



蜂窝物联网核心网目标架构演进探讨

马洪源¹, 周维¹, 付艳¹, 邵永平¹, 黎丹²

(1. 中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080;

2. 中国移动通信集团有限公司, 北京 100032)

摘要: 物联网存在面向 2G、4G、窄带物联网 (narrow band Internet of things, NB-IoT) 的传统专用核心网以及面向 5G 的 toB 物联网核心网。随着网络的进一步云化演进, 为简化网络、增强能力、提升效益、方便运维, 需要明确面向未来的物联网核心网目标架构。基于现网存在的问题, 结合网络演进驱动力, 对物联网网络演进目标架构、演进策略以及业务解决方案进行了分析和探讨, 以此为运营商物联网规划建设提供参考。

关键词: 5G; 蜂窝物联网; 核心网; toB

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023007

Discussion on the evolution of architecture of the core network of cellular Internet of things

MA Hongyuan¹, ZHOU Wei¹, FU Yan¹, SHAO Yongping¹, LI Dan²

1. China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

2. China Mobile Communications Co., Ltd., Beijing 100032, China

Abstract: At present, there are two Internet of things networks facing 2G, 4G, NB-IoT and facing toB core networks. In order to simplify the network, enhance the capability, enhance the benefit, and facilitate the operation and maintenance, it is necessary to define the target architecture of 5G-oriented Internet of things core network. Based on the existing network problems and combined with the driving force of network evolution, the network evolution target structure, evolution strategy and service solution were analyzed and discussed. It provides a reference for operators to plan and construct the Internet of things.

Key words: 5G, cellular Internet of things, core network, toB

0 引言

蜂窝物联网存在 2G、4G、窄带物联网 (narrow band Internet of things, NB-IoT)、5G 等不同制式

的接入网络以及为不同制式接入用户提供服务的物联网核心网。截至 2021 年年中, 全球蜂窝物联网连接总规模超过 20 亿, 其中中国三大运营商几乎占到 3/4^[1]。随着网络建设和运营使用的深入, 物联网核



心网在容量、模型、网络功能、网络架构及网络运维等方面出现了如下较为突出的问题。

(1) 网络容量需要匹配业务发展需要

物联网用户总规模稳步增长,活跃度显著提升,结构有所优化。因此,一方面,容量体现在物联网开卡用户的增长对核心网及相关业务系统的需求;另一方面,物联网用户组成结构的变化以及用户网络模型的变化,对核心网容量也产生了新的需求。例如,某运营商某省物联网用户忙时激活比例从2020年年初的15%稳步提升至2021年的21%;随着4G、5G物联网用户的增加,忙时单用户平均流速也从1~3 kbit/s逐步提升到10~200 kbit/s。

(2) 网络功能需要完善增强以保持技术领先

一方面,需要增强优化现网设备以满足物联网用户多样化业务需求和相关安全管控要求,例如,网关功能增强以支持静态IP二次认证、终端互访,策略控制和计费(policy control and charging, PCC)功能增强以支持区域位置限制、机卡绑定增强等;另一方面,为保持技术领先,进一步增强网络新能力,支撑toB业务发展,需要引入需求迫切、技术成熟、产业进度可行的5G新功能,面向监管要求和市场业务拓展,优化增强业务、容灾、安全管控等能力。

(3) 网络架构需要有效优化以保持高效灵活

当前多种制式网络共存造成组网、路由组织及规划建设复杂。专用物联网核心网及业务平台大多仍采用传统设备,版本繁多、形态各异,设备占地空间大、能耗及运维成本高,且不具备持续演进升级条件,不符合网络云化演进趋势;同时,现有核心网集中部署模式不能满足客户在智能控制、视频回传、业务实时办理等高可靠低时延、安全隔离等特定行业的需求。

1 网络演进驱动力

为解决现网存在的突出问题,更好地满足业

务发展,亟须构建更加合理完善的物联网核心网目标架构。本文首先从政策与环境、业务与产业及技术与标准3个方面对物联网核心网演进驱动因素进行分析。

(1) 政策与环境驱动

国家要求加快5G等新型网络基础设施建设进度,行业全面实施“5G+”计划,物联网演进发展应符合国家政策相关要求,支撑公司战略转型发展。

2021年7月,工业和信息化部等十部门印发《5G应用“扬帆”行动计划(2021—2023年)》,明确2023年5G在大型工业企业渗透率超过35%、5G行业虚拟专网数达到3000个,并指明toB发展的重点行业。扬帆计划七大量化指标如图1所示。

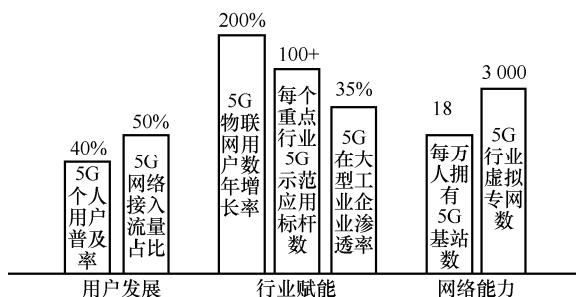


图1 扬帆计划七大量化指标

2020年5月,工业和信息化部办公厅发布了《关于深入推进移动物联网全面发展的通知》,引导新增物联网终端不再使用2G/3G网络,推动存量2G/3G物联网业务向NB-IoT/4G(Cat1(LTE UE-Category 1,数字是用来衡量用户终端设备无线性能的,主要用来划分终端速率(等级))) /5G网络迁移,2G退网大势所趋,符合国家政策要求和降本增效目标^[2]。

(2) 业务与产业驱动

需要满足多种制式用户连接和功能特性需求,满足行业需要统筹规划、构建协同发展的蜂窝物联网网络体系。

蜂窝物联网分制式承载规划如图2所示,不同速率用户通过不同制式物联网接入方式承载。

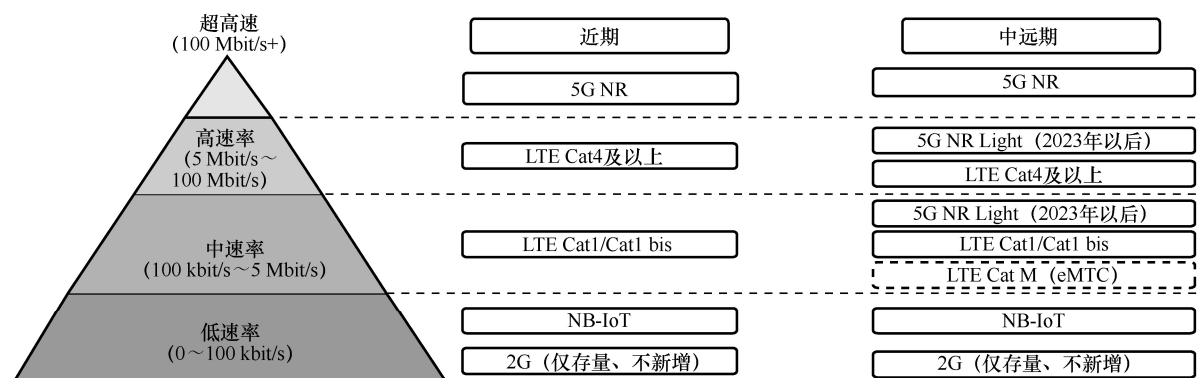


图2 蜂窝物联网分制式承载规划

NB-IoT 针对低功耗广域 (low power wide area, LPWA) 技术设计, 商用 Release-13 (Rel-13) 版本速率低于 2G、Rel-14 版本速率与 2G 基本相当。eMTC/Cat1/Cat1 bis/Cat4 本质是 4G, 5G NR 能力最高, 可用于垂直行业需求; 面向物联网需求, Rel-17 设计了 NR Light (NR 设备低性能) [3]。

针对窄带物联网场景, 在技术层面 NB 已在多方面对 2G 形成替代优势, 标准层面具备可持续演进条件; 在覆盖和价格上, 当前 NB 基站已基本完成连续覆盖, 根据某运营商招标结果显示, NB 模组已降至 12 元, 价格优势进一步显现。

Cat1 主要面向物联网中低速率场景。根据最新一期某运营商招标结果, Cat1 模组价格已进入 40 元以内区间[4]。随着产业日趋成熟, 未来针对高速率以及特殊要求场景的 5G (含轻量化 5G 技术 (reduced capability, RedCap)) 物联网也将逐步规模化应用[5]。

(3) 技术与标准驱动

技术标准的演进、网络能力的提升以及网络产品的升级等技术驱动需要物联网核心网目标架构能够灵活地适配。

在标准层面, 5G 能力三角的完善不断为行业场景带来新技术、新功能。Rel-16 标准完善了 5G 能力三角, 引入了 5G 局域网 (local area network, LAN)、增强的位置定位服务 (enhanced location

service, eLCS)、非公共网络 (non-public network, NPN)、高精度定位、NB 演进 (CIoT) 等功能, 进一步增强了 5G 网络面向 toB 业务的服务能力。Rel-17/Rel-18 继续对 Rel-16 的增强演进进行定义, 提出卓越网络、智生智简、低碳高效三大演进方向。

在网络能力层面, 信息与通信技术 (information and communication technology, ICT) 融合、专享网络、工业现场网技术、通信技术 (communication technology, CT) 与运营技术 (operational technology, OT) 融合对未来网络演进及组网均有不同要求。

在产品层面, 构建行业专网需要通过能力定制实现核心网络能力不同程度的下沉, 以赋能 5G 应用重点领域, 保持核心网络技术领先。

随着数据安全法、信息保护法的陆续颁布, 网络及数据安全管控日益趋紧。同时, 运营商网络战略转型也要求实现核心网功能升级、容量全云化目标。

2 目标架构及演进策略

2.1 架构分析

基于网络现状及演进驱动力, 结合典型蜂窝物联网业务特性分析, 物联网核心网目标架构设计主要存在以下两种思路, 目标架构设计思路对比分析见表 1。



表 1 目标架构设计思路对比分析

类型	思路 1（融合组网）		思路 2（独立组网）
	思路 1.1（全融合）	思路 1.2（部分融合）	
标准情况	企业技术规范已要求 2G/4G/5G/NB 具备融合能力		现有标准、规范均已支持此场景
产业支持	主要厂商已完成 4G/5G/NB 融合测试，即将进行 2G 融合测试	现网主要厂商的策略控制功能/统一数据管理功能（policy control function/the unified data management, PCF/UDM）已支持融合能力	现有厂商设备均已支持此场景
业务影响	对现有业务进行无感知割接	对现有业务无影响	对现有业务无影响
路由组织	与 5G toB 网络路由组织一致（UPF 建议使用专线 UPF）	4G/5G/NB 不同基站使用不同的接入设备，用户注册和签约使用数据域融合网元	延续使用现网路由组织
资源利用	高：不同制式共享资源。在 2G/4G/5G/NB 发展情况不确定时，可以提高资源利用率	中：数据域网元 2G/4G/5G/NB 共享，利用率较高	低：所有 2G/4G/5G/NB 网元均隔离，硬件利用率最低
规划投资	低：由于资源利用率高，因此硬件投资和维护成本最低	中：数据域网元均 2G/4G/5G/NB 共享，投资较低	高：需要对 2G/4G/5G/NB 的 4 张网络分别进行建设和维护，会导致硬件投资和维护成本较高
施工调整	短：融合网元按需在 5G 网络上扩容即可，工期最短	中：需要对接入设备分别进行新建或扩容。数据域网元按需扩容即可，工期适中	长：对 2G/4G/5G/NB 的 4 张网络分别进行建设，工期较长
容灾影响	4G/NB 业务迁移至 toB 网络，按照 toB 网络容灾方式	（1）接入设备沿用现网 2G/4G/5G/NB 的容灾方式。 （2）用户迁移至 toB 数据域网元后，按照 toB 网络容灾方式	沿用 2G/4G/5G/NB 的 4 张网络的容灾方式

思路 1 5G toB 核心网与传统物联网专网融合。根据不同层级网元特点，其可分为全融合和部分融合。全融合是指一张融合云化核心网满足所有制式蜂窝物联网接入，通过共享设备容量，按需部署新功能，以满足业务发展需要。部分融合是指仅用户的数据类网元融合，接入与会话承载类网元分设。

思路 2 5G toB 核心网与传统物联网独立发展。传统物联网主要满足中低速率窄带物联网和部分中速率宽带物联网业务需求，支持 2G、NB 和 4G 接入，对物联网云化改造可以满足新增容量和功能需求。5G toB 网络定位于高价值物联网客户，主要满足部分宽带物联网业务、低时延高可靠通信（ultra-reliable & low-latency communication, URLLC）（如多路冗余传输的增强功能）业务，仅支持 5G 接入^[6]。可通过扩容升级满足新增容量和功能需求。

基于业务特点、标准及产业情况、业务影响、路由组织、资源利用等维度进行方案思路分析，统

筹考虑，可优先采用思路 1.1 作为目标架构，简化网络架构、支持各种类型接入制式共享网络容量。

2.2 目标架构

基于上述分析，面向未来应逐步构建一张云化融合、功能灵活、接入统一、立体分层、运维集约的物联网核心网，适配和支撑业务发展，有效保持网络技术领先，构建差异化核心网络竞争能力。物联网核心网目标架构如图 3 所示。

（1）云化融合：采用全云化、全融合架构，不同制式用户共享设备容量提高设备利用效率，满足全业务、全场景需求。

（2）功能灵活：基于基础功能底座，叠加专用网络能力，通过虚拟网络切片或定制化产品实现功能灵活组合。

（3）接入统一：支持 4G、5G、NB 统一接入，2G 建议保留在传统专网。

（4）立体分层：集中+边缘架构，采用专线/行业网关满足地市共享容量需求，采用边缘网络实现业务本地闭环，满足高可靠低时延业务。

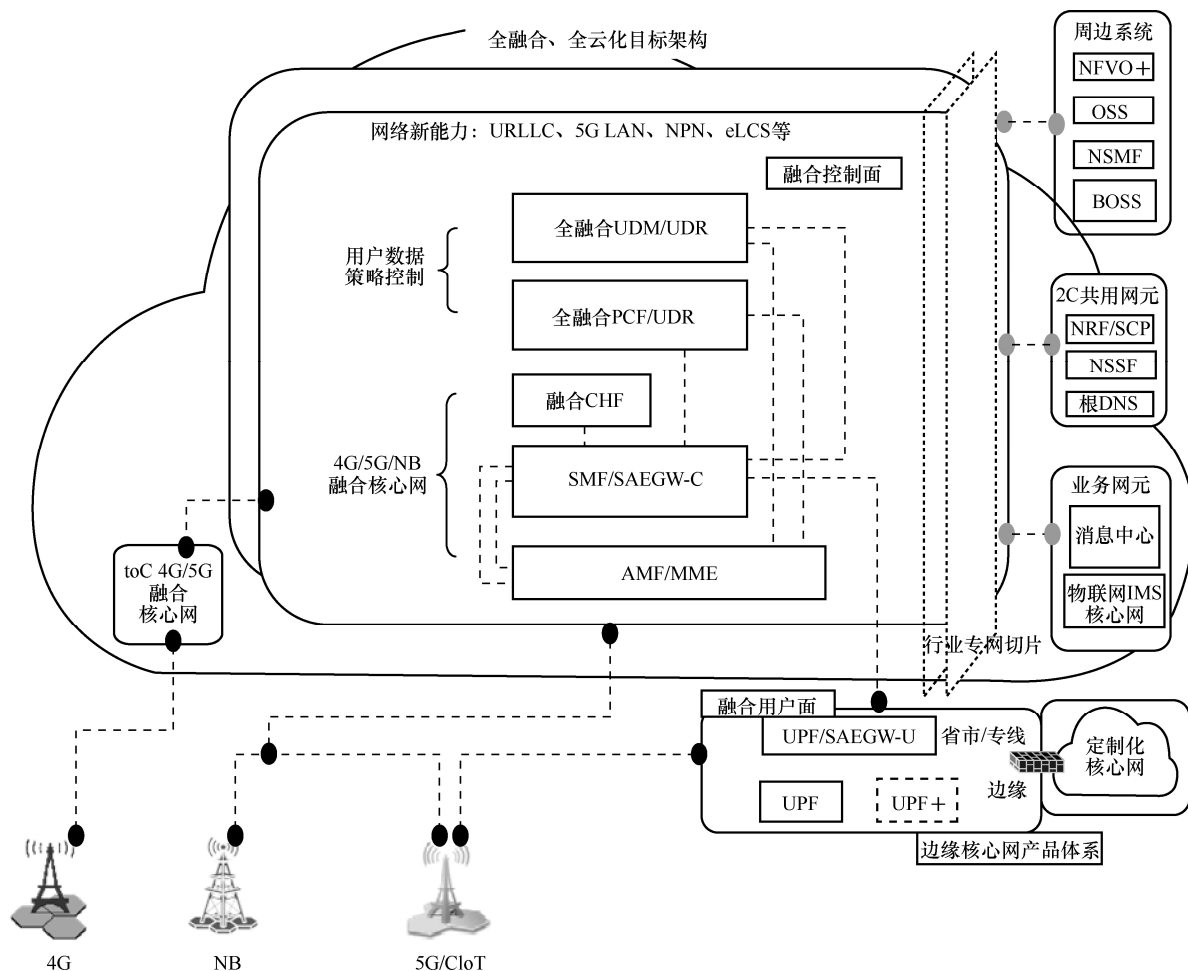


图3 物联网核心网目标架构

(5) 运维集约：基于简化网络架构，统一开通、计费，简化运维流程。

2.3 演进策略

面向目标、立足现状，可接近期、远期两阶段逐步完成网络架构优化调整、存量用户有序迁移，有效保护投资、简化多代网络，逐步构建全云化、全融合、统一接入的物联网融合核心网。物联网核心网目标架构演进策略示意图如图4所示。

在网络层面，考虑2G无线逐步退网、频谱重耕等因素，建议初期2G维持现状，自然退网；考虑NB是未来中低速率物联网主要承载网络，且具备独立无线电接入技术（radio access technology, RAT）类型^[7-8]，建议NB存量和新增用户全

部通过融合核心网承载；4G物联网由于在接入层面无法和toC用户区分，因此4G接入需要复用toC核心网接入类网元，然后再疏通到toB融合核心网；5G toB用户全部通过融合核心网承载。

在网元层面，需要考虑用户数据、策略控制、网关和接入类网元演进策略。

(1) 考虑物联网用户与toC用户行为习惯差异较大，现有存量2G/4G模组基本无法升级支持5G功能需求，且物联网用户对号码依赖性较低，因此新增用户可考虑采用新卡新号开通业务。

(2) 考虑网络演进和用户策略一致性，建议新增4G、NB、5G等toB用户策略控制统一由toB核心网的二融合PCF/UDR负责。根据网络现状和业务发展趋势，存在以下两种部署思路。

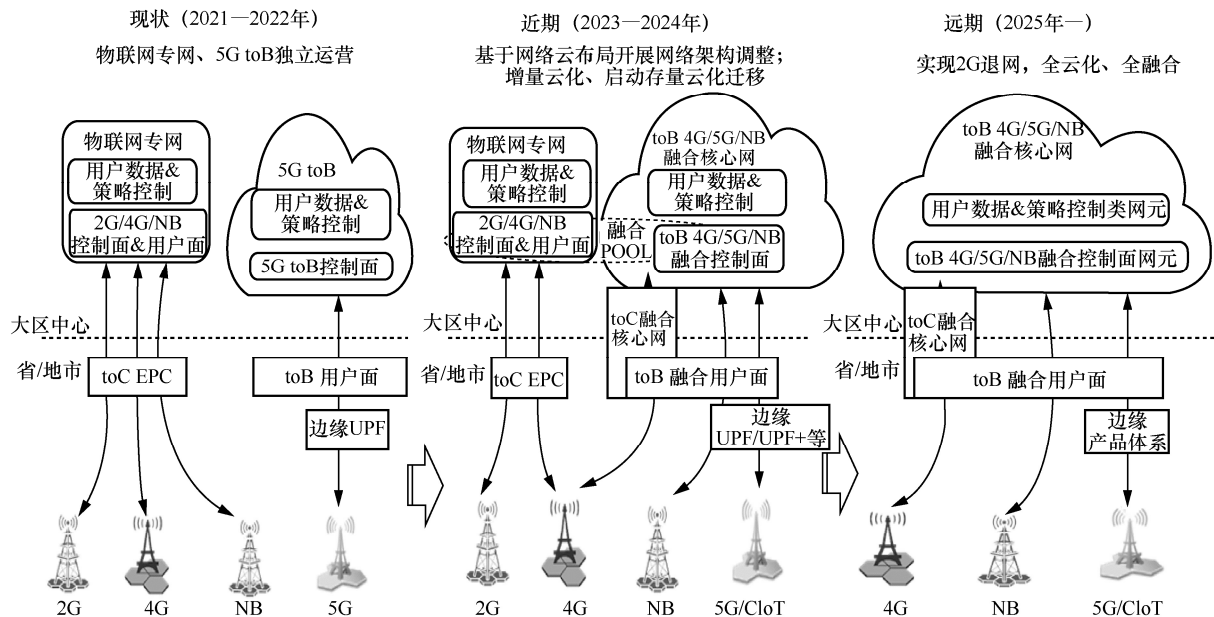


图4 物联网核心网目标架构演进策略示意图

思路1 toB网络PCF/UDR设备进行扩容，以满足增量用户需求。不考虑存量用户升级支持5G功能，新增用户采用新卡新号支持策略数据签约与控制。

思路2 toB网络PCF/UDR设备在满足增量用户需求的同时，对传统存量用户进行替换。如果传统策略与计费规则功能（policy and charging rules function, PCRF）单元存量用户相对较少，可考虑用户迁移升级以实现支持5G功能。替换后，所有策略控制设备为两融合PCF/UDR，会话管理功能/PDN网关/GPRS网关支持节点（session management function/PDN gateway/GPRS gateway support node, SMF/PGW/GGSN）不再支持Gx接口。

为提升用户感知，避免融合网关因无法识别4G、5G用户而造成的策略寻址失败问题，建议采用思路2。

(3) 对于5G核心网（5G core, 5GC）控制面网元及用户面功能（user plane function, UPF）网元，物联网2G/4G用户只能通过toC网络服务GPRS支持节点/移动管理实体（serving GPRS

support node/mobility management entity, SGSN/MME）接入。NB用户统一采用toB融合网络认证管理功能/移动管理实体（authentication management function/mobility management entity, AMF/MME）接入，同时AMF融合NB MME功能。现有5G toB网络SMF/PGW-C融合GGSN-C, UPF/PGW-U融合GGSN-U。toB用户签约的接入点名称/数据网络名称（access point name/data network name, APN/DDN）类型较多，APN/DNN与手机制式无关，存在不同制式终端使用的可能性，需要SMF/PGW-C支持2G/4G/NB功能。

2.4 技术演进

为保持技术领先、支撑toB业务发展，可考虑引入需求迫切、技术成熟、产业进度可期的5G新功能。面向行业监管要求和一线业务拓展需要，可考虑优化增强业务、容灾、安全管控等能力。基于端到端共同明确的Rel-16引入策略，按需引入toB相关核心网新能力。toB网络与toC网络同步通用新功能，如多切片4G/5G互操作、计费能力增强、N9转发隧道等。同时为提升“定制化、精确化、区域化”等专网新

能力,考虑引入 5G LAN、PNI-NPN、eLCS 等行业场景新功能。

考虑部分行业应用对网络质量、专用、安全、服务支撑等存在特殊要求,“网络专用”需求不断涌现,亟须快速整合能力,重构专网核心网产品体系。近期业内主要有以下两种解决方案。

- 增强型 UPF 方案:在现有 UPF 能力基础上,集成极简 AMF、SMF、UDM 功能,满足 toB 大网设备故障或连接中断时本地数据业务的应急接入能力,即在园区内用户访问业务不受和上层网络连接故障的影响,实现用户不掉线、业务不中断。
- 定制化下沉核心网方案:针对特定行业安全隔离管控要求,在局域/封闭场景下,配合专用无线网络,可提供定制化核心网下沉解决方案,在运行态与大网保持相对独立的状态。

2.5 业务解决方案

物联网核心网融合进程中数据业务、语言业务、短信业务以及计费等均存在不同的解决思路。

2.5.1 数据业务

数据业务通过 APN/DNN 进行隔离和疏通。面向定向流量场景,可通过 APN/DNN 指向特定的用户面设备;面向低时延、本地数据处理等场景,通过 APN/DNN 是目标网络的唯一标识的特点,4G APN 可通过 4G 网络将终端接入专用 APN 标识的客户内网,并将访问通道与公网隔离,从而确保网络访问的安全性及数据传输的私密性。对 APN 的描述、定义和使用同样适用于 5G DNN 指向边缘的用户面设备。物联网现网包含面向通用数据接入的通用 APN/DNN 和面向业务特性独立设置的专用 APN/DNN。其中通用 APN/DNN 负责疏通到互联网公网的数据流量;专用 APN/DNN 是客户根据需求申请开通专用 APN/DNN (专用隧道需求、节电参数单独配置需求、网络性能单独统计等)。

2G APN 建议保留在传统网络,随 2G 退网逐步消亡。4G 和 NB 数据通用 APN 通过物联网现网 PGW 与融合核心网融合网关设备按权重负荷分担承载存量及新增用户业务需求,并随网络云化融合迁移至融合设备。4G 和 NB 的数据专用 APN 可根据客户业务运行情况按需割接到融合核心网。通用 APN/DNN 依然可以采用覆盖范围内全网负荷分担,区域性专用 APN/DNN 可以通过归属地网关设备进行疏通,全网性专用 APN/DNN 可以按照通用 APN/DNN 选择部分网关进行疏通,新增用户通过域名系统 (domain name system, DNS) 设置选择融合网关进行数据业务疏通。

2.5.2 语音业务

物联网语音业务建议优先采用 VoIMS (voice over IMS) 方案。IP 多媒体子系统 (IP multimedia subsystem, IMS) 网络设备部署涉及以下几种思路。

(1) 接入边界会话控制器/代理呼叫会话控制功能 (session border controller/proxy-call session control function, SBC/P-CSCF) 方案有两种思路:思路 1 为减少路由迂回,复用功能稳定的 toC 网络设备;思路 2 为按照独立建设、物理隔离方式部署,4G 复用 toC、5G 独立部署。

(2) 为避免大量改造,支撑业务灵活迭代,控制面方案有 3 种部署思路:思路 1 按照独立部署虚拟化替换双跨 IMS,与物联网 (含车联网) 语音业务、开通/计费密切相关的呼叫会话控制功能 (call session control function, CSCF)、VoLTE 应用服务器 (VoLTE application server, VoLTE AS)、SCP AS/业务控制点 (service control point, SCP)、电话号码映射工作组/域名系统 (telephone number mapping working group/domain name system, ENUM/DNS) 等网元集中独立设置,同步考虑双跨用户对 CSCF、固网归属用户服务器 (home subscriber server, HSS) 的需求;思路 2 复用 toC 网络 IMS;思路 3 是 I/S-CSCF、ENUM/DNS 复用 toC 网络 IMS, VoLTE AS 独立部署。



从满足业务需求、兼顾网络演进,减少网络架构调整,按需替换老旧设备角度考虑,建议 VoIMS 方案接入 SBC/P-CSCF 复用 toC 网络, I/S-CSCF、应用服务器(application server, AS)、ENUM/DNS 等控制面设备独立部署虚拟化设备替换传统双跨 IMS。未来随着向 VoNR 演进,通过复用双跨 IMS 只需要将被割接省份 SBC/P-CSCF 数据配置从传统专网 PGW 上删除,重新配置在融合 SMF/SAEGW-C 上,对现网无额外改造要求。

2.5.3 短消息业务

使用 IMS 语音的终端可以采用 IP 短消息方案;对于不支持 IMS 协议栈的终端,仍然需要采用基于 SGs 接口的短消息方案。考虑 2G 逐步退网,需要提前准备解决方案,一方面可以通过升级终端支持 IP 短消息或非接入层(non access stratum, NAS)短消息,另一方面可通过研究替代解决方案,保留拜访位置寄存器(visitor location register, VLR)及 SGs 接口功能。为促进物联网消息的接入统一,可考虑将多个短消息系统进行融合部署,主要存在以下两种思路。

思路 1 部署 SMSC、MSC/VLR、SMSF 和 IP-SM-GW 四融合,替换现有短消息相关系统,支持多制式用户统一接入和数据共享。

思路 2 实现 SMSC、MSC/VLR 两融合替换现有 SMSC, IP-SMGW 和 SMSF 独立设置,由 3 类网元共同承载各类物联网消息。

为简化架构、优化信令流程、共享同类资源、提高设备效率、并支持 2G 退网后短消息业务延续,建议采用思路 1,统一满足 4G/5G/NB 物联网各类短消息业务需求,同时实现与 2G 电路域功能解耦。

2.5.4 计费

5G toB 网络实现了在线计费和离线计费的融合, SMF 支持融合 PGW-C 功能, SMF/PGW-C 统一产生计费信息,不再使用 2G/4G 分组域网络中的 PGW/GGSN 的 Gy 接口和 Ga 接口,后续统

一通过 Nchf 接口将计费信息发送至计费功能(charging function, CHF)。

3 结束语

无论是用户行为、业务模型、市场发展,还是网络策略, toB 和 toC 网络之间既存在一定联系又存在明显差异。基于业务定位,面向 5G、通过建设一张云化融合的物联网核心网既可以满足不同接入类型用户共享网络容量,有效避免不同类型用户发展不均衡带来的网络资源浪费;同时,采用全网基础网络能力底座、按需叠加特色专用功能的灵活组合,又能够有效支撑不同行业客户差异化需求、凸显以价值为导向的网络设计理念。通过明确目标思路、演进策略、组网架构及业务解决方案,将实现向云化融合、集约运营、纵深分布的物联网核心网有序演进。

参考文献:

- [1] 物联网市场研究机构. 全球蜂窝物联网模组跟踪报告[R]. 2021.
IoT Analytics. Global cellular Internet of things module tracking report[R]. 2021.
- [2] 工业和信息化部办公厅. 关于深入推进移动物联网全面发展的通知[R]. 2020.
The General Office of the Ministry of Industry and Information Technology. Circular on further promoting the comprehensive development of the mobile Internet of things[R]. 2020.
- [3] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; security architecture and procedures for 5G system; V17.1.0; 3GPP: TS 23.501[S]. 2022.
- [4] 中国联通. 中国联通数科物联网事业部公布 Cat.1 模组产品数据[R]. 2022.
China Unicom. China Unicom Internet of things division released CAT.1 module product data[R]. 2022.
- [5] SUMMARY E. Cisco visual networking index: global mobile data traffic forecast update, 2010 - 2015[J]. Growth Lakeland, 2011, 20(4): 2010-2015.
- [6] 胡智霖, 胡要杰. 5G 蜂窝物联网关键技术分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2020, 10(11): 143-144.
HU Z L, HU Y J. Analysis of key technologies of 5G cellular Internet of things[J]. Modern Industrial Economy and Informa-

tionization, 2020, 10(11): 143-144.

- [7] 马洪源, 肖子玉, 卜忠贵, 等. 面向 NB-IoT 的核心网问题研究[J]. 移动通信, 2017, 41(22): 29-35.

MA H Y, XIAO Z Y, BU Z G, et al. Research on core network problems oriented to NB-IoT[J]. Mobile Communications, 2017, 41(22): 29-35.

- [8] 王计艳, 王晓周, 吴倩, 等. 面向 NB-IoT 的核心网业务模型和组网方案[J]. 电信科学, 2017, 33(4): 148-154.

WANG J Y, WANG X Z, WU Q, et al. Core network service model and networking scheme oriented NB-IoT[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(4): 148-154.

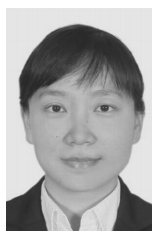
[作者简介]



马洪源 (1984—), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师, 主要研究方向为移动通信核心网。



周维 (1977—), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师、咨询设计总监, 主要研究方向为核心网。



付艳 (1985—), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师, 主要研究方向为移动通信核心网。

邵永平 (1978—), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师、咨询设计总监, 主要研究方向为核心网。

黎丹 (1981—), 女, 中国移动通信集团有限公司高级工程师, 主要研究方向为移动通信核心网。