



5G

# 5G 定制网业务关键技术的研究与应用

何肖嵘

(中国电信上海号百信息服务分公司, 上海 200050)

**摘要:** 5G 定制网高度契合数字化转型需求, 在满足用户个性化需求方面表现出碾压性的优势, 是 5G2B 应用的首选技术。首先介绍了 5G 定制网的概念和优势特点, 以及“致远”“比邻”“如翼”服务模式, 针对 5GC SBA 架构、网络切片、ULCL 分流等 5G2B 业务关键技术进行了研究, 并在 5G 智慧港口、智能 5G 钢铁工厂等行业进行了实际应用, 满足客户对 2B 应用确定性网络的需求。

**关键词:** 5G 定制网; 5G2B; 确定性; UPF; SLA; 专网

**中图分类号:** TP393

**文献标志码:** A

**doi:** 10.11959/j.issn.1000-0801.2025066

## 0 引言

专网是为特定用户提供特定网络通信服务的专用网络。传统专网存在可靠性和时延保障不足、缺少灵活的优先级调度策略、缺乏业务个性化支撑等问题, 难以满足客户业务场景的严苛性能要求。

相比传统的专网方式, 5G 定制网高度契合数字化转型需求, 在满足用户个性化需求方面表现出碾压性的优势, 是垂直行业应用的首选技术。

## 1 5G 定制网概念和特点

### 1.1 5G 定制网概念

5G 定制网是中国电信定义的一个“网定制、边智能、云协同、应用随选”的一体协同的综合解决方案, 如图 1 所示, 优化一体化云网运营体系, 对带宽、抖动、可靠性有明确或严格 SLA 服务保障, 满足“规、建、维、优、保”五类定制化客户需求。

- **网定制:** 针对行业客户对 5G 覆盖范围、

内外网隔离、基站传送等服务需求, 发挥专用用户面功能 (UPF)、专用基站、带宽增强、资源预留、切片专线、业务隔离、业务加速等云网融合优势, 提供用户各类需求的 5G2B 专网服务。

- **边智能:** 按需为垂直行业客户提供本地或边缘部署的智能应用服务, 如边缘算力、边缘存储等 I 层资源, 人脸识别、视频处理、图像渲染等边缘处理能力, 实现客户数据在本地范围内传送。
- **云协同:** 满足客户上云需求, 为客户提供公有云、专属云、私有云等多云融合的统一管理、统一调度。
- **应用随选:** 赋能千行百业, 为客户提供丰富、随选的应用服务, 支持灵活编排, 统一订购, 满足客户数字化转型升级的需求。

### 1.2 5G 定制网优势特点

在拥有完整的 5G 工业网络之前, 一些企业



图1 5G定制网综合解决方案

可能会使用 Wi-Fi 6 网络、LTE 专网作为过渡。与 LTE 专网相比，Wi-Fi 6 网络的部署更加快速、简便且便宜，LTE 的覆盖范围和移动性比 Wi-Fi 6 网络大；5G 定制网在速度、密度、移动性、时延和可靠性等性能方面均优于 Wi-Fi 6 网络和专用

LTE 网络，3 种连接技术的比较见表 1。

## 2 5G 定制网三类服务模式

### 2.1 三类服务模式特点

如图 2 所示，5G 定制网针对差异化政企行业

表 1 关于 Wi-Fi6、LTE 专网和 5G 定制网 3 种连接技术的比较

连接技术	范围	速度/(Gbit·s <sup>-1</sup> )	密度	移动性	时延和可靠性	频谱
Wi-Fi 6	办公环境、家庭、购物中心、交通枢纽等	9.6	设计用于密集的数字家庭和办公室	设计主要用于固定场所	大于 100 ms，但在负载增加时可能无法保证低时延	使用 2.4 GHz 和 5 GHz
LTE 专网	4G 覆盖环境	1	每平方千米 10 万连接数	支持从 LTE 专网漫游到公共 LTE 网络	40~50 ms	5.8 GHz
5G 定制网	5G 覆盖环境	10	每平方千米 100 万连接数	高速移动性 (500 km/h)	URLLC，上下行时延均低于 10 ms	600 MHz 至毫米波 (24~29 GHz 和 37~43 GHz)

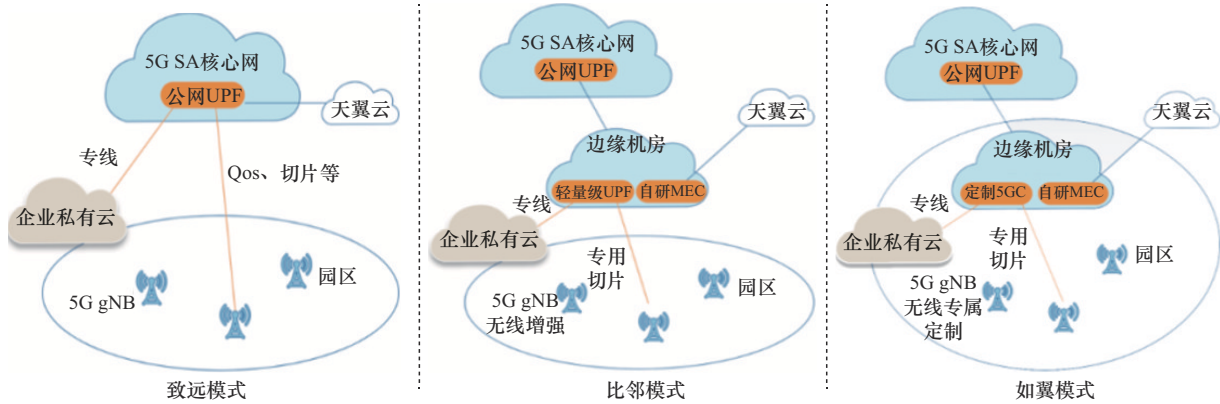


图2 5G定制网服务模式

需求，提供“致远”“比邻”“如翼”等服务模式，满足政企客户数字化的2B服务需求。

致远模式是一种利用网络切片、专用DNN、服务质量等大网能力，为客户提供有明确服务水平协议（SLA）保障的5G定制网服务。致远模式是基于对各类服务的理解，将5G切片专线、5G VPDN专线等原子能力进行了前置的封装。

比邻模式是利用大带宽、服务质量增强、资源预留等能力，对速率、时延和可靠性等网络关键性能指标，提供明确SLA保障的5G专网服务。UPF部署于企业园区内，数据不出园区，协同多址边缘计算（multi-access edge computing, MEC），发挥云网协同的一体化能力，深化行业客户的5G融合创新服务。

如翼模式是利用多载波聚合、无线专用、无线资源预留、本地业务保障等能力，按需定制专

用UPF、轻量化5GC，对网络覆盖、速率、时延和可靠性等网络关键性能指标有严格端到端SLA保障的5G定制网服务，并提供专属运维支撑，适用于采矿、钢铁、电力等大型工厂。

## 2.2 三类服务模式差异点

表2列举了这3类服务模式的差异点。从模式特征来看，致远模式主要实现业务隔离，比邻模式是数据不出园、低时延，如翼模式是信令和数据不出园，并采用了定制基站；从组网特点看，致远模式用的是大网5G资源，比邻模式是UPF按需下沉，如翼模式除UPF下沉外，还包括5GC核心网下沉。

## 3 5G定制网业务关键技术

### 3.1 SBA架构

基于服务的架构（service based architecture，

表2 3类服务模式差异点

服务模式	适用客户	模式特征	组网特点	关键技术	核心产品	业务特点
致远模式	广域优先型 行业客户	业务隔离	基于中国电信 5G网络资源	QoS、DNN定制、 切片、VPDN等	5G切片专线、 5G VPDN专线	对带宽、抖动、可靠性有明确SLA保障，并有一定的资源和安全隔离要求的客户
比邻模式	时延敏感型 政企客户	低时延、业务 加速，数据本地 卸载	UPF、MEC按 需下沉	大带宽、MEC、 无线资源预留	无线增强、专用 覆盖、共享UPF 分流、专用 UPF、专用MEC	对网络覆盖、速率、时延和可靠性等网络关键性能指标有明确端到端SLA保障，且有一定安全诉求，可靠性承诺的行业客户
如翼模式	安全敏感型 政企客户	信令和数据均 不出企业园 区、极低时 延、定制基站	园区UPF下 沉、轻量化 5GC下沉	定制基站、下沉 UPF、定制轻量 化5GC	定制基站、定制 5GC、自运营 平台	对网络覆盖、速率、时延和可靠性等网络关键性能指标有严格端到端SLA保障，且有严格安全诉求，可靠性承诺以及自主运营的行业客户

SBA) 参考 IT “微服务” 概念, 实现 5GC 网元云化解耦, 可以更灵活地为企业提供服务。SBA 具备网元拆分、功能解耦、服务自动化、通信路径优化四大特点。

(1) 传统网元被逐渐拆分。3G、4G 时, 每个网元都是一个整体, 依靠网元间的协同, 实现会话通信功能。随着 NFV 在运营商通信的应用, 5GC 硬件和软件解耦, 通用服务器加载了独立的网络功能 (network function, NF), 并将 NF 继续拆成不受影响、自我管理的网络功能服务。

(2) 功能服务间的交互解耦。传统核心网是点对点架构, 如 4G MME 需要和 HSS、SGW 通信, 它们之间有各自的接口, 采用不同的协议。而 5G 统一采用基于服务的接口 (SBI), 可分为服务的消费者和提供者两种模式。提供者发布能力, 不关心谁来使用, 也不关心在哪里使用, 只需要对外提供 SBI, 供别人来调用能力; 消费者使用这些能力, 也不关心是谁提供的。

(3) 网络功能服务管理自动化。如果仍然依靠手工维护几十个 NFS, 则困难极大。所以, 5G 核心网的网络功能服务需做到自动化管理, 主要通过网络存储功能 (network repository function, NRF) 网元来实现。NRF 实现 NF 的发现、注册、登记、注销等自动管理, 登记信息包括 NF 类型、IP 地址、支持的能力 (服务列表) 等。其他网元只要注册到 NRF, 就可以自动发现和选择其他的服务。

(4) 网络通信路径优化。5G 核心网功能服务交互通过统一 SBI, 优化了数据传递的路径。以位置信息更新策略为例, 4G 传递路径是 RAN—MME—SGW—PGW—PCRF, 而 5G 传递路径优化成 RAN—AMF—PCF (policy control function, 策略控制功能)。PCF 实体可以提前订阅位置信息变更事件, 当 AMF 发现用户位置变更时, 发布通知, PCF 就直接接收到该事件。

### 3.2 网络切片

#### 3.2.1 切片概念

4G 时代, 根据不同的业务需求, 定义 9 种最基本的 QoS 等级, 优先保证 IMS 信令、会话语音、实时游戏、直播等对网络要求高的业务。5G 时代有三大应用场景, 分别是增强型移动宽带 (enhanced mobile broadband, eMBB)、超可靠超低时延通信 (ultra-reliable and low latency communication, URLLC)、大规模机器类通信 (massive machinetype communication, mMTC)。

如图 3 所示, 5G 每个应用场景关注的指标要求都不一样, eMBB 关注峰值速率、容量, uRLLC 关注高可靠性和超低时延, mMTC 关注连接数。因此通过独立的子网络支持 5G 的三大场景, 每张子网络内部的不同业务依旧使用 QoS 来管理, 相当于把 QoS 从二维扩展到三维。

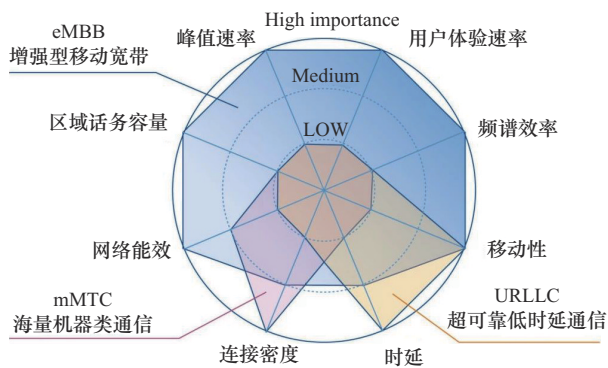


图 3 5G 三大场景及其 QoS 需求

切片本质上就是把一张独立的网络, 按不同的需求场景划分为不同的子网络, 满足政企用户特定的业务场景, 实现资源隔离、安全隔离和 OAM 隔离, 不同域可以采用不同的技术。

#### 3.2.2 端到端切片管理

如图 4 所示, 3GPP 规划 3 张不同的切片来满足 eMBB、URLLC、mMTC 这三大场景, 这 3 张切片的无线、承载和核心网等资源相互隔离, 而某一张切片的内部还可以利用不同的 QoS 等级进行管理。在同一张切片内部, 还可以再次划分成更低一级的

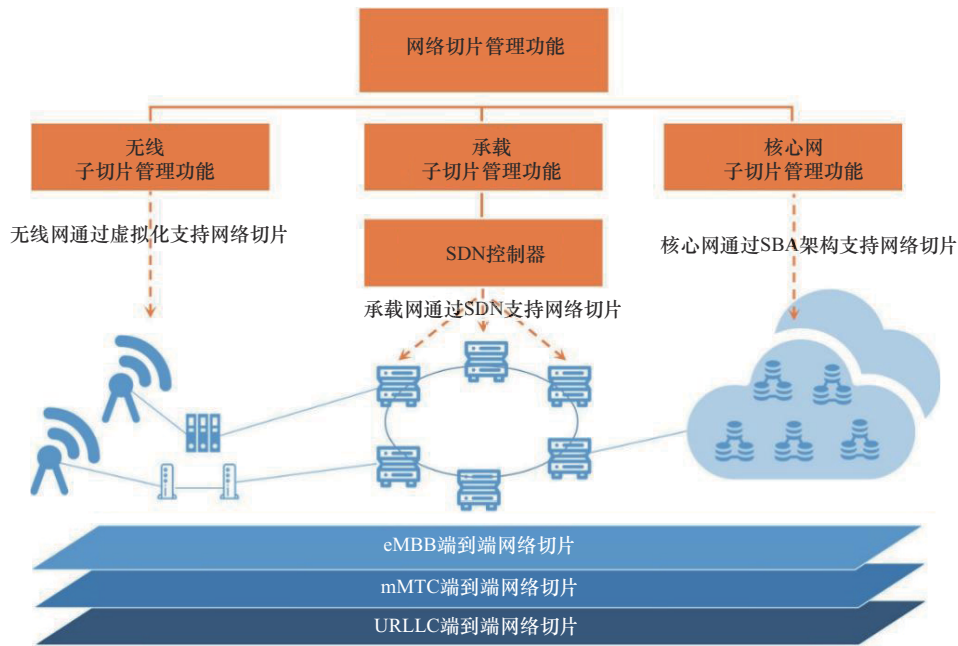


图4 5G端到端网络切片

子网络，比如 eMBB 切片还可以分成全景相机子网络、VR 眼镜子网络、无人机子网络等。

### 3.3 ULCL 分流

UPF 下沉是 5G 定制网的关键，由于用户同时访问专网和公网是普遍诉求，采用比邻模式，UPF 下沉到用户园区，通过 UPF 进行分流，分别访问本地内网或 Internet，满足超低时延、数据不出园区的诉求。

3GPP 针对数据分流场景定义了上行分流器 (uplink classifier, ULCL) 功能，通过主锚点 UPF、辅锚点 UPF、ULCL UPF 等访问 Internet 和企业内网，表 3 列举了这 3 类 UPF 的功能特点和数据访问路径。

ULCL 分流原理是在 ULCL UPF 上配置分流策略，如图 5 所示，将终端上行流量分流到企业

内网 (本地 DN) 或 Internet。关键环节一是终端如何选择下沉的辅锚点 UPF，在终端上配置专用 DNN，终端不做配置，采用核心网 PCF 用户签约的分流技术，可以自动去选择下沉 UPF；关键环节二是在下沉 UPF 配置分流策略，根据目的 IP 地址或域名进行匹配校验，匹配到则通过辅锚点 UPF 访问企业内网 (本地 DN)，未匹配则通过主锚点 UPF 访问 Internet。实际网络建设中，一般会将辅锚点 UPF 和 ULCL UPF 进行合设。

## 4 典型案例应用

### 4.1 5G 赋能内河散货港“智”变

#### (1) 解决方案

如图 6 所示，某码头“双 5G+有线”融合组网方案全面打通港口内部网络连接。无线侧采用

表 3 3 类 UPF 的功能特点和数据访问路径

UPF 分类	功能特点	数据访问路径
主锚点 UPF	终端访问 Internet 的会话锚点	UE>RAN>ULCL UPF>主锚点 UPF>Internet
辅锚点 UPF	终端访问企业本地 DN 的会话锚点	UE>RAN>ULCL UPF>辅锚点 UPF>本地 DN
ULCL UPF	配置 ULCL 分流策略，将终端上行流量分流到企业内网 (本地 DN) 或 Internet	UE>RAN>ULCL UPF>主锚点 UPF>Internet UE>RAN>ULCL UPF>辅锚点 UPF>本地 DN

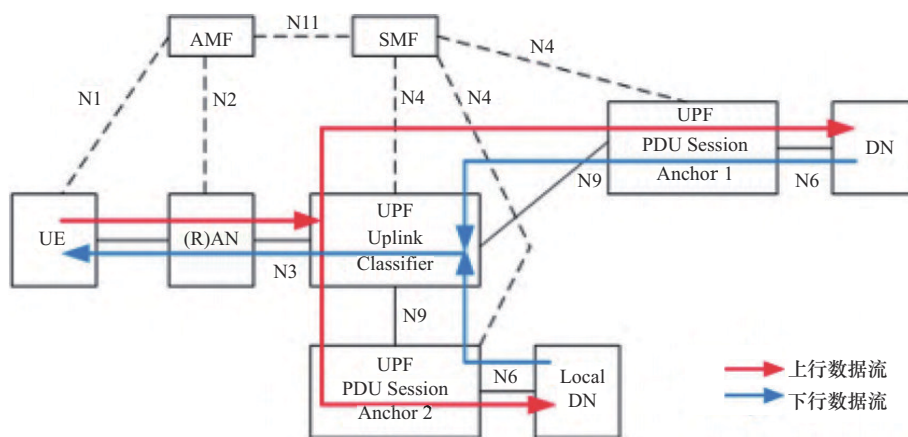


图5 ULCL分流原理

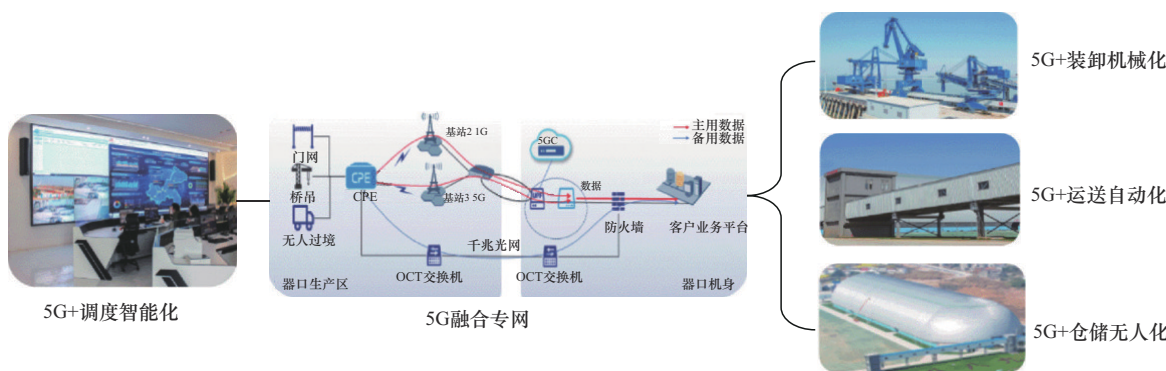


图6 某码头5G融合网络部署示意图

2.1 GHz与3.5 GHz双频组网；终端侧对应研发双频段5G CPE，内置两个5G模组分别锁定不同频段，控制信号可以通过不同的基站进行传输，基于双发选收技术为5G网络提供稳定可靠的低时延。

(2) 应用场景

某码头以5G融合组网打通港口全面连接，建设全面覆盖调度、装卸、运送、仓储等环节的5G智慧港口融合应用。

- 5G+智能化调度。基于5G港口数字调度平台实现数据的统一纳管，智能分析，并对港口的装卸、运送、入库、出库、计费等环节及时下达合理有效的调度指令，调度效率提升50%以上。
- 5G+机械化装卸。将各类物联网设备纳入统一管理，远程控制装卸管理，使码头操控人员从“一线操作”转到“后方控

制”，由“一人一机”到“一人多机”，装卸效率提升40%。

- 5G+无人化仓储。通过5G激光扫描仪和点云分析技术实现数字胶囊仓建设，通过一张图显示货仓内的货物种类、分布、体积等数据，有效解决人工盘货、理货难的问题，作业效率提升30%。

4.2 智能5G钢铁工厂

(1) 解决方案

采用5G如翼专网模式部署某钢铁厂区，如图7所示，在厂区机房下沉两套5GC核心节点，各个厂区下沉独立的UPF，即下层式5GC设备独立组网模式，将全功能的轻量级5GC下沉到用户园区，两套5GC设备互为热备，在某一套5GC工作异常后，由第二套5GC承接业务，确保业务连续不中断。炼钢、硅钢等各厂区存在互相竞争关

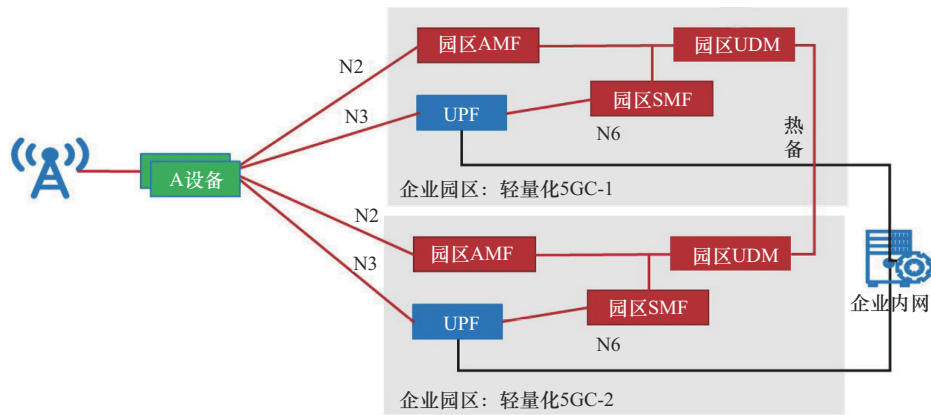


图7 某钢铁园区如翼模式网络部署示意图

系，这种网络部署可以满足各厂区业务数据互相隔离，并统一管理，跨厂区调用。

整张如翼网络可根据客户需求定制参数、快速调整，实现了控制面全下沉、数据与信令均不出园区等功能，且不同厂区之间的数据也是隔离的，最大程度地实现了安全性。下沉全功能的轻量级5GC包括接入和移动管理（AMF）、会话管理（SMF）、UPF、统一数据管理（UDM），这4个网元组成了一个最简易的5G核心网。

## （2）应用场景

融合大带宽、低时延的5G-A专网，把网络抖动对业务的影响降到最低，满足某钢铁厂对确定性网络的需求。

- 远程智能控制应用。将钢铁厂区所有设备连接成一张大网，实现数据共享，统一调控，完全实现自动化，操纵机器人装卸货、AGV多车协同作业智能驾驶，实现5G无人装卸作业的智能化调度。
- 钢表面缺陷检测。推进5G与人工智能融合创新，通过工业相机实时对钢材表面进行照相，采集生成高清图片，在MEC上部署算力，上线钢铁厂自研钢表面缺陷检测算法，对钢表面图片进行实时处理，钢表面缺陷检测率达到95%。
- 钢铁厂区物料管理。通过5G-A无源物

联（passive IoT）功能，可以进行厂区的物料管理，落地无源物联标签试点，取代扫码枪的人工物料管理方式，钢铁厂区物料管理覆盖距离和识别率显著提升，作业效率倍数提升。

## 5 结束语

5G定制网提供速率、移动性、可靠性等更好的用户体验，具备大带宽、大连接、低时延、高可靠等优点，满足客户个性化需求场景。本文聚焦5G定制网“致远”“比邻”“如翼”三类服务模式，研究5GC SBA架构、网络切片、ULCL分流等5G2B业务关键技术，在5G智慧港口、智能5G钢铁工厂等工业行业进行了实际应用。未来随着5G-A的技术演进，将进一步推进5G与人工智能融合创新，提升通感一体、无源物联等新能力，满足客户对5G专网确定性网络的需求

## 参考文献：

- [1] 中国电信. 中国电信5G定制网产品手册: 2020发布版[S]. 2020.
- [2] 何肖嵘, 徐伟. 5G双域快网客户自服务能力的设计和构建[J]. 电信科学, 2024(Z1): 13-20.

## 【作者简介】

何肖嵘（1976-），男，中国电信上海号百信息服务分公司工程师，主要研究方向为核心网络、云网融合、数字化技术。