



北京 2022 年冬奥会官方合作伙伴
Official Partner of the Olympic Winter Games Beijing 2022

算力网络可编程服务

SID as a Service(SIDaaS)

白皮书

中国联通研究院

2022 年 5 月

版权声明

本报告版权属于中国联合网络通信有限公司研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其他方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国联通研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。



中国联通研究院

目录

前 言.....	1
一、算力网络发展的趋势与挑战.....	3
(一) 算力网络发展历程回顾	3
(二) 算网一体演进趋势判断	4
(三) 融合运营面临挑战分析	7
(四) 发展可编程服务的意义	9
二、“IPv6+”技术与可编程服务.....	12
(一) SRv6 可编程性概述	12
(二) “IPv6+”可编程服务体系.....	15
三、SIDaaS 可编程服务理念	19
(一) SID as a Service (SIDaaS) 含义	19
(二) Network SID as a Service	20
(三) Service SID as a Service	21
(四) Binding SID as a Service	22
四、SIDaaS 可编程服务设计方法.....	25
(一) 系统架构设计	25
(二) 核心功能概述	27
(三) 服务实现机制	29

1、集中式可编程服务	29
2、混合式可编程服务	30
五、SIDaaS 可编程服务应用场景	34
（一）业务定向加速服务	34
（二）云网安一体服务	35
（三）跨域专线服务	36
（四）智慧安防服务	37
六、展望与倡议	40
七、参考文献	42
八、缩略语	44



中国联通研究院

前言

近年来，伴随着数字经济的蓬勃发展，互联网、大数据、人工智能同各行各业深度融合，持续推动着数字产业化与产业数字化转型。从国家战略、技术趋势、市场需求等多方面来看，加快传统产业数字化改造，推动计算产业与网络产业协同发展，构建新型算力网络，实现“以算联网，以网强算”是大势所趋。

2021年3月，中国联通正式发布 CUBE-Net 3.0 网络转型计划，旨在携手合作伙伴共同构建面向数字经济新需求，增强网络内生能力，实现“联接+计算+智能”融合服务的新一代数字基础设施，积极推动网络从“云网融合”迈向“算网一体”。2021年9月，中国联通发布了大湾区算力网络行动计划，面向“一网联多云、一键网调云”能力目标，提出了算力网络1个能力底座，N项核心能力和X种典型场景。2021年底，中国联通发布了《中国联通算力网络实践案例（2021年版）》，详细介绍了面向不同领域，不同场景的算力网络应用创新和实践成果。基于上述研究基础，本白皮书聚焦以“可编程服务”为特点的算力网络第二阶段任务进行详细阐述，以算力和网络的融合运营为目标，以“IPv6+”技术体系为实施载体，提出 SIDaaS（SID as a Service）服务理念，从体系架构、核心功能、实现方式、应用场景等方面对以 SIDaaS 为代表的算力网络可编程服务进行论述。

希望本白皮书在算力网络可编程服务理念，SIDaaS 技术体系，平台设计及实现机制等方面为行业发展起到抛砖引玉的作用，旨在推

动算力、服务和网络的统一编排与可编程调度，赋能面向未来的“大联接+大计算”数字信息基础设施发展新格局。在本白皮书撰写过程中，得到中国联通集团网络部、科技创新部各位领导，和中国联通算力网络产业技术联盟多家合作伙伴单位的大力支持，吸收了业界多位专家的意见建议，在这里一并表示感谢！

指导单位：

中国联合网络通信集团有限公司，中国联通算力网络产业技术联盟

指导组成员（排名不分先后）：

傅强，马红兵，李红五，唐雄燕，周又眉，裴小燕，王明会，屠礼彪，郭胜楠

编写组成员（排名不分先后）：

曹畅，王海军，庞冉，张学茹，张帅，易昕昕，张岩，何涛，佟恬，刘莹，李建飞（中国联通研究院/下一代互联网宽带业务应用国家工程研究中心）

一、算力网络发展的趋势与挑战

（一）算力网络发展历程回顾

算力网络是指在计算能力不断泛在化发展的基础上，通过网络手段将计算、存储等基础资源在云-边-端之间进行有效调配的方式，以此提升业务服务质量和用户的服务体验。算力网络是中国信息通信产业响应国家政策导向，顺应产业发展趋势，适应市场新兴需求的体系创新、架构创新与能力创新。

算力网络的概念萌芽于数字经济蓬勃发展的大潮中，始于业务对数据分析和智能网络的双重需求。在 5G、AI、云计算和大数据等新技术的催化下，传统产业升级中不断涌现出新的商业模式，形成了行业数智化、海量数据交易及模型训练等系列新场景需求，这将会产生大量的人、物、数信息，形成海量的应用数据。同时，随着各行各业应用智能化程度的不断发展，数据分析及应用的广度、深度和速度均呈现多样化需求趋势，背后则需要算力提供能量与动力。同时，随着以图像计算、超算等为代表的异构算力蓬勃发展，算力在获取时限的约束下不断靠近用户，逐步形成了以云-边-端为代表的多级计算能力。

近年来，一系列国家政策的出台有力推动了算力网络的发展，2020 年 12 月，国家发改委发布《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》，推动算力、算法、数据、应用资源进行集约化和服务化创新。2021 年 3 月，国家“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要明确全面推进互联网协议第六版（IPv6）商用

部署、加快构建全国一体化大数据中心体系工作。2021年6月，发改委发布《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》，推动新型算力网络，加快实施“东数西算”工程。在国家政策的指导下，国内信息通信行业持续开展面向“5G+云+AI”的算力网络研究和推进工作。

中国联合网络通信有限公司（以下简称中国联通）作为国内信息通信行业的骨干运营企业，于2019年发布《算力网络白皮书》，2020年发布《算力网络架构与技术体系白皮书》，2021年发布《云网融合向算网一体技术演进白皮书》、《异构算力统一标识与服务白皮书》、《中国联通算力网络实践案例（2021年版）》等。2021年9月，中国联通大湾区算力网络联合实验室、北京“IPv6+”联合创新实验室相继正式成立，标志着中国联通在算力网络领域，联合产业合作伙伴开展的研发合作创新逐渐走向深入。

（二）算网一体演进趋势判断

“十三五”期间，云网融合已在业界形成共识并取得了显著的成效。我国电信运营商基于SDN、NFV及云进行的网络能力重构和升级取得了积极进展，已经实现了以入云/云间互联专线服务为代表的SDN云/网的灵活连接，实现了核心网功能全面云化，实现云网资源的一体化调度，但距离实现云网服务层的深度融合尚有一定距离。

从网络角度看，算力网络是面向计算和智能服务的新型网络体系，“IPv6+”和全光底座是算力网络的技术基石，增强网络内生算力是

算力网络演进的重要方向；从计算角度看，算力网络是网络化的算力基础设施，是依托网络构建的多样化算力资源调度和服务体系；从服务角度看，算力网络的目标是提供算网一体服务，是云网融合服务的新阶段，是数字基础设施服务的新形态。算力网络作为云网融合的新阶段，基于 5G、泛在计算与 AI 的发展演进，在继承当前云网融合已有成果的基础上，结合未来业务形态的变化，以“应用部署匹配计算，网络转发感知计算，芯片能力增强计算”为目标，实现计算和网络的融合逐步走向深入。

经过分析和讨论，算力网络的发展预期将按照“三步走”的发展脉络，经历三个主要阶段：

第一阶段，实现算力和网络的“协同供给”。这一阶段聚焦于算网基础设施层的构建，旨在完成网络和算力资源的协同调度和服务。预期到 2022 年底，基本实现承载网与运营商自身主要算力资源的协同控制与联合调度，实现多级算力协同服务。

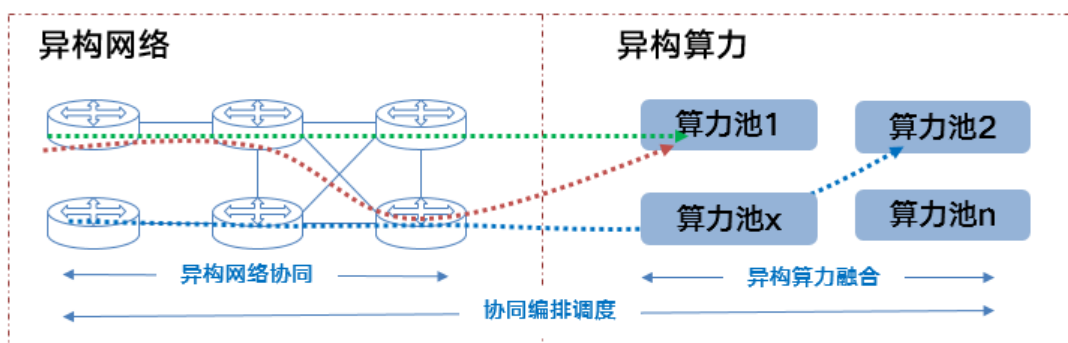


图 1-1：“协同供给”阶段示意图

第二阶段，实现算力和网络的“融合运营”。这一阶段聚焦于算

网基础设施协议层融合，旨在实现计算资源与网络资源的统一标识、统一寻址。预期从 2023 年到 2025 年，逐步打破算网边界，实现算网基础设施一体化。基于算力标识、算力路由等技术实现算力感知的路由优化，实现算网深度融合的第二阶段。

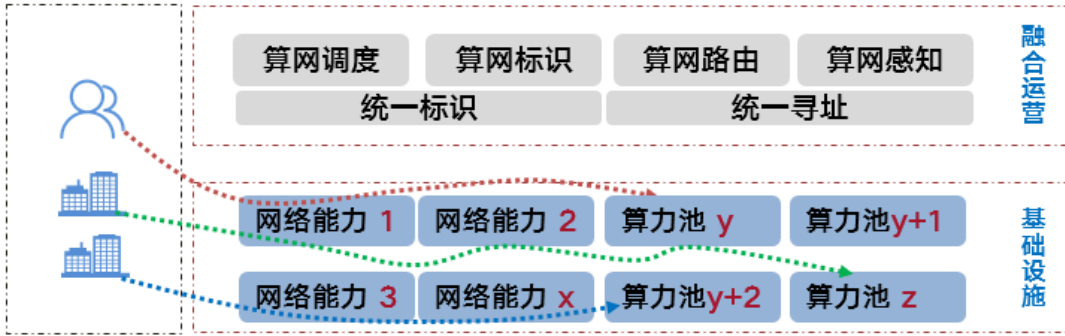


图 1-2: “融合运营”阶段示意图

第三阶段，实现算力和网络的“一体共生”。这一阶段聚焦于面向智慧内生目标的网络架构演进。将在 6G 网络中实现包含接入网、承载网、核心网端到端的计算能力和 AI 能力内生。预期到 2030 年，逐步实现计算、网络、数据、AI 的一体化运营生产和质量保障。

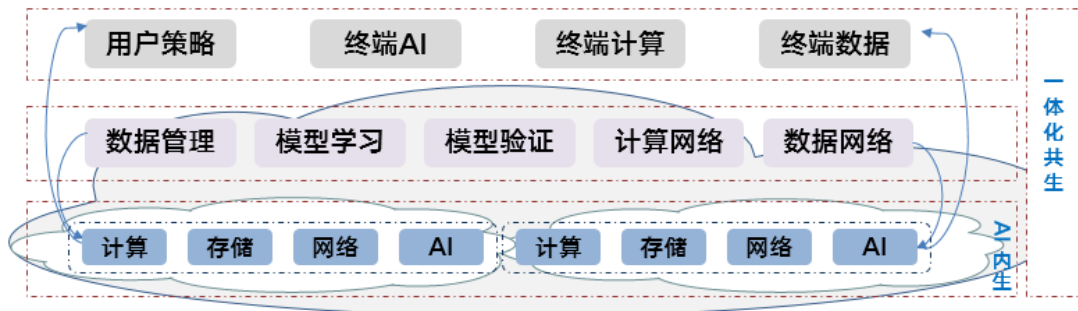


图 1-3: “一体共生”阶段示意图

当前，算力网络的发展还处于第一阶段，即“协同供给”阶段，已实现一定区域内的计算能力和网络能力联合按需调度。同时，在向

第二阶段，即“融合运营”阶段演进，还面临诸多挑战，其中核心问题是跨域服务资源调度方式。跨域服务资源调度本质上是对算网一体化感知的需求，是算力网络实现资源统一度量、统一标识、统一编排的基础。解决算网一体化感知，实现服务、算力、网络资源的统一标识、统一寻址是现阶段推进算网一体发展、实现算力网络二阶段发展目标的关键。

（三）融合运营面临挑战分析

算力网络的目标是实现应用部署匹配计算、网络转发感知计算、芯片能力增强计算，最终实现计算与网络的一体化协同、运营及生产。在算力网络由“协同供给”阶段向“融合运营”阶段演进发展的关键时期，仍面临着如下的诸多困难和挑战。

挑战一：算网协同运营服务架构和技术体系有待破局重构。算力网络涵盖算力、网络、管控、编排、业务服务和安全认证等多个领域，要实现算网一体运营及生产目标，需要对架构体系、技术协议进行颠覆性创新，形成算网一体的架构、协议和管控运营体系。这就需要算网生态中各环节参与者进行有益探索，特别是在协同运营架构及技术领域，其中对业务、服务、算力、网络等环节的一体化感知技术体系是关键。

挑战二：业务服务到算网资源的灵活映射机制有待加强完善。业务服务的协同需求实质是对资源智能调度、网络智能连接、业务灵活调整的整体诉求。要求在不同应用场景下，算力网络可以满足业务服

务的带宽、时延，安全和成本等方面的定制化及灵活性需求，最终实现云、网、边、端、业的高效服务协同。目前，尚缺少一种高效灵活的业务服务与算力网络资源需求之间灵活映射机制，业务服务需求的功能性能指标与算网资源、能力之间尚不能相互解析通达。

挑战三：异构的算力与网络资源间的识别及感知技术有待成熟推广。算力网络各领域在其发展演进和融合中形成了相对独立的技术架构、协议体系和管控体系。实现协同服务、一体运营的关键在于打破领域边界和技术壁垒。在业务服务到算网资源灵活映射的基础上，需要算网域内实现基础协议及技术底座的统一。通过技术协议协同实现异构网络资源、异构算力资源的统一标识、统一寻址，支撑端到端服务协同实现。

为了应对上述困难与挑战，目前业界在底层网络能力演进及上层管控编排协同等领域均在进行诸多有益尝试。其中，在推进业务、网络及算力的统一标识和寻址方面，以 IRTF 为代表的国际互联网研究组织提出了 ICN（Information Centric Network，内容中心网络）概念，并开展内容命名机制、路由请求方法、数据分组方法、转发技术及应用接口等方面的研究，现已形成 13 篇 RFC。以网络 5.0 为代表的国内 IP 网研究组织提出了网络标识解析，聚焦于 IP 网络领域的标识与编码解析、标识数据处理、标识协同应用等，正在建立网络标识解析体系并开展相关建设。ICN 及网络标识解析的相关研究是在算、网、业的标识体系和方法上有益探索，分别对基于内容的编码和部分

行业网络内设备设施的统一编码进行了深入研究。

(四) 发展可编程服务的意义

2021年3月,中国联通发布CUBE-Net3.0创新体系,提出建设“新一代数字基础设施”的愿景,实现连接、计算与数据融合,强调结合“IPv6+”等先进技术,构建“一网联多云,一键网调云”的云网边一体化能力开放调度体系,形成网络与计算深度融合的算网一体服务新格局。

“一网联多云,一键网调云”的实质是对网络智能连接、业务智能调度的需求,当前中国联通已经初步建成良好的云网生态,实现“一网联多云”。中国联通产业互联网(CUII)在自研SDN管控和编排系统支持下,已经纳管自有多级云池、以及阿里云、腾讯云、AWS、华为云、京东云、百度云等主流云商云池。未来中国联通将进一步优化完善云网边一体化的新型数据中心发展格局,全面承接国家“东数西算”工程。

针对“一键网调云”,其含义是基于网络多云连接环境,通过引入网络编程技术,发挥网络在云-边-端多级算力资源分布环境下进行服务调度的优势,提升用户云网一致性服务体验。面向“一键网调云”的实施目标,前期SDN管控和编排技术及协议创新是基础,具备了对全网实时管理和敏捷配置的可能,为后期发展网络可编程能力提供了必要保证。

网络编程的概念源于计算机编程,将网络功能指令化,即将业务

需求翻译成有序的指令列表，由沿途的网络节点去执行，可在任何时间重新编排任意数据包的传输路径，提高网络的灵活性，实现网络可编程。从优势上看，第一，网络可编程提高了网络控制的粒度，可以快速调用网络功能或能力，灵活地建立满足不同需求的路径，并结合架构创新与协议优化，构建算力网络“转发融合，管控分离，一体编排”的可编程架构。第二，网络可编程有效提升了资源利用率，基于对业务、算力资源和网络资源的协同感知，将业务按需调度到合适的资源节点，可将物理资源重新分配给必要的功能，以实现最大的效能。第三，网络可编程增强了节点可视化能力，对网络节点进行监控，可实时更改数据流的网络行为，可以根据网络情况进行算力调度，也可以基于算力调度需求进行网络适配和编程，有效推动算网一体融合运营。

在网络编程方面，IPv6 以及衍生的“IPv6+”系列技术具备天然优势，IPv6 大幅增加了 IP 地址数量，有效解决了 IPv4 地址空间不足的问题，同时它对数据包报文格式有重大创新，IPv6 可扩展报文头具有很好的可扩展性和可编程能力，如 HBH (Hop-by-Hop Options Header, 逐跳选项扩展报文头)、DOH (Destination Options Header, 目的选项扩展报文头)、RH (Routing Header, 路由扩展报文头) 等都存在可编程空间，可用来携带信息，实现源路由功能。IPv6 协议扩展头的合理设计和处理是可编程服务有效承载的核心。

基于以上考虑，本白皮书以面向可编程服务的“IPv6+”技术体系研究和应用为抓手，提出 SIDaaS（SID as a Service）服务理念，从体系架构、核心功能、实现方式等方面进行展开和论述。



二、“IPv6+”技术与可编程服务

(一) SRv6 可编程性概述

SRv6 是“IPv6+”技术体系最为核心及基础的协议，它改变了传统 IP 网络基于目的地址的寻路机制，可以基于源路由选路或者指定路径等条件选路。SRv6 实现网络端到端打通，可在数据中心内部通过虚拟化平面进行部署，实现一跳入云，使运营商可以提供更多的增值业务和增值服务。

SRv6 核心思想是将报文转发路径切割为不同的分段，并在路径起始点向报文中插入分段信息，中间节点只需要按照报文携带的分段信息转发即可。这样的路径分段为“Segment”，其本质是指令，指引报文执行什么操作，Segment 组合即 Segment List 是实现网络业务的有序指令列表，并通过 SID (Segment Identifier, 段标识) 来标识，表明特定节点要执行的指令信息。SRv6 的网络可编程性即体现在这里，如图 2-1 所示。首先，SRv6 Segment 的 ID，长度为 128bit，分为 Locator、Function 以及 Args 三段，可以基于报文、SLA 等信息指定网络节点处理行为，每段功能的长度都可以自己定义，提供了灵活的网络编程能力，Locator 是网络中分配给一个网络节点的标识，用于路由和转发数据包，有可路由和可聚合两个重要属性，可适配不同规模的网络；Function 是设备分配给本地转发指令的一个 ID 值，不同的转发行为由不同的功能 ID 来表达；Args 是转发指令在执行的时候所需要的参数，这些参数可能包含流、服务或任

何其他相关的可变信息。其次，多个 Segment 组合，形成 SRv6 的转发路径，在转发的过程，依靠 Segments Left 和 Segment List 字段共同决定目的地址信息，从而指导报文的转发路径和转发行为，实现网络可编程。最后，在 Segment List 后面的 TLV 选项提供了很好的扩展性，可以携带长度可变的数据，如加密、认证信息和性能检测信息等，使能网络可编程。

SRv6 通过三层可编程空间，具备了强大的网络编程能力，可以更好地满足不同的网络服务需求。SRv6 打破了网络和应用的界限，实现端到端的“云网一体”，采用网络可编程技术实现应用直接调用资源信息，可基于全局信息进行网络调度和优化。

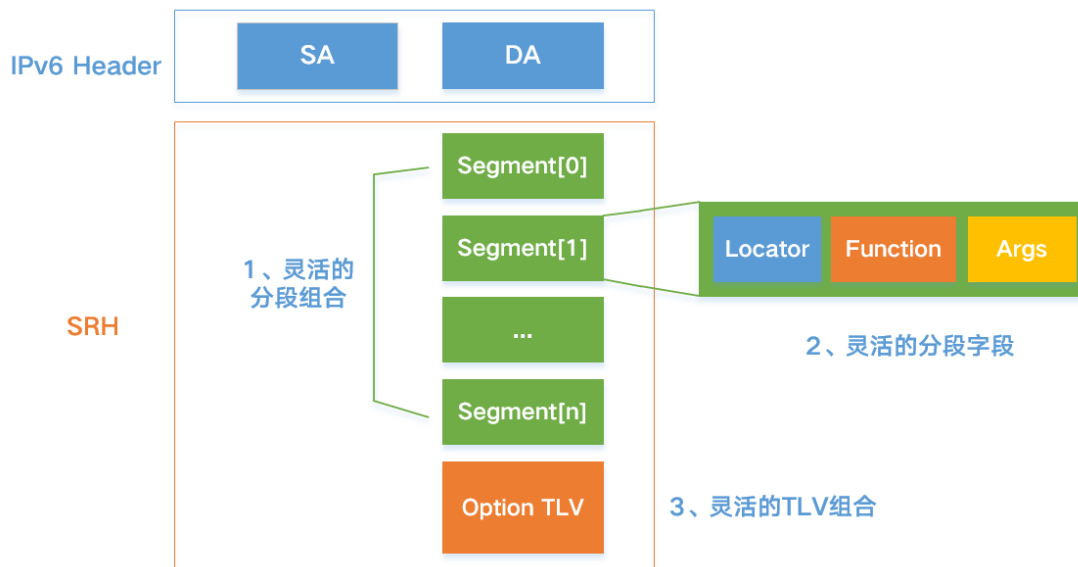


图 2-1：SRv6 的三层编程空间

SRv6 网络可编程能力，丰富了指令表达的网络功能，除了用于标识转发路径外，还能标识 VAS (Value-Added Service, 增值服

务), 例如防火墙、应用加速或者用户网关等。本白皮书对 SRv6 的 SID 进行扩展应用和编程操作, 实现算力网络可编程服务, 具体内容在后续章节会展开说明。

SRv6 Policy 可以作用于业务端到端和全生命周期, 是实现网络编程的主要机制。SRv6 Policy 利用 Segment Routing 的源路由机制, 通过在头结点封装一个有序的指令列表来指导报文穿越网络。SRv6 Policy 由 Headend (头节点)、Color (颜色)、Endpoint (目的节点) 三元组标识, 具备至少一条候选路径 (Candidate Path) 和一个或多个 Segment List 来指定业务传输路径, 同时可基于业务需求, 按需更新 Segment List, 在满足业务 SLA、连接、可靠性等需求的情况下, 实现路径可编程。在头结点部署 SRv6 Policy 之后, 还需要完成引流工作, 目前有 Binding SID (BSID) 引流、Color 引流、DSCP 引流。以 BSID 引流为例, 它用于标识整个候选路径, 提供隧道连接、流量引导等功能, 可以理解为业务调动网络功能, 选择业务路径的接口, 这种方式一般常用在隧道拼接、跨域路径拼接等场景, 可以显著地降低不同网络域之间的耦合程度。SRv6 Policy 在算力网络中为实现多云互联提供了强大的技术手段, SR 性能测量 (Performance Measurement) 可实时测量每条链路的延迟, ODN (On-Demand Next-hop, 按需下一跳) 按需自动生成 SRv6 Policy 低延迟路径, 自动引流将云互联业务引导至适当的路径, 结合 SDN 控制器还可实现灵活的跨域端到端动态带宽调整功能。

(二) “IPv6+” 可编程服务体系

“IPv6+” 作为算力承载网的技术底座，以用户为中心，以支持 IPv6 协议的网络全面部署为基础，结合“IPv6+”技术创新，打造承载网基础能力，构建算网能力底座。“IPv6+”可以实现更加开放活跃的技术与业务创新，提供更加高效灵活的组网与业务服务、更加优异的性能与用户体验，以及更加智能可靠的运维与安全保障。基于“IPv6+”技术可构建起算力网络的“四梁八柱”，实现云网端一体化的可编程服务体系。其技术架构如图 2-2 所示。

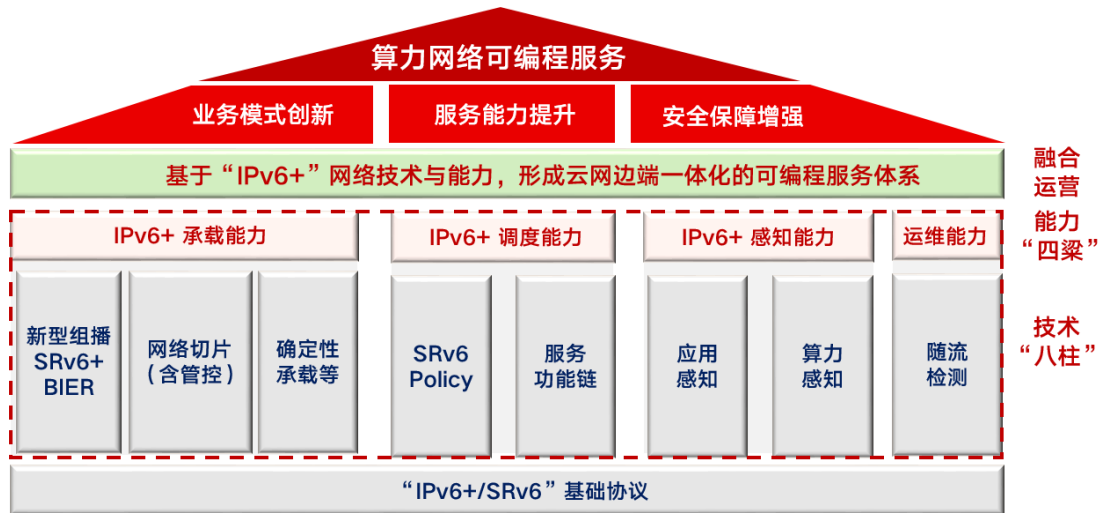


图 2-2: “IPv6+” 网络可编程技术体系

如图 2-2 所示,实现算力网络可编程服务,需要有能力“四梁”,即承载能力,调度能力,感知能力和运维能力,基于以上要求,以新型组播,网络切片,服务功能链,应用感知,随流检测等为代表的技术“八柱”是巩固能力“四梁”的重要支撑。

第一,通过新型组播技术、网络切片技术、确定性承载技术,提

升网络承载能力，最大化网络价值。

- **新型组播技术**：如 BIER (Bit Index Explicit Replication, 比特索引显式复制), 通过将组播报文目的节点的集合以比特串的方式封装在报文头部发送给中间节点, 无需为每一条组播流建立组播分发树和保存流状态, 仅需根据报文头部的比特串完成复制转发, 可以简化组网、实现业务解耦和提升业务质量;
- **网络切片技术**：如 VPN 技术可以提供“弹性”隔离通道, 用不同的 VPN 提供业务层面的逻辑隔离, 也可以通过 FlexE (Flex Ethernet, 灵活以太网) 技术对接口资源灵活、精细化管理, 提供硬管道隔离, 实现对承载网进行精细化切片处理, 提供多种业务差异化承载能力;
- **确定性承载技术**：如 DetNet (Deterministic Networking, 确定性网络) 通过资源预留 (链路带宽和缓存空间等)、冗余保障方法, DIP 技术通过增强的周期排队和转发技术, 能够保证网络报文传输时延上限、时延抖动上限、丢包率上限, 可以提供精确保障的业务体验;

第二, 通过 SRv6 Policy 和服务功能链技术, 使能网络可编程能力, 提升网络调度能力, 实现网络服务编排。

- **SRv6 Policy**：如 2.1 节所述, 利用 Segment Routing 的源路由机制, 通过在头节点封装有序的指令列表来指导报文按序穿越网络, 实现网络编程;

- **服务功能链：**是一种给应用层提供有序服务的技术，其本质是意图驱动服务，即依据客户的意图，可以使业务流按照指定的顺序依次经过指定的增值业务设备，从而保证网络能够按照预先规划的路径为用户提供安全、快速、便捷、稳定的服务；

第三，通过应用感知技术和算力感知技术，可满足未来网络业务、算力和服务良好匹配的需求，提升网络感知能力，推动网络能力变现。

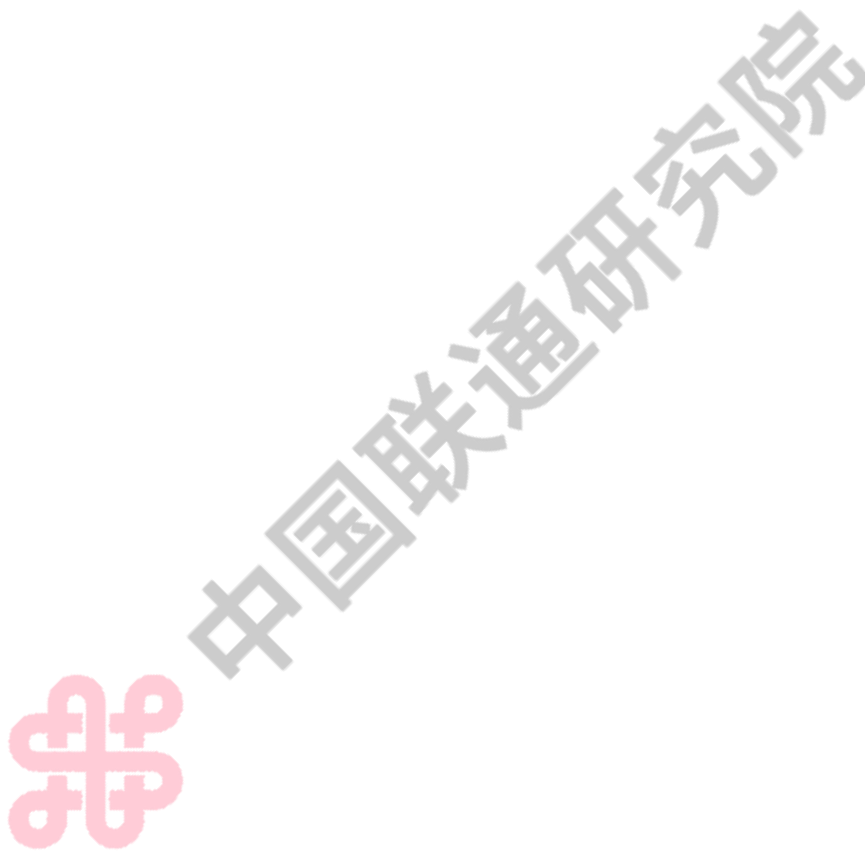
- **应用感知技术：**利用 IPv6 扩展头将应用信息及其需求传递给网络，网络根据这些信息，通过业务部署和资源调整来提供精细化和定制化服务；
- **算力感知技术：**将服务所需的算力资源信息，结合路由机制在网络发布，作为服务寻址的关键依据，使应用能够按需、实时调用不同地方的多样化计算资源，实现连接和算力在网络的全局优化，提供一致的用户体验；

第四，通过随流检测实现网络路径可视，性能可度量，提升网络运维能力，推动网络更灵活、管理更智慧、服务更智能。

- **随流检测技术：**可以实现随流逐包检测，精准检测每条业务的时延、丢包、抖动等性能信息，通过 Telemetry 秒级数据采样，实时呈现真实业务流的性能。

可编程服务是对底层所有能力的有机结合，基于“IPv6+”技术体系构建算力网络“四梁八柱”，使能网络可编程能力，构建云网边端一体化的可编程服务体系。通过业务模式创新，服务能力提升，安

全保障增强，推进“IPv6+”与算力网络相结合的技术演进，更好的赋能经济社会发展和数字化转型。



三、SIDaaS 可编程服务理念

算力网络可编程服务是以“SRv6/IPv6+”为基础的算网一体能力增强。基于当前网络能力与近期演进目标，中国联通提出了基于SRv6的SIDaaS算网融合解决方案，打造“一网联多云、一键网调云”能力，实现网络SID和应用SID的统一编排，灵活调度。面向对“IPv6+”算力网络可编程服务能力进一步增强的应用需求，中国联通已开展包括IPv6 HBH/DOH等一系列可编程能力的研究，探索面向服务感知网络的演进方案，打造用户服务需求感知、算力服务能力感知、算网服务一体化调度、端到端服务质量测量与保障的新型服务感知网络。

(一) SID as a Service (SIDaaS) 含义

中国联通基于网络和服务的统一编排与调度的目标，提出了SIDaaS可编程服务理念，旨在增强算力网络可编程服务能力，推动算网一体化感知、编排与调度的应用服务发展。

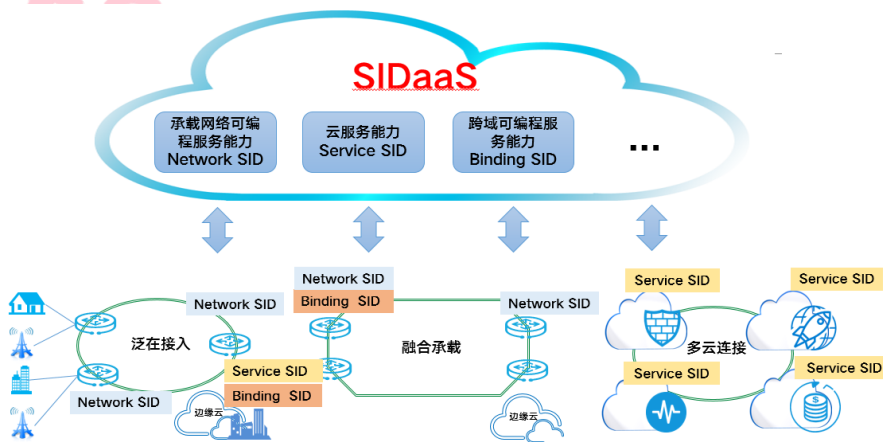


图 3-1：SIDaaS 服务理念内涵

SIDaaS 是 SID as a Service 的缩写，在 SIDaaS 中将 SRv6 SID 的内涵进行扩展，基于对外提供的服务能力及场景，当前定义了 Network SID、Service SID、Binding SID 三种 SID，通过将不同类型的 SID 进行统一编排，提供承载网络的可编程服务能力、云服务能力以及跨域可编程服务能力。构建算网一体化的编排管控体系，实现云网端一体的可编程服务能力开放，面向用户提供例如安全服务、广域加速、视频编码等端到端的、灵活高效的商业服务。

(二) Network SID as a Service

Network SID 指目前 SRv6 承载网络中的 Segment ID，是 SID (Segment Identifier) 原始的定义。通过多个 Network SID 的灵活组合形成 SRH (Segment Routing Header)，实现承载网络转发路径可编程服务开放。

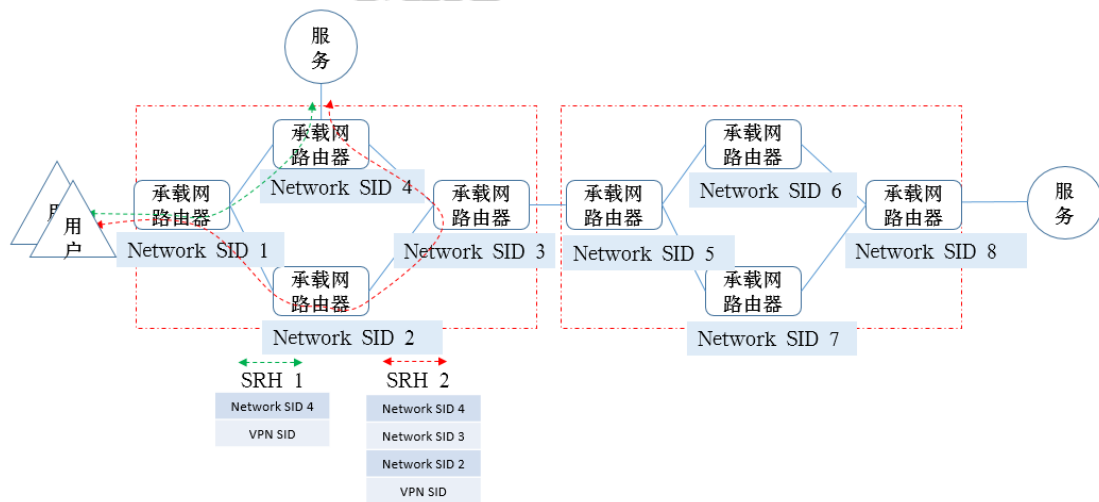


图 3-2: Network SID 实现可编程服务示意图

Network SID 在 Native IPv6 的基础上，融合了 SR 的网络编程

能力，既保证了网络任意可达，又可以实现任意路径编程以满足业务的 SLA 要求，例如最短时延、最大带宽、必选路径等不同目标。随着 SRv6 的部署推进，基于 Network SID 的转发路径可编程能力提供差异化的业务服务已被广泛应用。

(三) Service SID as a Service

Service SID 指在云侧的服务 SID，包括 APP 服务实例标识、算力服务标识等。Service SID 采用 IPv6 地址形式，通过 IPv6 语义扩展对服务位置、服务能力等进行描述，通过集中式或分布式的方式，将 Service SID 与 Network SID 进行统一路由编程，实现云服务能力开放。Service SID 是 SRv6 入云的实现手段之一，是打破算网边界，实现算力资源与网络资源的统一标识、统一寻址的有效尝试。

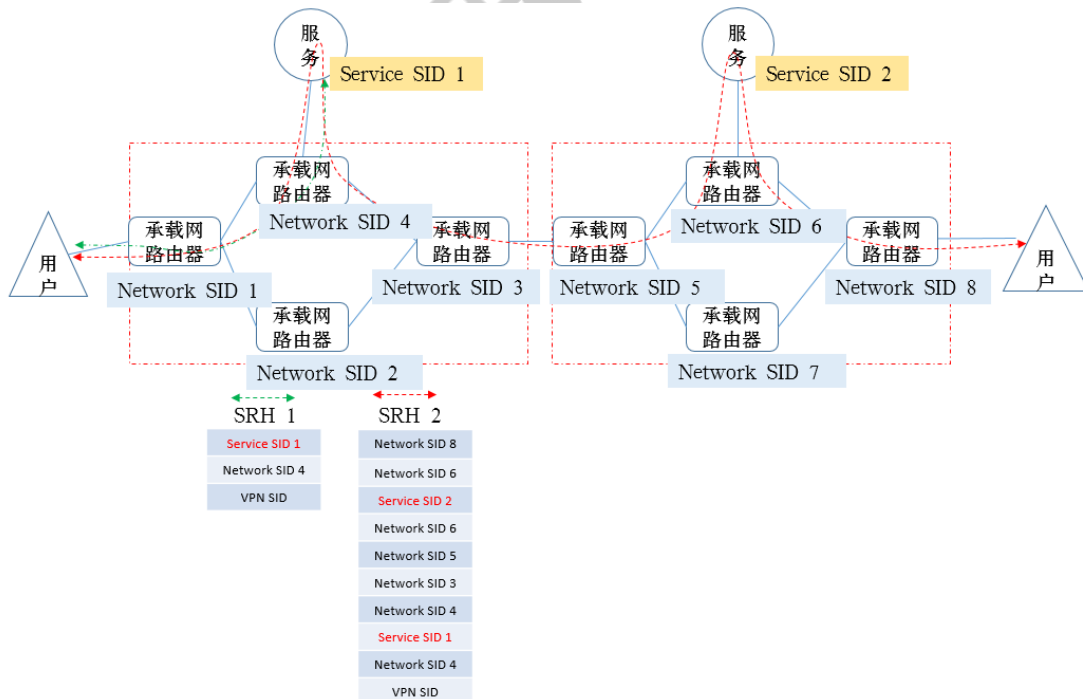


图 3-3: Service SID 实现可编程服务示意图

Service SID 的典型应用之一是云网一体的 SFC (Service Function Chain) Aware 部署, 云侧服务 (如安全服务、视频服务等) 支持 SRv6 功能, 为每个云内服务资源分配 Service SID, 然后根据分配的 Service SID 编排服务路径, 用户流量流经所需服务资源进行相应业务处理, 实现云网融合的服务编排能力。

(四) Binding SID as a Service

Binding SID (BSID) 本身是 Segment Routing 的基础指令, 一个 Binding SID 对应 SR Policy 的一条路径 (SID 列表)。在跨域、跨网络场景中, 通过 BSID 屏蔽域内/网络内的 SID 路径, 抽象成不同的 BSID 对外提供路径选择服务。

BSID 在网络跨域场景中的应用是作为域内不同 SLA 路径的标识向外暴露, 其他网络域无需关心本域内的具体转发路径, 只需根据 SLA 指标进行 BSID 选择和压栈, 这样可以屏蔽域内网络细节, 同时减少 SID 栈长度, 实现网络域的差异化服务能力提供。

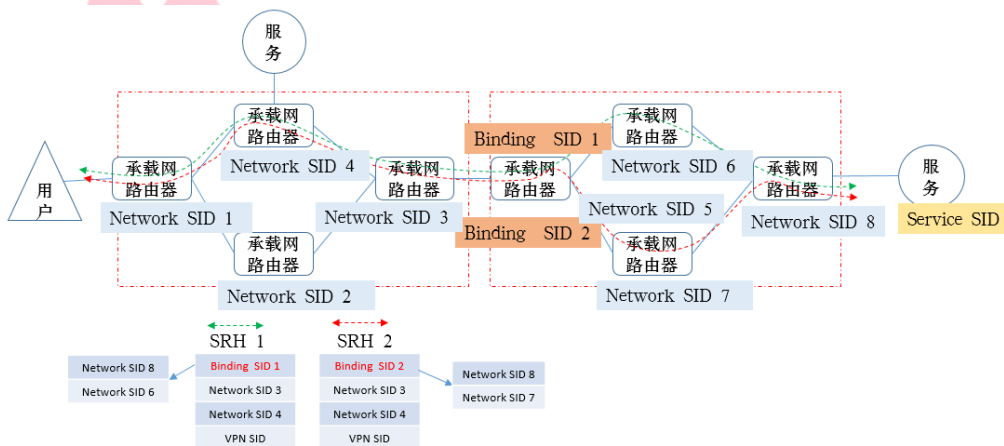


图 3-4: Binding SID 跨域实现可编程服务示意图

BSID 同样可应用于云网融合场景，如当云内提供多个服务能力时，可利用 BSID 将云内的服务能力进行组合编排，对外屏蔽云内的服务及网络细节，云外网络只需根据服务需求进行 BSID 选择和压栈，这样可以实现云服务能力的组合编排及开放。

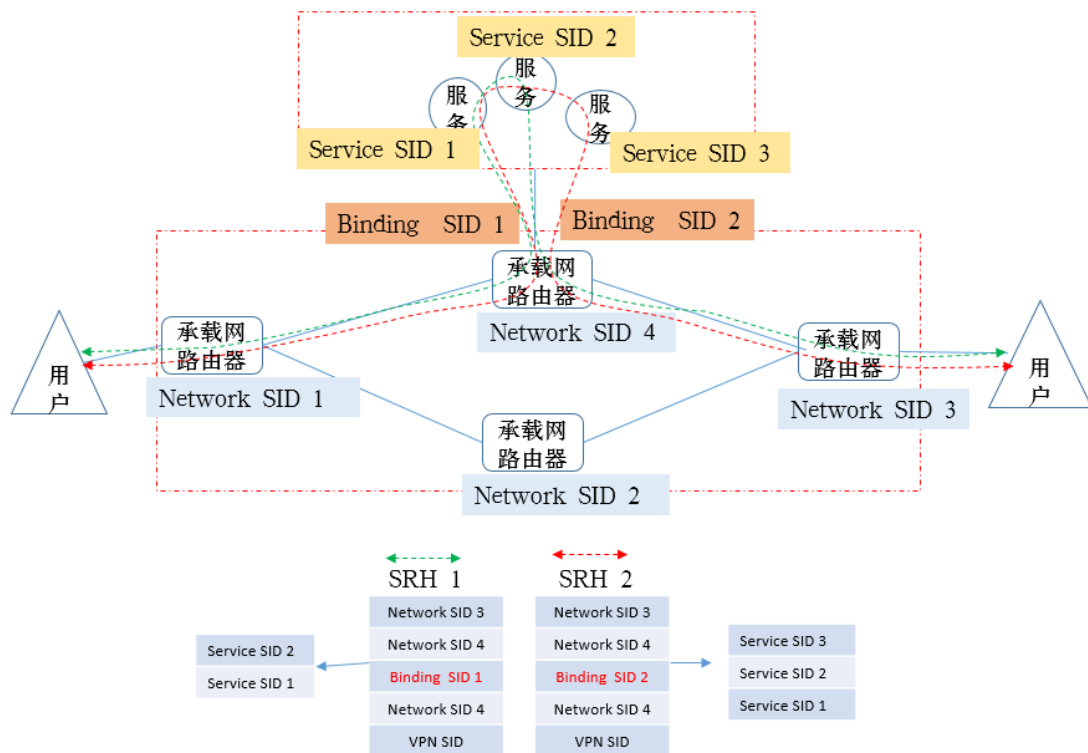


图 3-5: Binding SID 跨网络实现可编程服务示意图

综上所述，Network SID 是 SRv6 的原生网络 SID，可实现承载网络可编程能力开放，Service SID 用于标识云内服务，通过 SRv6 入云实现云网融合服务能力开放，Binding SID 将域内的 SLA 路径或多服务集合进行标识后向域外暴露，提供跨域/跨网络的可编程服务能力开放。上述三类 SID 是基于 SIDaaS 理念进行的深入挖掘和拓展，通过定义 SID 的内涵与实现方式，结合算网融合的一体化编

排，可以向用户提供端到端的灵活高效服务，具体的应用设计方法将在下文中详细描述。

SIDaaS 可编程服务理念愿景美好，但是需要应用提供方、网络提供方和资源提供方来共同实现。面向未来，需要业界共同推进和完善这一理念，拓展更多的 SID 内涵定义，挖掘更丰富的商业应用场景，促进算力网络可编程服务的持续快速发展。



中国联通研究院

四、SIDaaS 可编程服务设计方法

(一) 系统架构设计

算力网络可编程服务体系是对算力网络的进一步演进以及应用创新，利用 IPv6 和源路由编程的 SRv6 技术，实现端到端的网络编程。SIDaaS 是以 SRv6 可编程路由协议为基础，对其中的网络分段标识 (Segment ID, SID) 进行扩展应用和编程操作，以实现面向服务的可编程路由体系，算力网络可编程服务体系的分层结构、接口设计等参考算力网络总体架构，如图 4-1 所示。

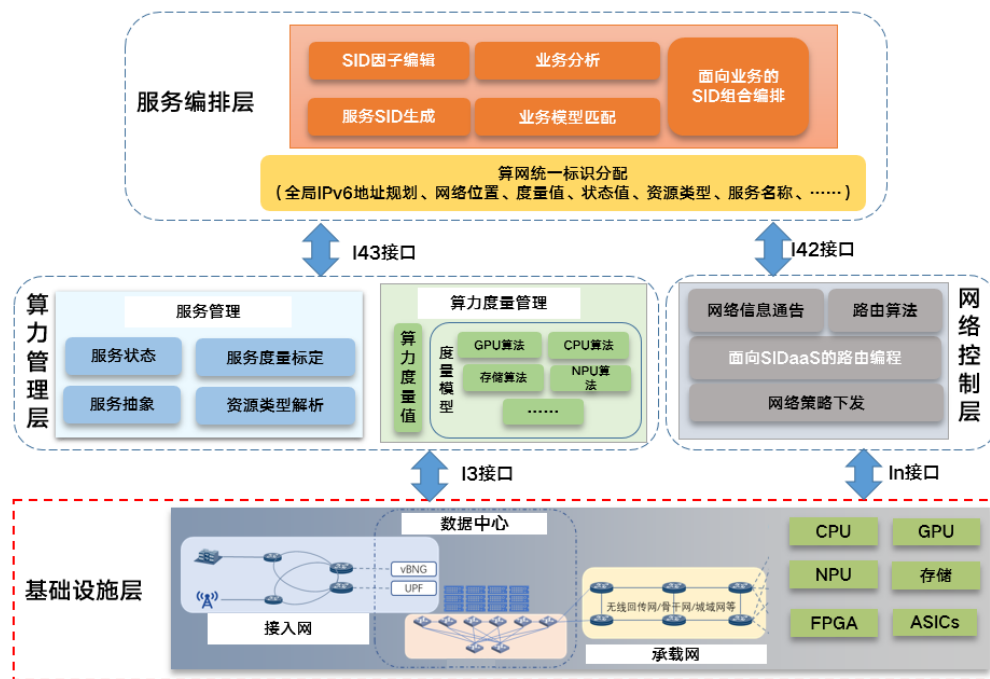


图 4-1: SIDaaS 可编程服务架构

SID 是可编程服务体系中的核心组成部分，在传统 SRv6 网络编程中，SID 标识了一个网络地址，可以建立网络节点之间的报文路由顺序，而随着算力网络的发展，这里拓展定义了如 3.1 章节中的三类

SID (Service SID, Network SID, Binding SID), 通过对三类 SID 的联合编程来满足业务请求的路由编程目的, 节点通过解析 SID 来确定如何帮助用户到达此服务。Network SID 用以唯一标识基础设施层中网络设备的位置等信息, Service SID 基于算力服务的网络位置、服务类型、服务状态等属性唯一标识一个体系内的服务, Binding SID 用于跨域或跨网络场景中唯一标识不同的 SLA 路径或服务集合。

Network SID 和 Binding SID 参照 SRv6 原生基础指令的定义, Service SID 在本设计方法中为一个可编辑的标识因子组合体, 标识因子是指服务的每一个属性被系统独立映射为一个标记, 此标记可以自由组合, 最终由各个标识因子组合成为服务标识。在 SRv6 Segment ID 扩展位加入服务标识信息, 最终成为一个 Service SID 被加入到网络中, 并使之在算力寻址、路由计算、节点转发过程中, 可被网络解析和识别。网络控制面将一组面向业务的多个 SID 集合 (包含 Network SID、Binding SID 和 Service SID) 进行面向服务的路由编程, 最终实现端到端业务的提供。

在现网部署中, 算力管理平台或云管平台一般位于算力管理层, 用于完成算力的服务化抽象和算力的度量标定; 由服务编排层的编排器等组件完成服务 SID 因子标识与服务 SID 创建功能, 并且能够选定某一业务所需全部服务的 SID 集合发送至网络控制层的网络控制器, 由网络控制器将各类 SID 进行路由编程, 下发到基础设施层的网络设备中执行转发操作。

(二) 核心功能概述

算力网络可编程服务体系的核心功能涉及算力管理层、服务编排层、网络控制层等，主要功能如下：

1. 算力管理层：通过 I3 接口连接基础设施层，实现 SID 因子采集功能，包含服务管理和算力度量管理两方面的能力：

(1) 算力度量模块实现对多样化算力建立度量模型，并且能够对某服务使用的算力进行标准度量值的计算；

(2) 服务管理通过算力服务感知完成对算力信息的采集，实现算力的服务化抽象以及命名，同时分析服务使用的算力资源类型和资源用量，通过算力度量模块标定出标准量化值，并且对服务的状态进行描述；最终将服务命名、度量值、服务状态、资源类型等信息作为 SID 因子保存并传递到其他模块。

2. 服务编排层：通过 I42 和 I43 接口接受某服务的 SID 因子，实现算网统一标识功能和 SID 因子编辑功能，以及实现面向业务的 SID 组合功能。

(1) SID 因子标识是指通过算网统一标识分配能力，为某服务的 SID 因子赋予算力网络可编程体系的统一标识，该标识为体系内的全网唯一标识，遵循同一标识标准，在此标准下，统一标识应符合 IPv6 报文头扩展位的编码规则，做到网络可解析。

(2) SID 因子编辑功能指接收到某服务的 SID 因子统一标识, 将这些标识按一定规则分别添加到 SID 的不同扩展位中, 生产服务 SID, 作为该服务的唯一标识。

(3) 面向业务的 SID 组合功能是基于业务解析实现对组成业务所有服务的全局编排, 并生成所涉及服务的 SID 组合。

3. 网络控制层: 根据 SID 组中的网络节点、链路的相关权重信息进行路由计算。网络控制层综合网络信息和 SID 组合, 通过某种路由算法进行路径计算, 在 SRv6 的头节点通过 Segment List 的方式生成网络路径, 在所有网络节点上生成路由表项, 从而指导业务报文进行转发。

基于上述核心功能, 首先在算力管理层和网络控制层向服务编排层输出算力的度量值、状态值、资源类型、服务命名、网络位置等 SID 因子。当一个业务请求进入到服务编排层后, 通过对业务的分析, 得到服务所需的编排模型, 通过模型可选定此业务匹配的具体服务, 并且从 SID 编辑模块获取所需服务的 SID, 组成一组面向该业务的 SID 集合。服务编排层将这一 SID 集合通过 I42 接口告知网络控制层, 网络控制层完成 SIDaaS 服务路由编程, 并将路由信息下发至基础设施层中的被控设备。基础设施层获得路径信息, 将用户请求报文按编程路径转发, 形成端到端的服务提供。需要注意的是, 当前算力云池内一般不支持 SRv6 协议, 所以, 对应用的 SRv6 协议解析在应用层边

界网关代理实现，边界网关基于 Service SID 进行云池内的服务寻址，实现端到端的可编程服务能力。

(三) 服务实现机制

基于可编程服务体系架构，中国联通提出了集中式和混合式两种可编程服务实现机制。这两种不同的实现机制主要是从编排管控层和基础设施层的角色分工来区分的，两种方式遵循可编程服务体系的一致目的，即以更加灵活、弹性、可靠的能力为用户提供端到端的最终商业服务。

1、集中式可编程服务

在集中式可编程服务的实现方式中，通过上层统一的服务编排层、算力管理层和网络控制层来进行算力度量、服务 SID 标识与分配和用户业务路径的决策等，网元设备根据上层的决策执行相关指令。各层的具体功能如下：

(1) 算力管理层进行 SID 因子采集，基于一定的度量算法模型进行算力度量；

(2) 服务编排层的 SID 因子标识功能基于度量值、状态值、资源类型、服务名称等因子进行算网统一 SID 标识分配，SID 编辑功能实现 Service SID 的生成与组合；

(3) 网络控制层基于网络拓扑等网络信息进行路径计算，实现面向服务的路由编程；

(4) 基础设施层的网络路由设备根据上层决策的路径进行流量转发。

具体的服务流程如图 4-2 所示。其中分为两个部分：

(1) Service SID 的注册和编辑流程：上层统一的服务编排层为服务资源编辑生成 Service SID。

(2) 服务编排及流量转发流程：上层统一的编排和网络控制层生成由 Network SID、Service SID 和 Binding SID 组成的路径序列组，网络节点及服务资源按该序列组进行流量转发，其中域间节点按 Binding SID 指令进行路径更新。

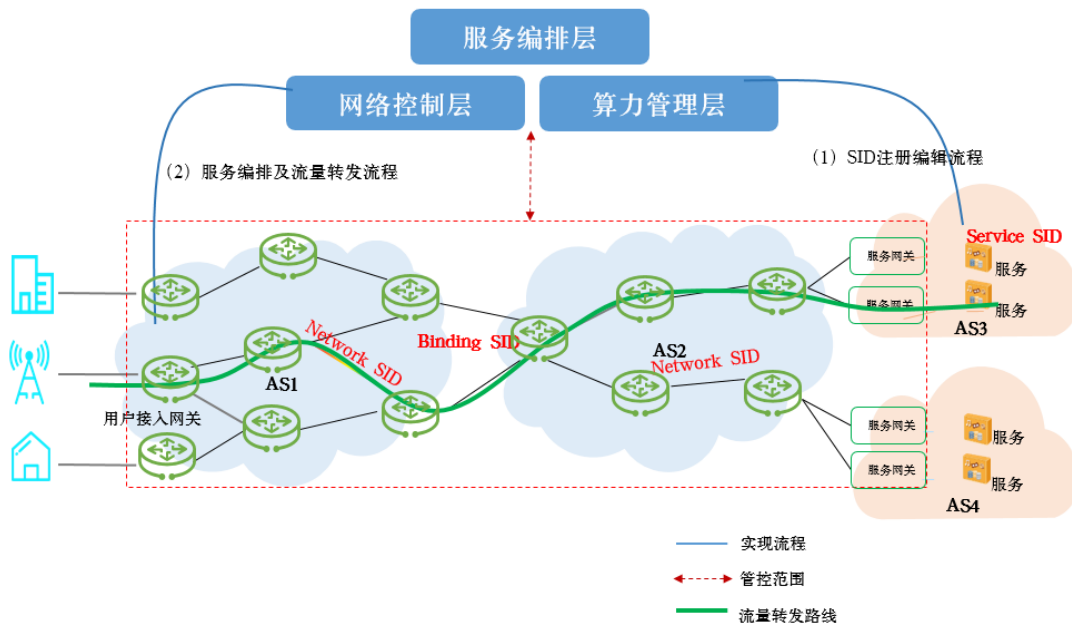


图 4-2：集中式可编程服务实现示意图

2、混合式可编程服务

集中式可编程服务机制优势在于全局统一的管控编排和减少网络设备的资源消耗，随着网络设备功能和性能的不断演进，上层系统

实现的算力度量、服务 SID 标识和路径决策等能力同样可在底层网络设备进行分布式部署，因此需要将集中式和分布式进行有机结合，提出了混合式的实现机制，实际应用中，可结合网络规模、区域划分、业务形态等实际需求，分区分域进行可编程服务能力部署。

混合式可编程服务机制中上层编排管控层对于网络和算力资源的管控范围不再是集中式中的全域所有节点，混合式中上层系统只负责部分节点，再结合网络设备的分布式能力实现端到端的可编程服务编排调度。

混合式可编程服务中，上层编排管控层负责全局的算力度量及服务 SID 标识规划和感知，其算力路由的覆盖范围包含云网关键节点，上层系统完成关键节点组成的路径决策。基础设施层的某些网络设备，比如区域边界节点或云池服务网关节点，基于其设备自身的分布式可编程能力实现域内的服务 SID 标识，以及域内路径的动态计算等，这里的设备分布式可编程能力包括但不限于 SID 因子采集、SID 标识、SID 分配生成及路径编程能力等。上层网络控制层基于网络拓扑等网络信息进行关键路径计算，网络中的路由设备根据上层系统决策的路径进行流量转发，在关键节点基于本节点的可编程能力进行自主选路或服务寻址。

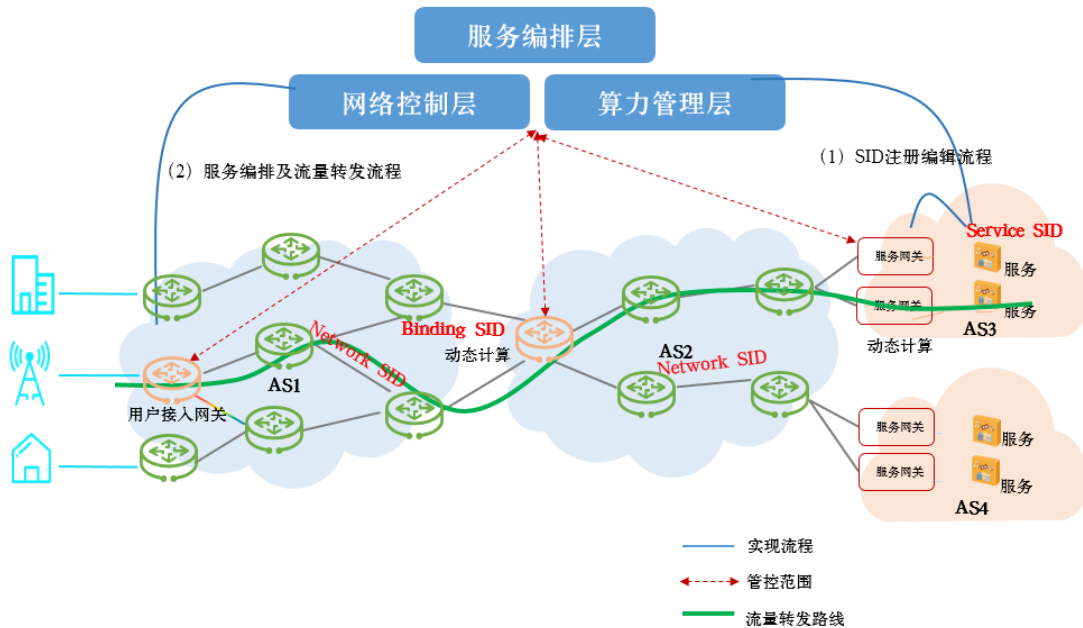


图 4-3: 混合式可编程服务实现示意图

具体的服务流程如图 4-3 所示。其中分为两个部分：

(1) Service SID 的采集、标识和生成流程：由上层的服务编排层和服务网关节点协同为服务资源编辑生成 Service SID。

(2) 服务编排及业务流量转发流程：由上层服务编排层和网络控制层生成由 Network SID、Service SID 和 Binding SID 组成的关键路径序列组，关键节点基于收集到的域内网络或服务信息进行动态计算，完成域内的自主选路或服务寻址，域内节点基于该动态计算后的路径进行流量转发。

本章阐述了 SIDaaS 可编程服务的整体架构、核心功能、实现机制等方面的内容，SIDaaS 是中国联通算力网络发展的核心关键技术之一，为算力网络提供了算力服务和网络服务走向融合的重要实现方

法，未来，中国联通将推动面向 SIDaaS 的可编程服务的实践落地，使之成为中国联通网络创新发展的有力支撑。



五、SIDaaS 可编程服务应用场景

随着 5G 和云业务的发展，业务应用日益丰富，新业务对网络服务的部署和应用提出了很多新的需求，也催生出一系列全新的应用场景。基于 SRv6 的 SIDaaS 体系，具备丰富的网络和服务编程能力，能够将用户业务意图翻译成转发指令发给沿途的网络设备，以很好的满足新业务的定制化需求。

（一）业务定向加速服务

目前面向个人用户的互联网移动端创新应用，如超高清视频、在线教育、在线游戏、多方会议、视频直播等，普遍存在时延敏感、带宽需求较高等挑战，在普通网络环境中，经常会出现卡顿、访问和下载数据缓慢等现象，影响用户的体验。不同用户对服务质量的要求有所不同，使得同类业务的差异化质量保障需求越来越多，如视频、游戏、会议等对时延和带宽要求高的业务需要进行定向加速，这就要求运营商网络具备更强大的网络编程能力。基于 SIDaaS 体系的 Network SID 可实现对网络路由节点的编程，对特定用户流量基于不同的 SLA（网络时延、带宽等）要求进行精细化承载，提供更加优质的服务体验。

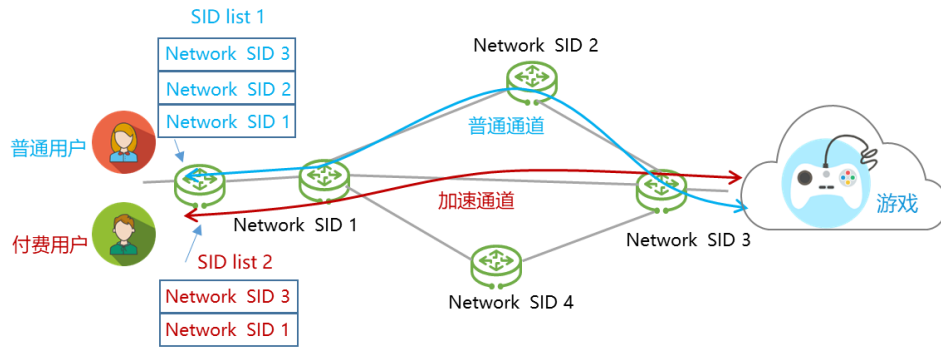


图 5-1：网络编程实现业务定向加速

Network SID 的典型应用场景之一即为业务定向加速，如图 5-1 所示，编排层通过网络编程为普通业务和加速业务定制不同的端到端路径，额外付费用户的业务流量进入到加速通道，未订购加速服务的用户流量进入到普通通道，以此实现面向重点客户、重点业务的差异化服务承载。

（二）云网安一体服务

随着网络和业务的发展，越来越多的增值业务需要按需部署和动态调整，典型的如网络安全服务，包括 FW、WAF、DPI 等。最初各种服务可以部署在中心云资源池或用户网络，随着用户对网络质量、请求时延等网络性能要求不断提升，对业务功能灵活增减的需求日益增加，以及边缘计算技术的发展，运营商已逐步在若干边缘节点上按需部署安全服务功能。边缘节点通过网络实现协作，采用 SFC 技术将业务功能串联起来，满足用户对业务功能灵活调度的需求，进一步缩短响应时间、优化资源布局、提升网络效率。

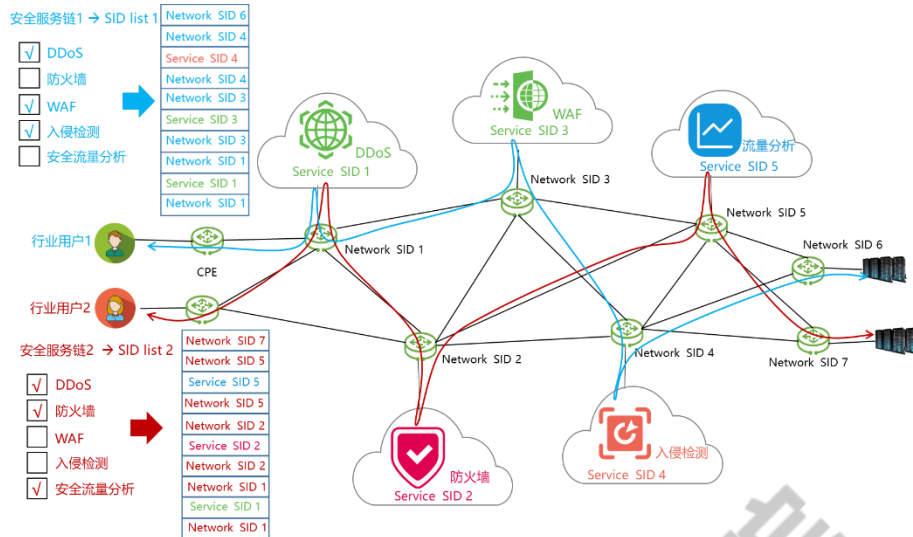


图 5-2：安全服务场景下面向服务的路由编程

SIDaaS 中 Service SID 的典型场景之一即如图 5-2 所示的云网安一体化应用。其中服务编排层基于云侧安全 VAS 对于 SRv6 功能的支持，为其分配全网唯一的 Service SID，然后服务编排层根据用户的安全服务需求对 Network SID 和 Service SID 进行组合编排，统一规划服务路径，实现云网融合的服务路径灵活编排与调度。例如用户 1 所需的安全服务为 DDoS-WAF-入侵检测，据此组合编排出 SID list 转发路径，并以 SRv6 协议的格式进行封装压栈下发至用户接入网关 CPE 设备。用户 2 的服务编排方式类似，这样用户 1 和用户 2 即可基于各自的 SID 路由表实现按需灵活的安全服务业务。

(三) 跨域专线服务

随着行业信息化和数字化转型的深入发展，各行业用户在带宽随需调整、业务智能发放、用户自助服务等场景需求上，对于运营商的网络能力提出了更高的要求。基于 SRv6 可编程技术的智能路由策略，

有效的解决了跨域专线业务开通周期长、配置复杂度高的问题，提供跨域政企专线一键式开通、带宽一键式调整的能力，满足行业客户的多样化需求。

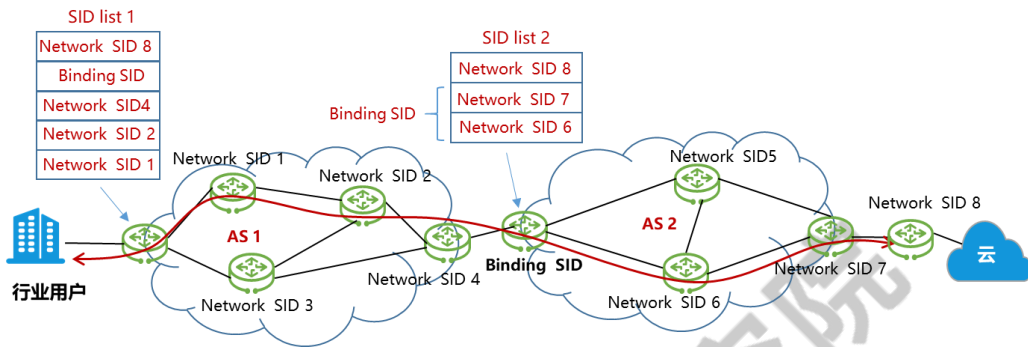


图 5-3: 跨域专线场景下的路由编程

在跨域专线应用场景中，如图 5-3 所示，将 AS2 域内的一条网络路径（对应一段 SID 列表）抽象为一个 BSID（Binding SID），不同的 BSID 对应不同 SLA 指标的路径。这样不仅对 AS1 屏蔽了 AS2 域内的具体某条路径，而且显著压缩了用户侧网络节点需要压栈的 SID 列表长度。当流量到达 AS2 时由 ASBR 根据 BSID 进行域内的自主选路，并将流量引导至域内对应的某条网络路径中。类似的，BSID 还可应用于云网融合场景，可将云内的多个服务组合后形成 BSID 对承载网络开放，实现云网融合的一体化服务编排与调度。

（四）智慧安防服务

在推进新一代数字基础设施发展方面，智慧安防是 AI 应用落地最早的场景之一。智慧安防是在端侧嵌入 AI 芯片，完成人脸识别、视频结构化、图谱分析等预处理，然后通过算力网络将业务数据传送

到边缘算力节点中进一步处理。智慧安防业务对网络实时性和确定性要求高,需要更多的 ICT 能力,但由于边缘节点的算力资源分配差异、算力负载不均等因素,本地边缘节点算力资源无法完全满足智慧安防业务的需求,因此对算力网络提出了边-边协同的需求,即对边缘算力节点的资源状态实时感知,以及多边缘算力节点之间的协同调度。

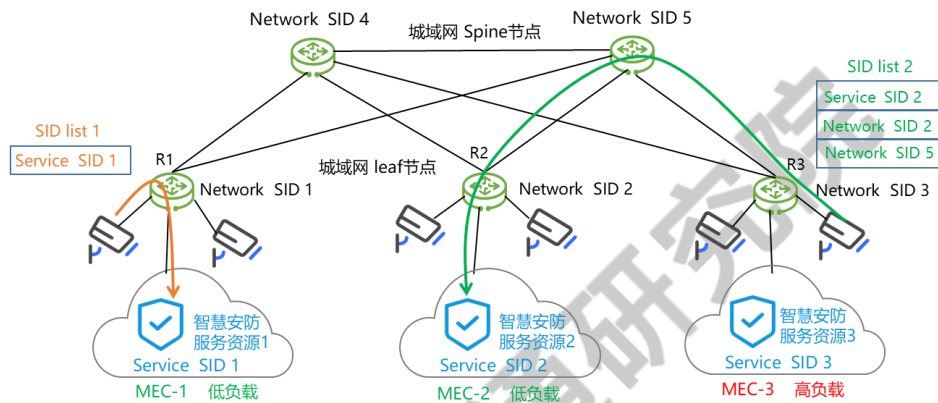


图 5-4: 基于边-边协同方式的智慧安防服务

如图 5-4 所示,智慧安防服务分别部署在边缘算力节点 MEC-1、MEC-2 和 MEC-3 上,通过服务网关与承载网络连接。服务网关支持对于算力资源信息及状态的采集和发布,为其分配 Service SID。承载网入口节点 (R1、R2、R3) 将接收到的终端业务请求映射为资源需求,根据网络资源和算力资源信息将计算任务调度到满足业务需求的 MEC 节点。如图,在网络无边-边协同能力时,视频业务流接入到最近的 MEC 节点,当 MEC 资源利用率处于高负载状态,视频会出现卡顿;在边-边协同方式下,如 MEC-3 资源利用率处于高负载状态,则通过算力网络按需调度能力,自动将视频业务引流至最优计算节点 MEC-2 处理,保障视频业务流畅不中断,提升用户体验。算

力网络通过边-边协同方式能充分利用边缘算力节点的计算资源，实现海量监控视频接入场景下图像识别处理业务的算力负载均衡。

本章提到的业务定向加速、云网安一体服务、跨域专线增值业务及智慧安防服务等，只是算力网络面向 SIDaaS 可编程服务的典型场景中的一部分，事实上，SIDaaS 可编程服务几乎可以涵盖所有云网协同编排的需求场景，同时，算力网络可编程服务有望在未来各种集中式算力与分布式算力结合的场景下发挥更大的作用。



中国联通研究院

六、展望与倡议

为贯彻党中央关于加快建设高速泛在、云网融合、智能敏捷、绿色低碳、安全可控的智能化综合性数字信息基础设施决策部署，中国联通锚定数字经济主航道，秉持“强基固本，守正创新，融合开放”的理念，将“大联接、大计算、大数据、大应用、大安全”作为主责主业，重新定义数字时代运营商“运营”内涵。

算力正在成为数字经济发展的新引擎、国家硬实力的新体现、全球战略竞争的新焦点。2021年，中国联通发布 CUBE-Net 3.0 网络创新体系，提出以打造算网一体为重要目标，整合网络与算力资源，推进架构先进、安全可靠、服务卓越的算力网络新布局，构建以算力为核心的算网融合新生态，提供“联接+感知+计算+智能”的算网一体化服务，为数字经济打造“第一算力引擎”。2022年，中国联通算力网络在实现云-边-端算力高效协同基础上，进一步构建了服务标识模型，提出通过 SIDaaS 实现服务和网络的统一编排与可编程调度。未来，中国联通基于可编程服务思想，将对基于“SRv6/IPv6+”的网络编程能力进行进一步扩展和能力增强，建设用户需求精准感知、算网服务能力灵活调度、端到端差异化服务能力按需保障的可编程服务感知网络。

算力网络可编程前景广阔，实现算力网络可编程服务体系构筑的目标涉及电信运营商，云服务提供商，应用提供商等多方运营主体。中国联通坚持“开门搞创新，共创为共赢”，愿与各方携手开展可编

程技术研究，完善可编程服务定义，优化服务注册流程，创新服务运营模式，共推产业健康稳定发展。中国联通将在算力网络产业技术联盟的框架下，打造产学研用创新联合体，加强技术交流与合作，推动场景化的服务创新，共建算力网络生态，用数字技术为客户创造价值，向着建设网络强国、数字中国、智慧社会的历史目标奋勇前进！



中国联通研究院

七、参考文献

- 1、中华人民共和国数据安全法[Z].2021.
- 2、关于印发“十四五”国家知识产权保护和运用规划的通知[Z].2021.
- 3、国家标准化发展纲要[Z].2021.
- 4、全国一体化政务服务平台移动端建设指南[Z].2021.
- 5、赋能数字经济 拥抱算力时代[R].瞭望智库.2021.
- 6、中国联通算力网络白皮书[R].中国联通研究.2019.
- 7、算力网络架构与技术体系白皮书[R].中国联通研究院.2020.
- 8、中国联通 CUBE-Net 3.0 网络创新体系白皮书[R].中国联通研究院.2021.
- 9、云网融合向算网一体技术演进白皮书[R].中国联通研究院.2021.
- 10、异构算力统一标识与服务白皮书[R].中国联通研究院.2021.
- 11、中国联通算力网络实践案例（2021 年版）[R].中国联通.2021.
- 12、算力网络白皮书[R].中国移动.2021.
- 13、云网融合 2030 技术白皮书[R].中国电信.2020.
- 14、RFC 8986, Segment Routing over IPv6 (SRv6) Network Programming[S].IETF.
- 15、RFC 8754, IPv6 segment routing header (SRH) [S].IETF.
- 16、算力网络前沿报告[R].中国通信学会.2020.
- 17、Xiongyan Tang, Chang Cao, Youxiang Wang, Shuai Zhang and etc. Computing Power Network: The Architecture of

Convergence of Computing and Networking towards 6G Requirement[J].中国通信,2021,18(02):175-185.

18、蒋林涛. 从云网融合到 ICT 基础设施[J]. 信息通信技术, 2019, 13(2): 4-6.

19、曹畅, 唐雄燕.算力网络关键技术及发展挑战分析[J].信息通信技术与政策, 2021, 47(3): 6-11.

20、曹畅, 张帅, 刘莹, 唐雄燕. 云网向算网演进中的若干关键技术问题[J]. 电信科学, 2021, 37(10): 93-101.



中国联通研究院

八、缩略语

缩略语	英文全称	中文释义
AI	Artificial Intelligence	人工智能
APP	Application	应用程序
ASBR	Autonomous System Boundary Router	自治系统边界路由器
AWS	Amazon Web Services	亚马逊云服务
BIER	Bit Index Explicit Replication	比特位索引显式复制
BSID	Binding Segment Identifier	绑定段标识
CFN	Compute First Network	计算优先网络
CUBE- Net	Cloud-oriented Ubiquitous- Broadband Elastic Network	面向云服务的泛在宽带 弹性网络
CUII	China Unicom Industrial Internet	中国联通产业互联网
DDoS	Distributed Denial of Service	分布式拒绝服务
DetNet	Deterministic Networking	确定性网络
DIP	Deterministic Internet Protocol	确定性 IP 网络技术
DOH	Destination Options Header	目的选项扩展报文头
DPI	Deep Packet Inspection	基于数据包的深度检测 技术
DSCP	Differentiated Services Code	差分服务代码点

	Point	
FlexE	Flex Ethernet	灵活以太网
FW	Firewall	防火墙
HBH	Hop-by-Hop Options Header	逐跳选项扩展报文头
ICN	Information Centric Network	内容中心网络
ICT	Information and Communication Technology	信息和通信技术
IP	Internet Protocol	互联网协议
IRTF	Internet Research Task Force	互联网研究专门工作组
MEC	Multi-access Edge Computing	多接入边缘计算
NFV	Network Function Virtualization	网络功能虚拟化
ODN	On-Demand Next-hop	按需下一跳
RFC	Request For Comments	请求评论文档
RH	Routing Header	路由扩展报文头
SDN	Software Defined Network	软件定义网络
SFC	Service Function Chain	服务功能链
SID	Segment Identifier	段标识
SLA	Service Level Agreement	服务级别协议
SRv6	Segment Routing IPv6	IPv6 分段路由

VAS	Value-Added Service	增值服务
VPN	Virtual Private Network	虚拟专用网络
WAF	Web Application Firewall	网站应用级入侵防御系统



中国联通研究院是根植于联通集团（中国联通直属二级机构），服务于国家战略、行业发展、企业生产的战略决策参谋者、技术发展引领者、产业发展助推者，是原创技术策源地主力军和数字技术融合创新排头兵。联通研究院以做深大联接、做强大计算、做活大数据、做优大应用、做精大安全为己任，按照 4+1+X 研发布局，开展面向 CUBE-Net 3.0 新一代网络、大数据赋能运营、端网边业协同创新、网络与信息安全等方向的前沿技术研发，承担高质量决策报告研究和专精特新核心技术攻关，致力于成为服务国家发展的高端智库、代表行业产业的发言人、助推数字化转型的参谋部，多方位参与网络强国、数字中国、智慧社会建设。联通研究院现有员工近 700 人，平均年龄 36 岁，85% 以上为硕士、博士研究生，以“三度三有”企业文化为根基，发展成为一支高素质、高活力、专业化、具有行业影响力的人才队伍。

战略决策的参谋者 技术发展的引领者 产业发展的助推者

态度、速度、气度

有情怀、有格局、有担当

中国联合网络通信有限公司研究院

地址：北京市亦庄经济技术开发区北环东路 1 号

电话：010-87926100

邮编：100176



中国联通研究院



中国联通泛终端技术