, the banking industry urgently need to vigorously develop financial technology and explore intelligent transformation. Based on the industry pain points of the banking industry, combined with the urgent needs of customers in the banking industry, five business scenarios were sorted out including AI passenger flow insight and 5G+XR immersive marketing, and the key issues of planning and networking in the banking industry based on the above five business scenarios were summarized. It will help to construct of the industry's 5G private network and successfully realize the digital and intelligent transformation of China's banks.

Key words: new infrastructure construction, banking industry, 5G private network, intelligent transformation

0 引言

为增强用户黏性, 银行行业需要不断地创新服务模式, 改善业务使用体验。通过与高速率、低

时延网络传输能力的融合, 能够在咨询、交易和投资等金融活动中提供差异化、优质化的服务体验。5G 作为最新一代的通信网络技术, 其超高速率、超大连接、超低时延的特性对智慧银行建设



产生巨大的影响，利用 5G 技术可以完成我国银行业行业数智化转型。

1 银行业 5G 专网应用诉求

1.1 行业痛点

银行办公楼宇、营业厅现有 Wi-Fi 网络存在可靠性差、时延高及安全性不足等痛点，产品标准化、服务信息化水平有待提升。

(1) 现有 Wi-Fi 网络时延高、可靠性差。当前，银行在线上、线下业务核准等场景下存在网络信号时延高、可靠性差等问题，为用户提供服务时存在内容不同步的现象，造成用户体验差。

(2) 现有 Wi-Fi 网络安全防护能力不足。员工在办公区域移动时，需要通过 Wi-Fi 接入办公内网进行视频会议及文件下载，但是黑客攻击、信息泄露等潜在安全隐患成为办公内网服务发展的瓶颈。

(3) 产品标准化、服务信息化水平低。基层营业厅日常办公缺乏营销数据和联动数据等资源的支撑，营销缺乏方向性和精准性。营业厅的各个自助设备无序堆砌，业务、流程、系统呈“烟囱式”林立的局面。

(4) 银行办公楼宇、数据中心、营业厅有线网络成本高。出于安全的考虑，银行办公楼宇、数据中心和营业厅之间普遍采用数据专线进行连接，数据专线通常分为主、备两条。专线费用成本较高，备用线路极少使用但需每月缴纳同等费用。

1.2 客户需求

梳理和分析 5G 智慧银行行业的 5G 业务需求，总结得到客户在行业应用方面的总体需求主要包括以下几点。

(1) 提高银行办公楼宇、营业厅的网络可靠性，并降低时延。通过 5G 网络可提供低时延和高可靠性等能力，解决 5G+XR 沉浸式营销业务的低时延高可靠需求。

(2) 提升银行办公楼宇、营业厅网络访问安全性。通过 5G 专网的端到端隔离能力，实现数据

不出场、抵御外部攻击和病毒入侵等功能；按需提供二次认证服务，避免非授信用户通过 5G 访问银行内网资源，保障内网资源的安全。

(3) 提升产品标准化、服务信息化水平。在银行部署 5G+MEC+行业终端。MEC 可提供强大的算力及 AI 分析功能，针对 5G 智慧银行行业客户的差异化诉求，按需提供边缘计算能力赋能 5G 智慧银行行业日常管理。

(4) 降低银行办公楼宇、数据中心以及营业厅的网络成本。使用 5G 专网替代数据专线备线，数据专线作为主用，5G 专网作为备用。

1.3 业务场景

我国银行业一般设立总行、分行和支行三大层级，其中总行一般设立在中心城市，分行设立在省会（自治区首府）城市和直辖市，支行分布在各地级市。根据当前智慧银行行业 5G 专网的业务需求、5G 技术演进情况、银行风控要求和金融监管政策，该专网初期聚焦于省内辅助类应用，后续逐步研究银行业行业跨省核心应用场景。5G 银行行业网络架构如图 1 所示。

运营商 5G 专网可为银行客户提供大带宽、低时延高可靠、端到端隔离的网络，满足银行客户网络安全、大带宽、低时延高可靠及降低银行 5G 专线成本的诉求；AI 客流洞察及 5G+XR 沉浸式营销等五大应用场景可为客户提升产品标准化、服务信息化水平。

聚焦银行业实际生产应用的五大业务场景，从网络性能指标来看，聚类为大带宽、低时延高可靠类网络需求。五大业务场景网络需求见表 1。

2 银行业标准化网络方案

银行业 5G 专网整体架构如图 2 所示，整体架构由运营商 5G 专网、行业终端、客户服务器以及行业应用组成，运营商 5G 专网包括从基站至客户服务器前端接口的组网，包括接入网、传输网以及核心网。

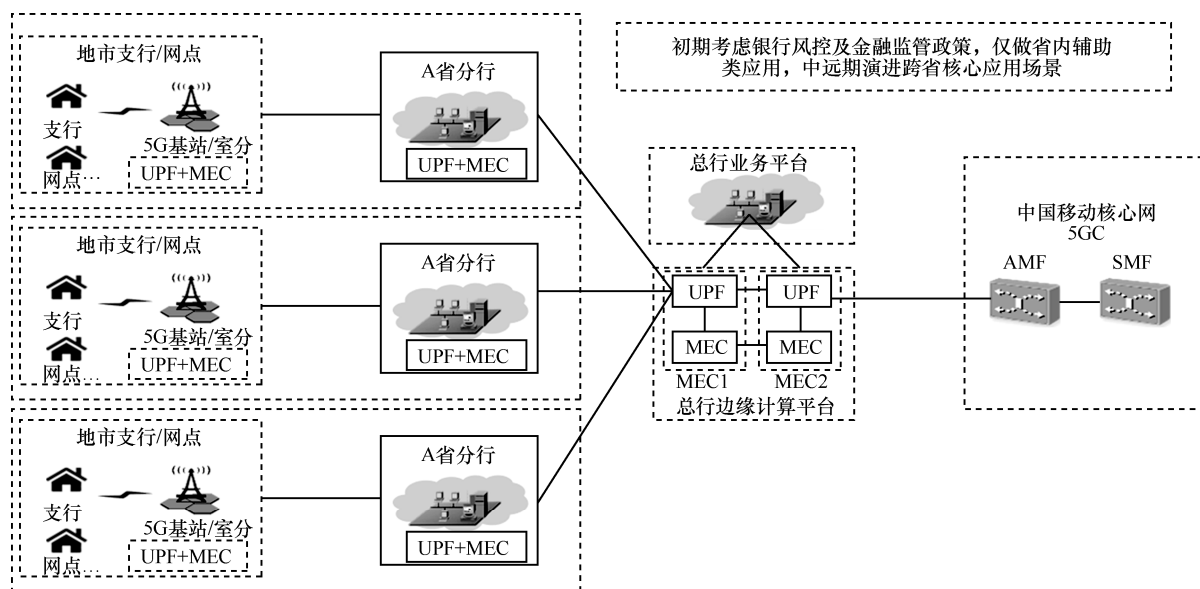


图1 5G 银行业网络架构

表1 五大业务场景网络需求

五大业务场景	网络性能关键指标				
	网络特性需求	上行带宽	下行带宽	传输时延	可靠性
AI 客流洞察	大带宽	≥ 5.2 Mbit/s/终端	不敏感	≤ 100 ms	$\geq 99.9\%$
5G+XR 沉浸式营销	大带宽、低时延高可靠	≥ 60 Mbit/s/终端	≥ 60 Mbit/s/终端	≤ 20 ms	$\geq 99.99\%$
5G 办公专网	大带宽（双域专网）	≥ 5.2 Mbit/s/终端	≥ 5.2 Mbit/s/终端	≤ 100 ms	$\geq 99.9\%$
数字人客服	大带宽	≥ 100 Mbit/s/终端	≥ 100 Mbit/s/终端	≤ 100 ms	$\geq 99.9\%$
抵质押物监控	大带宽	≥ 5.2 Mbit/s/终端	不敏感	≤ 100 ms	$\geq 99.9\%$

注：具体上行带宽需求根据业主配置要求进行计算，考虑因素包括终端个数、终端分辨率和摄像头典型码率等。

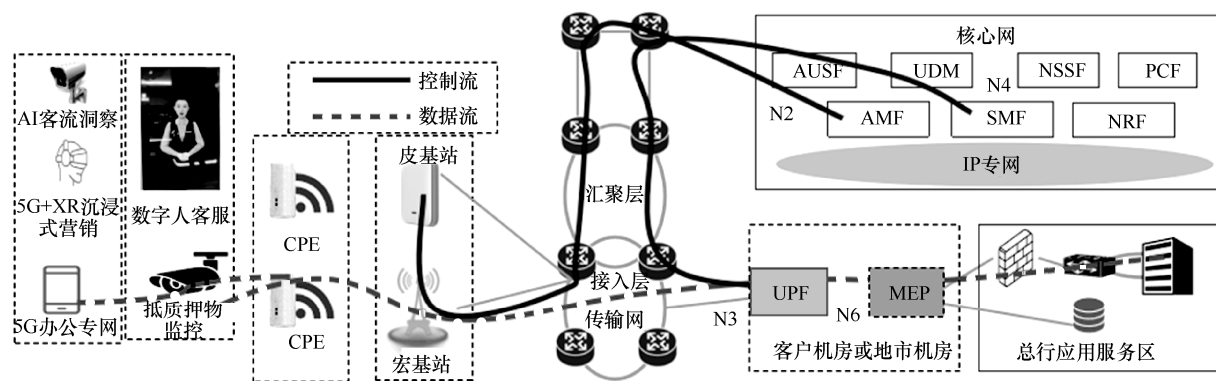


图2 银行业 5G 专网整体架构

接入网（宏基站、皮基站以及分布式天线系统（distributed antenna system, DAS）、传输网切片分组网（sliced packet network, SPN）设备

及核心网统一由运营商建设；传输网红线外管道资源由运营商负责提供，银行客户需要提供 5G 专网建设所需的红线内传输管道资源（按照敷设



地点，以建筑物红线为界，建筑物区域内为红线内管道、建筑物区域外为红线外管道）、机房资源、电力资源以及基站布置空间资源等；接入网基带处理单元（base band unit，BBU）设备、传输网 SPN 设备、核心网下沉网元设备及客户服务器均需安装在客户提供的机房内；行业终端可根据实际情况，银行可自购或由运营商统一提供；客户服务器可根据客户诉求，银行可自建或由运营商统一建设，服务器可支持客户自有行业应用及三方行业应用接入。

接入网采用室内外结合覆盖，室外采用宏基站（室外大站）覆盖，室内可选用分布式天线系统或新型室分系统组网，根据业务带宽需求，采用 5G 单层网覆盖，如后续客户上行容量需求增加，可通过双频组网满足客户诉求；传输网采用 SPN，可根据客户的业务诉求，提供虚拟专用网络（virtual private network，VPN）通道（软切片）或硬切片来保障客户业务隔离，客户需要提供红线内传输管道资源、机房空间资源及电力资源；核心网根据客户实际需求，如客户有数据不出场或数据隔离的要求，用户面功能（user plane function，UPF，又称用户面网元）按需下沉至客户机房。

按不同业务对应的网络服务类型单独规划单个网络切片选择辅助信息（single network slice selection assistance information，S-NSSAI，即核心网切片），以满足对网络性能保障的要求及监控的要求。根据客户 IT 系统的个数，维护

人员在企业内部的组织管理关系以及实际网络拓扑结构，可酌情建立相应数量的数据网络标识（data network name，DNN）。

2.1 接入网解决方案

2.1.1 设备选型

目前，5G 智慧银行行业专网可选用宏基站、分布式皮基站、传统 DAS 室分三大类站型，5G 智慧银行行业设备选型见表 2。

2.1.2 频点配置

现阶段智慧银行行业 5G 容量需求低，可采用 NR 单频点满足银行容量需求；中后期银行所需 5G 容量增加，NR 单频点无法满足时可采用双频组网满足网络容量需求；后期 5G 网络容量爆发期，可通过上行增强（supplementary uplink，SUL）、载波聚合（carrier aggregation，CA）等技术满足园区网络容量需求。

对于室外宏基站场景，子帧配置必须全网统一；对于室内场景，原则上应与室外保持一致。

2.1.3 RB 资源预留

无线覆盖确定时，网络性能由分级无线网络能力和分级体验保障能力确定。无线资源确定时，切片资源块（resource block，RB）资源预留是保障用户体验的核心技术，主要适用于专享专网。RB 资源预留属于硬切片，可提供一组用户确定性资源，并提供资源隔离。

（1）RB 资源预留

• RB 资源预留类型

RB 资源预留见表 3，可分为专用资源、优先

表 2 5G 智慧银行行业设备选型

覆盖场景	基站类型	设备选型	适用场景	技术应用
银行室外覆盖	宏基站	64T64R	银行视频类业务区域	大规模 MIMO 巨大的阵列增益提升单用户的信噪比，降低用户间干扰，提升网络性能指标
		32T32R	银行其他区域	
银行室内覆盖	室分	4T4R 分布式皮基站	营业厅、大型会议室、展厅等	分布式皮基站可提供最好的用户上下行速率体验，适用于对上下行速率有较高要求的业务场景
		2T2R 分布式皮基站	办公楼、食堂等	
		DAS	仓库、地下停车场	对于已有传统 DAS，总体改造量不大、可快速低成本实现 5G 覆盖的低业务场景

表 3 RB 资源预留

RB 资源预留	资源说明
专用资源	仅切片用户组内用户可用，不能被其他切片用户组抢占
优先资源	有资源剩余时，普通用户可用，可实现一定程度上的绝对优先
共享资源	Rel-16 版本新增，所有用户基于 QoS 公平使用

注：3GPP Rel-16 即国际标准组织 3GPP 于 7 月 3 日发布的 5G 第一个演进版本标准，主要研究内容为 eMBB 功能增强、毫米波增强、URLLC 增强功能等，进一步增强 5G 网络性能和竞争力，为用户带来更优质的业务体验。

资源和共享资源。3GPP Rel-16 资源预留技术原理如图 3 所示。

• 签约模式选择

为实现 RB 资源预留方案的落地，充分验证相关技术方案成熟度，验证端到端流程和基本功能，摸索垂直行业合作模式，初步制定签约 RB 资源比例，不承诺速率。从前期测试结果看，签约 RB 资源比例在实际调度中存在 1%~3% 的误差，基本符合预期，服务模式相对成熟。

• 5G 智慧银行行业 RB 资源预留方案

银行行业业务需求为低时延高可靠类。低时延高可靠业务建议采用传输时间间隔（transmission time interval, TTI）级+优先资源预

留，TTI 级优先预留叠加预调度、目标块误码率（block error rate, BLER）为 1% 时可提供 20 ms 的空口时延、99.99% 的可靠性能力。

（2）银行行业 RB 资源预留使用策略及落地方案建议

5G+XR 沉浸式营销场景提出的低时延高可靠和高隔离业务需求可按需采用 RB 资源预留保障。5G 智慧银行行业保障比特速率（guaranteed bit rate, GBR）和 RB 资源预留保障效果与应用建议见表 4。

2.2 传输网解决方案

（1）传输配置及规划

5G 智慧银行行业 5G 专网传输网采用 SPN：D-RAN 组网模式下，只包括回传网络；C-RAN

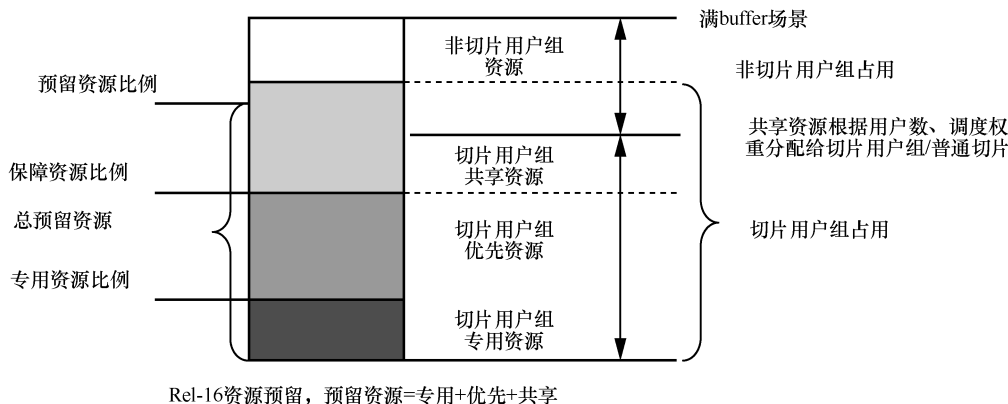


图 3 Rel-16 资源预留技术原理

表 4 5G 智慧银行行业 GBR 和 RB 资源预留保障效果与应用建议

保障方案	保障效果	安全隔离性	建议应用场景
RB 资源预留	保障确定性要求高，不受背景 GBR、资源预留业务影响；对时延可靠性有极致要求，例如 5G+XR 沉浸式营销业务，网络需求为 20 ms 的空口时延、99.99% 的可靠性	高	5G+XR 沉浸式营销

注：5G 智慧银行行业在 B2（公网专用）场景下，toB、toC 客户共基站资源，且 toB 与 toC 运维团队、配置流程等相对独立。RB 资源预留使用时需对基站 PRB 资源进行事前勘察（GBR、普通 toC 客户基线速率占用资源以外），若资源不足，则需通知客户无法订购产品。



组网模式下，包括前传和回传网络。前传网络可采用光纤直驱、无源波分、半有源波分以及有源系统等方式，回传网络与现网接入的原则一致。

若银行规模较小，可单独设置 SPN 点，连接至现网 SPN 接入环网。若银行规模较大，需在银行设置多台 SPN 的，应考虑采用 SPN 环形或口字形进行组网建设，并根据银行内的实际业务量及各省建设指导意见按需选用 50GE/100GE 组建环网系统，接入环应双归至同一汇聚环下的不同汇聚点上。考虑安全保障能力，SPN 设备应具备双交叉（主控）、双电源，建议配置不少于 2 块支路板卡对接接入网 BBU 设备及 UPF 等设备。在接口配置与规划方面，银行 toB 业务涉及传输网的业务接口包括 N3、N4、OM、N6、N9 等，需要根据业务需求合理规划和配置。

(2) 传输切片划分

建议优享场景共享默认传输切片，专享场景客户可按需独享行业切片。

2.3 核心网解决方案

(1) toB 类业务核心网方案

银行行业专网依托 5G 行业网切片，满足客户的大带宽、低时延等需求，客户通过 toB 卡号及专用终端接入，适用于 5G+XR 沉浸式营销等场景。网络侧支持外部网络、本地数据的业务分流，5G 智慧银行行业优享模式建议共享大网资源，专

享模式建议采用定向 DNN 结合专用切片进行业务分流，保障特定业务本地处理。

核心网控制面网元采用大区集中部署方式，UPF 可按需下沉至地市或银行机房并提供分流能力，支持不同数据网络的业务分流，网络侧配置专用 DNN 并为专网终端进行签约，银行 5G 基站同时上联边缘 UPF 和部署在地市的大网 UPF，在会话创建时核心网基于 DNN 选择锚点 SMF/UPF，实现业务分流，保障特定业务本地处理。toB 类业务核心网分流方案示意图如图 4 所示。

(2) toB/toC 类业务核心网方案

toB/toC 类业务采用 toC 卡号及手机终端，基于运营商 5G 公众网为客户提供优于 Wi-Fi 和 2G/4G 的业务质量，对于银行 5G 办公专网内外网业务隔离和分流要求，可通过上行分流器（uplink classifier, ULCL）方案实现员工（完成 ULCL 业务签约的 toC 终端）在特定区域使用个人手机终端不换卡、不换号且无须 VPN 拨号即可访问银行内网。toB/toC 类业务核心网 ULCL 分流方案示意图如图 5 所示。

银行专网 ULCL 方案可根据业务区域部署 ULCL UPF，对于全省开通业务，可根据省内核心网厂商新建 1~2 对 toC UPF 作为 ULCL UPF，全省同厂商覆盖区域共用该 ULCL UPF。银行专网 ULCL 分流方案由 BOSS 为使用该业务的银行员工进行其本地卸载规则的签约。员工进入银行营业厅和办公楼区域（特定 TA 区域）使用该业务。

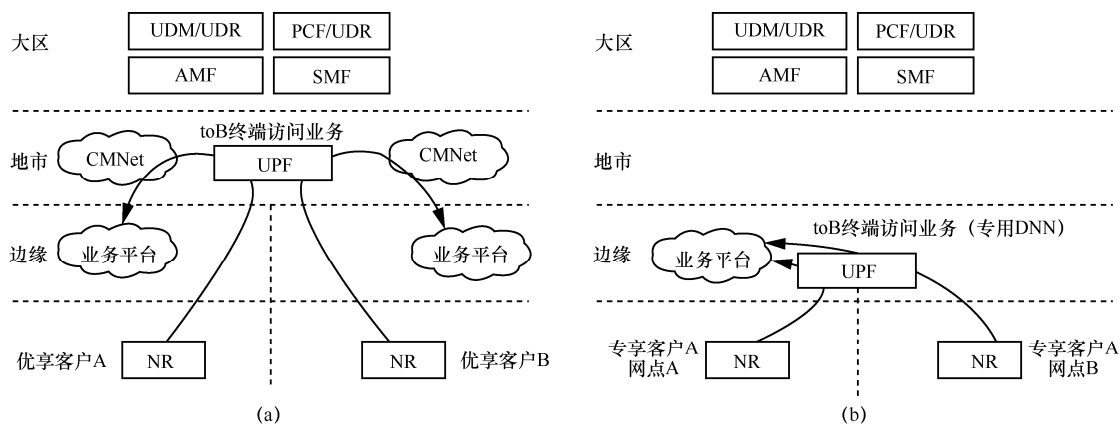


图 4 toB 类业务核心网分流方案示意图

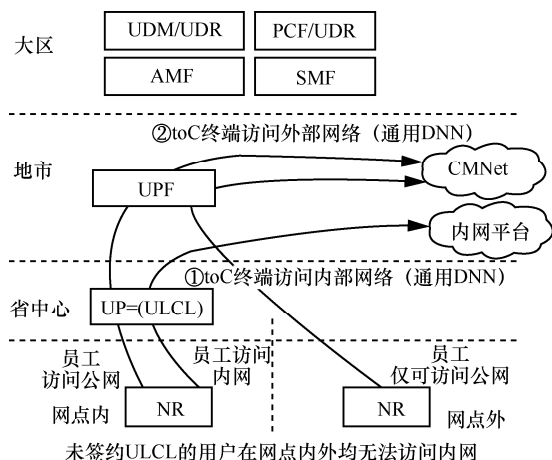


图5 toB/toC类业务核心网ULCL分流方案示意图

2.4 端到端切片方案

5G 银行行业优享模式采用默认切片；对于专享模式，AI 客流洞察、数字人客服和抵质押物监控配置专用切片用于满足银行大带宽业务需求；对于专享模式，5G+XR 沉浸式营销业务配置专用切片用于满足银行大带宽、低时延高可靠业务需求；对于 5G 智慧银行行业，5G 办公专网 ULCL 分流场景采用默认切片。端到端切片规划示意图如图 6 所示。

针对 5G 智慧银行行业客户，为终端分配专用的 S-NSSAI，通过切片标识 S-NSSAI 进行端到端专网保障，传送网 SPN 设备基于虚拟局域网

（virtual local area network，VLAN）进行切片通道映射，无线基站和核心网基于 S-NSSAI 与 VLAN 映射关系、5QI 与差别服务编码点（differentiated services code point，DSCP）/VLAN Pri 映射关系将切片业务映射到对应的 VLAN。

建议根据技术成熟度及需求合理性评估端到端切片方案，满足 5G 智慧银行行业分场景业务要求。

2.5 边缘计算方案

5G 银行行业边缘计算主要应用于 5G+XR 沉浸式营销等业务场景。客户可按需订购，根据数据本地处理、低时延、大带宽传输等不同的业务需求，将边缘计算平台（包括边缘 IaaS 平台、边缘 PaaS 平台以及应用集成 SaaS 平台）下沉部署于银行机房，并通过核心网用户面网元 UPF（toB）提供本地分流能力。

通过部署边缘节点基础设施和软件平台，提供边缘业务处理服务，实现网络能力调用及业务承载。边缘节点由边缘增强 UPF 中服务器硬件资源及包含基础功能、增值功能和管理功能在内的移动边缘平台（ME（mobile edge）platform，MEP）软件功能组成。

边缘节点-专用节点硬件资源配置类型见表 5。

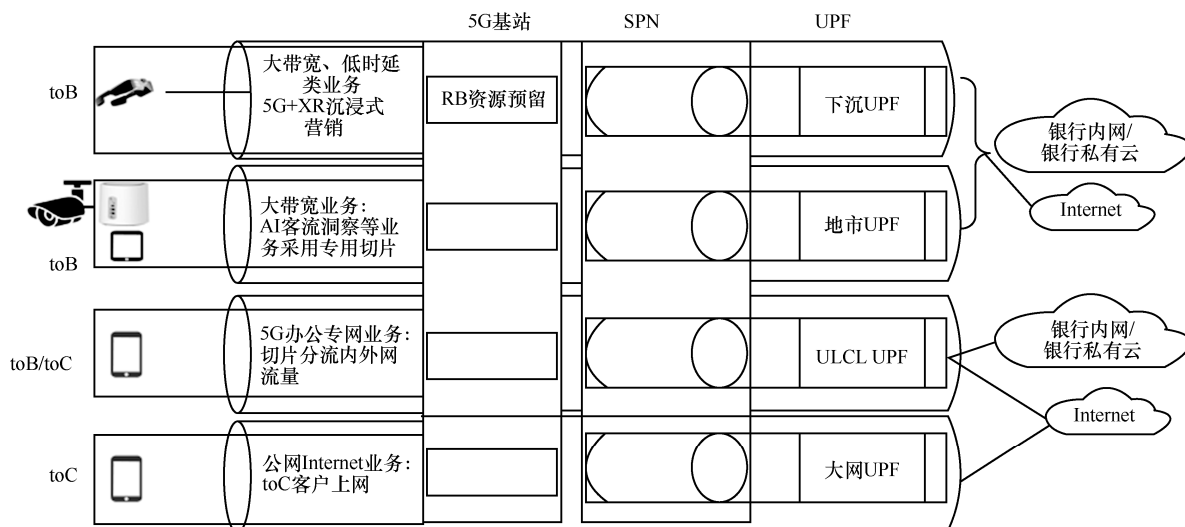


图6 端到端切片规划示意图



表 5 边缘节点—专用节点硬件资源配置类型

专用节点类型	资源配置建议	适用场景说明
通用型	vCPU 内存比 1:4	适用于高网络包收发场景
计算型	vCPU 内存比 1:2	适用于数据分析等计算密集型场景
大数据型	vCPU 内存比 1:4（大硬盘）	适用于海量数据存储和计算场景

银行行业客户可以根据硬件资源配置模型，按需定制专用节点资源及托管/入驻式运营维护服务，适用于具有边缘业务处理需求、安全隔离要求高、对运营维护服务提出相关需求、对成本敏感度较低的客户及场景。此外，该方案还提供共享节点模式，配置通用型硬件资源，支持灵活扩/缩容，共享节点产品有待进一步明确。

本方案聚焦部署于本地或用户侧的专用边缘节点，可根据实际情况及客户需求选择部署。

2.6 客户痛点及业务诉求解决方案

(1) 网络大带宽、低时延高可靠及高隔离解决方案

使用 5G 新型室分及 64T64R 基站设备，同步规划小区及频点配置，以满足客户大带宽网络需求；无线侧使用 RB 资源预留，传输侧提供专用切片，核心网侧 UPF 网元下沉至客户侧机房，以满足客户低时延网络需求；通过无线侧、传输侧及核心网侧设备的热备份，保障客户高可靠需求；通过端到端切片可满足客户的高隔离需求。

(2) 提升产品标准化、服务信息化水平解决方案

通过部署边缘计算平台，为客户建设 AI 客流洞察系统、5G+XR 沉浸式营销系统等，MEC 可提供强大的计算能力及 AI 分析功能，针对客户的差异化需求，按需提供边缘计算能力赋能银行日常管理，提升产品标准化、服务信息化水平，加强对抵押、质押物的管控，增加沉浸式营销手段，提高客户经理服务水平。

(3) 降低银行网络成本解决方案

使用 5G 网络可替换专线备线，数据专线主

用，5G 专网作为备用，可降低银行专线租赁费用。

3 结束语

在银行行业，线上线下业务不断地融合。线下营业网点正成为银行着力打造的重点业务场景，打造该业务场景是银行应对线上互联网金融模式的有利途径。随着业务数字化水平不断提升，旧网点的客流量、交易量正在萎缩，急需通过科技变革来提高业务量。大力发展金融科技，探索以 5G 专网作为信息化发展底座助力银行行业智能化转型的方式成为行业共识。

参考文献：

- [1] 任兆麟. 5G 技术在金融行业的应用研究[J]. 西部金融, 2020(5): 43-46, 73.
REN Z L. Research on the application of 5G technology in the financial industry[J]. West China Finance, 2020(5): 43-46, 73.
- [2] 刘洋帆, 向东明. 渠道协同与 5G 智慧银行建设[J]. 中国金融, 2021(16): 63-64.
LIU Y F, XIANG D M. Channel coordination and 5G smart bank construction[J]. China Finance, 2021(16): 63-64.
- [3] 虞晓莉. 商业银行智慧网点转型的国际经验及借鉴[J]. 对外经贸实务, 2021(10): 66-69.
YU X L. International experience and reference of smart network transformation of commercial banks[J]. Practice in Foreign Economic Relations and Trade, 2021(10): 66-69.
- [4] 3GPP. Technical specification 3rd generation partnership project; technical specification group services and system aspects; procedures for the 5G system (5GS); stage 2(Release 16): TS 23.502 V16.6.0. 2020.
- [5] 王庆扬, 谢沛荣, 熊尚坤, 等. 5G 关键技术与标准综述[J]. 电信科学, 2017, 33(11): 112-122.
WANG Q Y, XIE P R, XIONG S K, et al. Key technology and standardization progress for 5G[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(11): 112-122.
- [6] 王杉, 傅俊锋, 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.

- WANG S, FU J F, LI H P, et al. Research and application on hybrid networking scheme of 5G private network[J]. Information and Communications Technologies, 2022, 16(1): 34-39.
- [7] 王鑫, 韩振东, 严斌峰. 基于安全隔离度的 5G 专网部署模式[J]. 移动通信, 2020, 44(1): 44-47, 53.
- WANG X, HAN Z D, YAN B F. A security isolation-based deployment mode of 5G private networks[J]. Mobile Communications, 2020, 44(1): 44-47, 53.
- [8] 张力方, 程奥林, 赵雪聪, 等. 5G 专网关键技术及设计部署方案研究[J]. 邮电设计技术, 2021(10): 1-8.
- ZHANG L F, CHENG A L, ZHAO X C, et al. Study on key technology of 5G private network and deployment scheme[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2021(10): 1-8.
- [9] 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.
- LI L P, LI Z D, FANG Y W. The technical solutions and construction strategies for 5G private networks[J]. Mobile Communications, 2020, 44(3): 8-13.
- [10] 蒋成. 5G 专网专用解决方案的实践探析[J]. 通信与信息技术, 2021(4): 28, 33-34.
- JIANG C. Practical analysis of special solution for 5G private network[J]. Communication & Information Technology, 2021(4): 28, 33-34.
- [11] 杨峰义, 谢伟良, 张建敏. 5G 无线网络及关键技术[M]. 北京: 人民邮电出版社: 2018.
- YANG F Y, XIE W L, ZHANG J M. 5G wireless network and key technologies[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2018.
- [12] 孙韬. 3D MIMO 场景下的波束赋形算法研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2015.
- SUN T. Beamforming techniques analysis in 3D MIMO systems[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2015.
- [13] 陈锦浩. 基于 4.9 GHz 频段的 5G 专网覆盖和容量能力研究[J]. 广东通信技术, 2021, 41(5): 50-53, 60.
- CHEN J H. Research on coverage and capacity of 5G private network based on 4.9GHz band [J]. Guangdong Communication Technology, 2021, 41(5): 50-53, 60.
- [14] 康艳萍, 王赣清, 杨国涛. 传送网承载 5G 业务的关键技术研究[J]. 广东通信技术, 2017, 37(6): 74-79.
- KANG Y P, WANG G Q, YANG G T. Research on key technologies of carrying 5G service in transmission network[J]. Guangdong Communication Technology, 2017, 37(6): 74-79.
- [15] 杨旭, 肖子玉, 张明, 等. 5G 核心网面向 3GPP R16 演进关键技术及引入策略[J]. 电信科学, 2021, 37(6): 150-159.
- YANG X, XIAO Z Y, ZHANG M, et al. Key technologies and introduction strategies for 3GPP R16 oriented evolution of 5G core network[J]. Telecommunications Science, 2021, 37(6): 150-159.
- [16] 邢冰冰, 梁冰, 路冬星, 等. 面向垂直行业的 5G 专网网络安全部署方案[C]//推动网络演进 促进应用创新——5G 网络创新研讨会(2021)论文集. 2021.
- XING B B, LIANG B, LU D X, et al. 5G private network security deployment scheme for vertical industries[C]//Proceedings of 2021 5G Network Innovation Conference on Promoting Network Evolution and Application Innovation. 2021.
- [17] 刘彩霞, 胡鑫鑫. 5G 网络切片技术综述[J]. 无线电通信技术, 2019, 45(6): 569-575.
- LIU C X, HU X X. Overview of 5G network slicing technology[J]. Radio Communications Technology, 2019, 45(6): 569-575.
- [18] 项弘禹, 肖扬文, 张贤, 等. 5G 边缘计算和网络切片技术[J]. 电信科学, 2017, 33(6): 54-63.
- XIANG H Y, XIAO Y W, ZHANG X, et al. Edge computing and network slicing technology in 5G[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(6): 54-63.
- [19] 应晓龙, 陈妍芬, 陈凌霞. 5G 边缘计算技术及应用展望[J]. 数码设计(上), 2021, 10(4): 38.
- YING X L, CHEN Y F, CHEN L X. 5G edge computing technology and its application prospect[J]. Peak Data Science, 2021, 10(4): 38.
- [20] 庄小君, 杨波, 杨利民, 等. 面向垂直行业的 5G 边缘计算安全研究[J]. 保密科学技术, 2020(9): 20-27.
- ZHUANG X J, YANG B, YANG L M, et al. Research on security of 5G edge computing for vertical industry[J]. Secrecy Science and Technology, 2020(9): 20-27.

[作者简介]



王亚峰(1993—), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司北京分公司工程师, 主要研究方向为无线网规划、5G 行业专网组网方案以及公专网协同规划等。

梁春花(1982—), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司北京分公司工程师, 主要研究方向为无线网规划、5G 技术等。

朱兰兰(1982—), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司北京分公司工程师, 主要研究方向为无线网规划、5G 网络架构及关键技术等。

王晓平(1975—), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司北京分公司高级工程师, 主要研究方向为 5G 网络架构及关键技术等。