



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

云网融合向算网一体技术演进 白皮书

中国联合网络通信有限公司研究院

中国联合网络通信有限公司广东省分公司

华为技术有限公司

2021 年 3 月

中國書院

版权声明

本白皮书版权由中国联合网络通信有限公司和华为技术有限公司共同拥有，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明来源。

指导单位：中国联通集团网络部

编写单位：中国联通集团研究院，中国联通广东省分公司，华为技术有限公司

编写组成员：唐雄燕，屠礼彪，曹畅，庞冉，张帅，何涛，张学茹，李建飞，薛强，方道铿、曾楚轩、朱友芬，郝建武，鲍磊，莫华国

前言

2021年3月，中国联通发布了《中国联通 CUBE-Net 3.0 网络创新体系白皮书》。CUBE-Net 3.0 是以打造算网一体为重要目标，融合云原生、边缘计算、人工智能、内生安全等新的技术元素，强化要素深度融合，构建支撑经济社会数字化转型的新一代数字基础设施。

本白皮书在 CUBE-Net 3.0 架构的指引下，结合云网融合发展趋势，介绍了中国联通云网融合向算网一体演进的网络架构、技术路线、关键能力与应用实践。从2015年开始，中国联通先后结合 SDN、SR 等技术，构建起包含广域 IP 网与智能城域网的新一代承载网基础设施，实现用户便捷入云，云间互联及弹性连接服务。2019年11月，中国联通发布了业界首部《算力网络白皮书》，阐述了未来算力业务形态、平台经营方式、网络使能技术等方面的观点，对算力网络的技术研究和产业推动产生了重要影响。2020年10月，中国联通发布《算力网络架构与技术体系白皮书》，结合新基建等最新政策导向与 IPv6+时代可能的商业模式创新，阐述了中国联通算力网络架构设计、功能模型、层间接口与各功能层的关键技术，并结合若干场景对算力网络的应用和部署方式进行了展望。从云网融合到算网一体，网络的角色和价值都进入新的阶段。网络基础设施和算力基础设施，构成数字经济的基石，网络需要为云、边、端算力高效协同，提供更智能的服务。

希望本白皮书在云网融合向算网一体演进的技术路线，关键能力等方面为行业发展起到抛砖引玉的作用，旨在推动网络与计算深度融合，构建面向未来的算网一体化服务新格局。

目 录

1	中国联通云网融合发展历程回顾	1
2	云网融合发展新趋势与新挑战	2
2.1	云网融合发展趋势	2
2.1.1	产业趋势	2
2.1.2	服务趋势	4
2.1.3	技术趋势	5
2.2	云网融合面临的挑战	6
2.2.1	连接挑战：多云接入，连接随动	6
2.2.2	体验挑战：确定性体验成为刚需，体验随动	7
2.2.3	运营挑战：全在线的一体化服务能力	8
2.2.4	安全挑战：一体化安全解决方案	8
3	夯实云网融合，迈向算网一体	8
3.1	规划原则	8
3.2	网络架构	9
3.3	网络技术演进	11
3.3.1	持续打造云网融合竞争优势	11
3.3.2	培育算网一体服务新增长点	15
3.4	实施计划	20
4	云网融合向算网一体演进关键能力与应用实践	20
4.1	泛在的多云接入能力	21
4.2	差异化业务提供能力	22
4.3	电商化体验能力	24
4.4	分级安全能力	25
5	算网一体未来发展展望	27
6	参考文献	28
7	缩略语	29

1 中国联通云网融合发展历程回顾

中国联通 2015 年发布新一代网络架构 CUBE-Net2.0 白皮书，提出面向云端双中心的解耦集约型网络架构，旨在基于 SDN、NFV 和云技术进行网络升级和重构，使得网络具备智能、敏捷、弹性等特征。在 CUBE-Net2.0 网络架构指引下，中国联通 2016 年开始构建基于 SDN 的中国联通产业互联网 CUII (China Unicom Industrial Internet)，采用 SDN 技术，将“IP 承载 A 网”升级为面向混合云场景（含公有云、私有云及数据中心托管）提供可自服务的快捷、弹性、随选的全网组网方案（云联网平台），解决不同地域，不同网络环境间多云互联的问题，实现异构混合云组网。截至目前，中国联通产业互联网已全面完成 SDN 化改造，自研的云联网平台已纳管联通自有 DC 140 个，覆盖 30 个省的主要 DC，并纳入阿里云、腾讯云、AWS、华为云、京东云、百度云、青云等主流云商，成为与中国联通公众互联网 China169 并列、专注于服务政企客户的高等级互联网基础设施。云联网平台通过 SDN 实现了云和网的拉通，已为多个行业的数字化转型保驾护航，客户涵盖金融、地产、交通等各行业，并在许多行业的重大变革中发挥了重要作用。2018 年，中国联通又推出云组网、云专线、云宽带、联通云盾、视频智能精品网等多个核心产品，力求通过贴近用户、跨界部署云资源的方式构建云网融合新生态。2019 年开始 5G 建设，直接采用全云化方式部署核心网，并以 MEC 边缘云为触点，发布了“5G 边缘计算十大行业产品”，联合百十余家合作伙伴在智能制造、智慧医疗、智能网联、智能安防、智慧教育、VR/AR 等行业树立了众多 MEC 边缘云示范标杆。通过在运营商网络边缘部署边缘云，提供 IT 池化资源，推进 CT 网络能力和 IT 业务能力的真正融合，实现“云、网、边、端、业”一体化服务体系。

联通各省公司也积极开展云网融合创新，提升网络能力，适配云网融合的要求。以广东联通为例，2019 年打造省内云网一体化架构，建设省内云骨干专网，接入省内的医疗、COP 等行业云和腾讯、华为等公有云，采用“统一编排器+多厂家控制器+解耦化 CPE”的设计，提供了 PON/IPRAN/OTN 等多种方式灵活入云的云专线业务，贯通 O/B/M 域，实现了云专线网络侧分钟级业务自动开通，并在此技术上开发并上线了多云管理平台。

上述实践说明，云与网融合的必然性、可行性及强大的生命力，云网融合是 ICT 的深度融合，必然催生出许多新的业务形态，为运营商在数字经济高速发展的背景下，结合网络优势提供了高速发展的机会，分享全社会的数字化转型盛宴。

至今为止，中国联通的云网融合实践以 SDN/NFV 为主要技术特征，一网聚多云，网络控制系统与云侧的管理系统互联，自动化打通，实现了云网业务的快速开通和协同服务，该阶段即云网融合 1.0 阶段。在这个阶段，中国联通抓住云网融合先发优势，初步达成了云网融合 1.0 的阶段目标。

2 云网融合发展新趋势与新挑战

2.1 云网融合发展趋势

2.1.1 产业趋势

(1) 数据成为重要生产要素，云网保障数据存储和无损传送

国家“十四五”规划高度重视数字经济的发展，把“网络强国、数字中国”作为新发展阶段的重要战略进行部署。根据中国信息通信研究院和前瞻产业研究院报告，数字经济成为我国国民经济高质量发展的新动能，数字经济增加值规模由 2005 年的 2.6 万亿元增加至 2019 年的 35.8 万亿元，到 2025 年规模将达到 60 万亿元左右。与此同时，数字经济在 GDP 中的占比逐年提升，由 2005 年的 14.2% 提升至 2019 年的 36.2%。

数字经济包括数字产业化和产业数字化两部分，数字产业化政策主要依托于新一代信息技术，在大数据、人工智能、物联网、云计算、移动互联网等方面推动应用落地，数字产业化更加强调创新应用。产业数字化是将原有产业集群实现数字化转型，使生产效率大幅提升。

数据是满足企业和个人生产生活需求核心要素，最终将会在不同的 IT 基础设施中存储，并进行流动，目前主要的 IT 基础设施均在向公有云、私有云和边缘云等迁移，云作为数据的载体，在可靠性、安全性、算力资源的弹性等方面尤显重要，网络则作为支撑数据贯通的“筋骨”和“血脉”，提供大带宽、确定性时延以及无损传输服务。

电信运营商应结合自身网络优势，积极拥抱产业，通过云网融合技术为智慧

城市、能源、公共事业、制造、供应链、AR/VR、车联网等提供无处不在的云网业务，促进数据在不同云、不同垂直行业以及个人之间流动，为数字经济发展做出贡献。

（2）算力资源向分布化发展

数字化、智能化正在加快推动计算产业的创新，催生了海量的场景和应用，促使融合计算架构出现，云-边-端结合的泛在计算模式开始兴起。未来互联网商业模式将会以算力和数据为主。算力由集中云计算走向边缘计算和泛在计算，通过云端超级计算机集群，提供给客户快速且安全的云计算服务与数据存储。云数据中心已经取代传统数据中心成为主流，根据思科云指数报告，2021 年和云数据中心相关的流量，在全球 IP 流量中的占比将高达 95%。云原生技术解决了跨云环境一致性问题，缩短应用交付周期，消除组织架构协作壁垒。但中心化的云计算无法满足部分低时延、大带宽、低传输成本的场景如智慧安防，自动驾驶等需要，因此计算从云端迁移到边缘端十分必要。

且随着 5G 的发展普及，对边缘算力的需求将大幅增长，据市场调研机构 IDC 数据预测，到 2022 年将有超过 500 亿的终端与设备联网，未来超过 50% 的数据需要在网络边缘侧进行分析、处理与存储，边缘计算市场的价值将达到 67.2 亿美元。边缘计算与云计算互相协同，共同使能行业数字化转型。云计算聚焦非实时、长周期数据的大数据分析，能够在周期性维护、业务决策支撑等领域发挥特长。边缘计算聚焦实时、短周期数据的分析，能更好地支撑本地业务的实时智能化处理与执行。据阿里云数据统计，将计算部署在边缘端后，计算、存储、网络成本可节省 30% 以上。

为满足现场级业务的计算需求，计算能力进一步下沉，出现了以移动设备和 IoT 设备为主的端侧计算。在未来计算需求持续增加的情况下，虽然“网络化”的计算有效补充了单设备无法满足的大部分算力需求后，仍然有部分计算任务受不同类型网络带宽及时延限制，因此未来形成“云、边、端”多级计算部署方案是必然趋势，即云侧负责大体量复杂的计算；边缘侧负责简单的计算和执行；终端侧负责感知交互的泛在计算模式。**由此判断，新的 ICT 格局将向着泛在联接与泛在计算紧密结合的方向演进。**

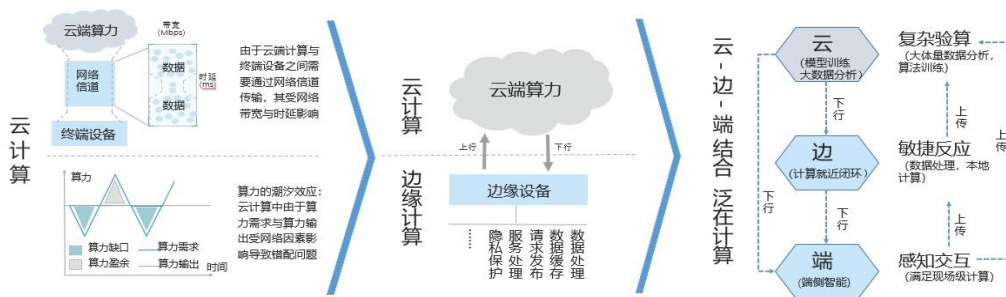


图 1：计算形态由云计算走向边缘计算和泛在计算

2020 年 4 月，国家发改委首次对新基建的具体含义进行了阐述，在信息基础设施部分，提出构建以数据中心、智能计算中心为代表的算力基础设施，提升各行业的“联接+计算”能力，引领重大科技创新、重塑产业升级模式，为社会发展注入更强动力。同年 12 月，国家发改委在《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》中提出“布局大数据中心国家枢纽节点，形成全国算力枢纽体系”的具体要求。其中特别指出，**构建一体化算力服务体系**，加快建立完善云资源接入和一体化调度机制，以云服务方式提供算力资源，降低算力使用成本和门槛。支持建设高水平云服务平台，进一步提升资源调度能力。同时，还要**优化算力资源需求结构**。以应用为导向，充分发挥云集约调度优势，引导各行业合理使用算力资源，提升基础设施利用效能。对于需后台加工存储、对网络时延要求不高的业务，支持向能源丰富、气候适宜地区的数据中心集群调度；对于面向高频次业务调用、对网络时延要求极高的业务，支持向城市级高性能、边缘数据中心调度；对于其它算力需求，支持向本区域内数据中心集群调度。综上所述，**从新基建政策的导向来看**，给予了算力提供者、网络运营者、服务提供者和服务使用者等不同角色引入多方参与的空间，同时也给以算力网络技术为基础的**转-算-存主体分离、联合服务**的新商业模式提供了宝贵的尝试空间。

2.1.2 服务趋势

(1) 企业服务云化趋势加速

根据 IDC《Future Scapes 2020》报告，到 2025 年 85%的企业新建的数字基础设施将部署在云上，当前的比例只有 20%，还有较大的增长空间。超 90%的应用程序将会云化，并且超 80%的应用将会嵌入 AI。

2020 年突发的新冠肺炎疫情致使无接触服务成为主流，并驱使企业加速数字化转型，在线教育、家庭办公、远程医疗、城市治理等将会得到长久的保留，

改变了整个社会的生活方式。企业业务从以前的线下为主，变成现在的线上线下业务深度融合；从以前动辄几个月甚至以年计的新系统、新应用上线周期到现在以周甚至以天为周期的更新迭代，业务和应用需求发生了翻天覆地的变化。在这种变化的情况下，云和网需要适应应用服务的发展，提供快速敏捷的业务服务。未来的应用不仅能够企业本地数据中心运行，而且还需要能够跨多个私有云和公有云提供应用服务，部署位置也需依据业务 SLA 诉求，靠近用户灵活部署。

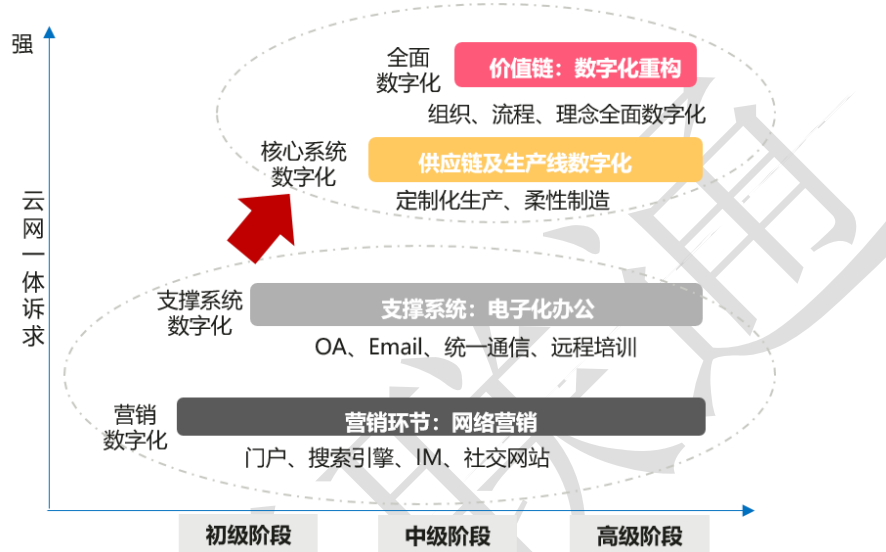


图 2：疫情对数字化转型发展的促进分析

（2）服务需求趋向于一体化解决方案，体验成为关键

根据第三方分析机构调查结果，企业对云网服务的顶层关键需求包含一站式自助订购云网组合产品、专线业务 1-2 天快速开通、云和专线资源根据业务变化灵活调整等。初期云网协同仅在商业层面实现协同，云和网是独立规划，独立建设，独立运营的产品。随着政企客户数字化转型的深入，海量应用上云后，网络需要能被云上的应用灵活调用，做到“网络即服务”。这就需要打造智能化、一体化的云网服务体系，满足客户一键式订购云网产品的需求，同时自动匹配网络资源，快速开通，业务灵活调整，面向最终的客户提供云网一体化的产品与服务。客户可以像在电商平台采购一样任意选择产品组合，从签约到履约实现在线自助，快速开通，流程可视。

2.1.3 技术趋势

运营商网络加速向云化演进，5G 核心网功能基本 100%云化，固网 CPE、BRAS、网管正逐步推进云化试点与部署，电信云中承载的业务包括 vIMS、vEPC、vMSE、vPCRF、vBRAS、vCPE、vFW 等多种网络功能。电信云业务与私有云业务不同，电

信云的 VNF 作为网络设施，对承载网络和云资源的可靠性要求更高。电信云本质上是把原来的专用设备采用“服务器+存储+数据中心网络”来实现，传统网元需要和网络其他设备建立连接关系，云化之后部署在数据中心的，其连接属性没有变化，需要数据中心网络能够与广域网络进行更加深度融合。

从云化技术看，需要引入云原生技术，实现业务逻辑和底层资源的完全解耦，极大释放业务开发者的活力。通过面向服务的容器编排调度能力，实现服务编排面向算网资源的能力开放；结合新基建背景下社会中多产权主体可提供多种异构算力的情况，实现对泛在计算能力的统一纳管。

从网络协议看，“IPv6+”网络创新体系是以 IPv6+ 技术为底座，在 IPv6 提供海量基础联接的基础上，增加了 SRv6、随流检测等创新技术来提升网络智能可编程能力，可较好地解决层出不穷的新业务带来的 IPv4 地址短缺和网络复杂度的日益增长等问题。IPv6+ 包含一系列的解决方案和能力：SRv6 作为 IPv6+ 的核心技术之一，使能网络可编程和差异化服务保障，为运营商网络提供了创新平台，满足在 5G 和云时代运营商自定义网络及业务的诉求；网络切片是在 IPv6+ 网络中提供差异化的 SLA，APN 提供网络感知应用能力，随流检测机制提供业务 SLA 可感知，故障快速定位能力。

从网络能力看，需要持续推进网络开放，探索开放操作系统在云数据中心的应用、探索基于可编程交换机架构的核心网转发面实现方式和部署场景、无损网络、RoCE 等技术在边缘数据中心的应用等，增强网络对敏捷业务提供的适配能力和承载能力。

2.2 云网融合面临的挑战

随着云网业务的快速发展和应用的不断创新，云网融合迎来了蓬勃发展时期，但还面临着连接、体验、运营、安全四个方面的挑战。

2.2.1 连接挑战：多云接入，连接随动

随时、随地、按需接入多云：疫情加速了企业上云的步伐，85% 以上的应用会承载在云中，未来企业和个人都会与多云进行连接。云应用会根据业务处理的时延、带宽及体验需求，跨公有云、私有云、边缘云等地部署，网络需要具备有广覆盖以及敏捷接入能力，随时、随地、按需将用户接入多云，满足客户按需快速获取内容的诉求。

连接随动：连接随动包含两层意思，第一层是快速开通，云网协同，云网业务同开同停；第二层是带宽随动，能够基于云的弹性，花销等因素，自动伸缩调整带宽。如：医院定时上传 PACS 的数据，运营商晚上带宽较为空闲，造价便宜，医院可以选择晚上定时上传数据。

一致体验和统一管控：云网业务的路径可能经过智能城域网、骨干网等多张网络，云网应该能够提供一致性的体验，保证端到端 SLA，同时不同的网络和云应具备统一的管理功能，提供统一的业务视图。

2.2.2 体验挑战：确定性体验成为刚需，体验随动

确定性体验成为刚需：企业数字化转型，业务上云分为互联网应用上云、信息系统上云、核心系统上云三个阶段，网络需求差异性显著。互联网应用上云追求高性价比，要求敏捷上云，快速开通；核心系统上云要求网络稳定可靠，确定性时延和高安全；信息系统上云要求大带宽和确定性时延，例如 VR 课堂要求带宽 $>50\text{Mbps}/\text{学生}$ ，时延 $<20\text{ms}$ ；核心系统上云需要低时延，例如某电网差动保护业务要求承载网确保时延 $<2\text{ms}$ 。面对不同的业务诉求，网络应能够基于业务的带宽、时延等不同的 SLA 诉求，提供多个分片并做到按需灵活调整，实现一网承载千行百业。

体验随动：体验建网是未来的发展趋势，特别在 5G 和云时代，这种需求就更加明显。体验建网首先要求云网业务应该具备有质量度量能力，云网业务可视、可测，故障定位定界能力；其次基于度量的结果，云网业务可调，可以按需流量调优到不同路径，也可以调优到不同切片，保证业务差异化承载，满足业务 SLA 诉求。

云网高性能及高可靠性：网络功能云化部署在云中，网络和云的结合更加紧密，以前运营商要求网元能达到 99.999%的可靠性，而 IT 的要求比较宽松，更加侧重于快速业务迭代。网络功能云化后，要求云网能够共同提供高可靠性，同时发生故障时能够提供毫秒级别的网络快速收敛，业务快速恢复能力。

简单易用，便于维护：未来的电信网络应简单易用，不需要复杂配置，使得非专业人士也能快速开通及维护。站在云的视角来看，期望网络是“透明”的，这样云可以更加关注于应用。云网时代网络将更加以应用为中心，采用自上而下的视角，旨在构建一个更加靠近应用需求的，意图驱动型的网络，对网络来说，

这个意图就是云的“应用”。云不用关心网络底层的细节，只关心应用的意图，即效果，一键可将意图绑定云应用，即完成云应用在网络的 SLA 连接。同时要求网络要具备可编程能力，以可编程来管理网络，以可编程来构造意图，最终的目标是让不懂网络的人也能够轻松使用网络。

2.2.3 运营挑战：全在线的一体化服务能力

云和网是企业数字化转型的基石，客户在考虑云网能力的时候，首先考虑的是一体化解决方案能力，以最小的沟通协同成本，最便捷的业务开发，最完善的维护体系形成最高效的业务产出。因此，一体化服务能力是当今企业的迫切需求，管家型的贴心服务最终会在市场竞争中胜出。其次是在线化，在线化是打通“客户最后一米”的环节，提升客户业务感知，在线申请，在线开通，在线服务，实现电商化业务流程体验。

云网融合的目的是快速建立最终客户和内容的连接，云网融合可以依据需求提供应用随动，包括提供 FW/DDOS/DPI 等防护增值业务给到最终的客户。

2.2.4 安全挑战：一体化安全解决方案

云计算正在不断改变数据被使用、存储和共享的方式，随着越来越多的数据进入云端，尤其是进入混合云的场景下，原有的安全物理边界被打破，同时在端侧，随着海量 IoT 设备接入，现在的网络不仅需要连接人，同时还要连接物，这些将导致更多的潜在威胁。从 2019 年统计数字看，全球平均每天产生的恶意邮件多达 4.65 亿件，DDoS 威胁攻击较上一年增长 64%。为应对新的安全威胁，2019 年国家发布了新的信息技术等级保护标准，重点解决云计算、物联网、移动互联网和工控领域信息系统的等级保护问题，网络安全等级保护正式进入 2.0 时代。

未来的云网融合解决方案不仅要确保云和网的自身安全，同时可以向用户提供云网场景下的安全服务，从网络到业务构筑立体化的安全保障。

3 夯实云网融合，迈向算网一体

3.1 规划原则

(1) 业务需求驱动

云网融合本质是 CT、IT、DT 产业的深度融合，而 2B 市场和产业数字化已成

为 DICT 行业的新蓝海，云网融合成为运营商面向 2B 市场的主要服务形式。云网融合发展应充分理解新的业态，新的需求，以需求驱动云网融合发展。

(2) 全局设计拉通

云网融合业务跨云和网，当前缺乏全局视角，未来云网融合应具备有端到端业务开通以及可视、可管、可控能力。纯粹站在云的角度考虑问题，或者站在网的角度考虑问题，都无法提供完整的解决方案。云网融合需要跨越组织、业务、运维、运营、应用等进行全局拉通规划。

中国联通应以建立新一代云网运营体系和推进企业数字化转型为目标，打破网络与 IT 的传统职能壁垒，突破网络分段管理模式和 IT 系统“烟囱式”架构，按照云、网、系统深度融合方式建立领先的生产运营和管理体系。

(3) 能力与技术双领先、互促进

云网融合是中国联通新一代数字基础设施的使能技术，面向未来的业务发展需求，兼顾当前业务诉求，充分论证，以能力领先、技术领先的原则进行云网融合建设。

在新型信息基础设施中，云和网是两大关键要素，两者将共生共长，互补互促。云和网发展的速度允许不一致，云与业务紧密融合，发展速度较快，网络发展相对比较稳定，但需要适配云业务发展的诉求。云业务也需要补齐电信级业务的诉求。

3.2 网络架构

根据上述发展趋势和面临的挑战，中国联通云网融合将从 1.0 阶段迈向 2.0 阶段。

云网融合 1.0 阶段主要体现为云网协同，云计算和网络服务一体化提供，网络服务于中心云，但云与网相对独立。随着 5G、MEC 和 AI 的发展，算力已经无处不在，网络需要为云、边、端算力的高效协同提供更加智能的服务，计算与网络将深度融合，迈向云网融合 2.0，即算网一体的新阶段。

算网一体是在继承云网融合 1.0 工作基础上，根据“应用部署匹配计算，网络转发感知计算，芯片能力增强计算”的要求，在云、网、芯三个层面实现 SDN 和云的深度协同，服务算力网络时代各种新业态。

中国联通 IP 云网的发展目标是算网一体，规划分为两个阶段实施，第一阶

段即在云网融合 1.0 的基础上，继续夯实云网融合，持续打造关键核心竞争力；第二阶段迈向算网一体，算力成为基础产品。两个阶段是相辅相成的，云网融合为算网一体提供必要的云网基础能力，算网一体是云网融合的升级。

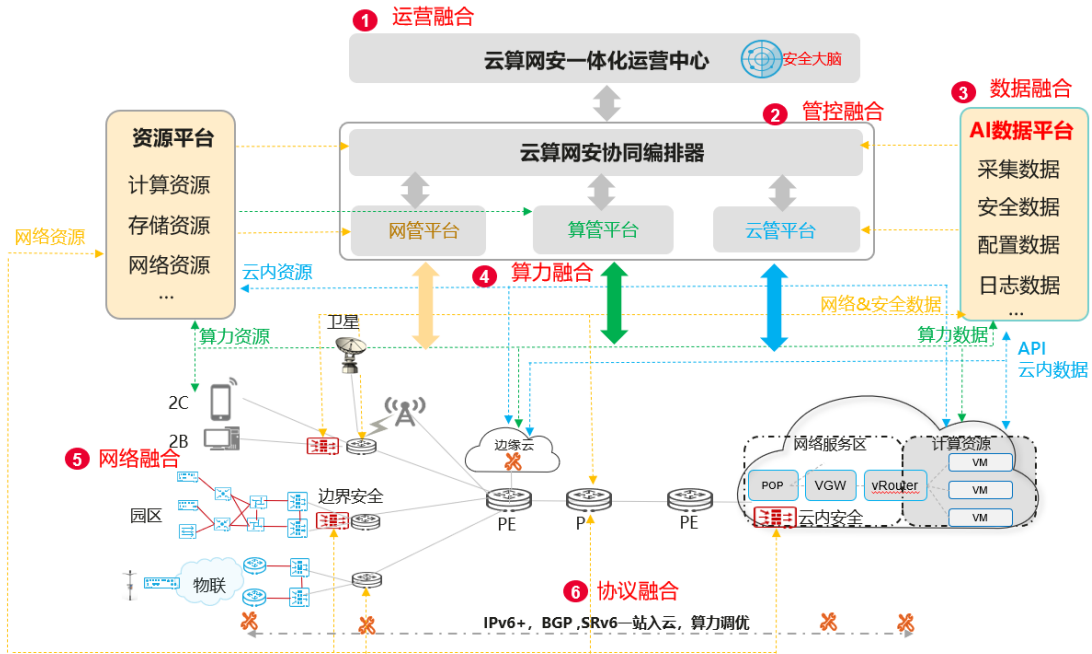


图 3：算网一体架构与组网示意

如图 3 所示，在未来算网一体架构和组网中，需要提供六大融合能力，包括运营融合，管控融合，数据融合，资源融合，网络融合，协议融合等，具体分析如下。

- **运营融合：**提供云、算、网、安一体的融合运营平台，为客户提供一键式电商化服务，客户可以订购云、算力、网络、安全等各种服务，并可以实时了解服务提供进度，服务提供质量等各项内容；
- **管控融合：**云、算、网、安协同编排，通过云、算力、网络、安全等提供服务化 API 接口，将所有服务快速集成、统一编排、统一运维，提供融合的、智能化的管控体系；
- **数据融合：**云网中各种采集数据、配置数据、安全数据、日志数据等集中在数据池中，形成数据中台，充分发挥 AI 能力，基于大数据学习和分析，提供安全、运维等多种智能服务，构建整个云网架构的智慧大脑；
- **算力融合：**提供算力管理、算力计算、算力交易以及算力可视等能力，通过算力分配算法、区块链等技术实现泛在算力的灵活应用和交易，满足未来各种业务的算力诉求，将算力相关能力组件嵌入到整体框架中；

- **网络融合**：集成云、网、边、端，形成空天地海一体化融合通信；
- **协议融合**：端到端 IPv6+协议融合，围绕 SRv6, BIER6, APN6 等 IPv6+协议，实现云、网、边、端的协议融合，同时端到端控制协议简化，转发协议简化，向以 SRv6 为代表的 IPv6+协议演进。

3.3 网络技术演进

3.3.1 持续打造云网融合竞争优势

(1) 一网联多云，打造云网生态，助力产业发展

云网融合 1.0 阶段中国联通已经初步建成良好的云网生态。中国联通将继续秉承合作开放的原则，以网络助力多云生态健康发展，与产业合作伙伴服务企业数字化转型，助力产业发展。

(2) 优化 IDC 布局，强化基础资源，支撑联通业务发展

加快深化全国数据中心布局建设。聚焦京津冀、长三角、珠三角（大湾区）、川渝陕、鲁豫五大热点区域，同步推进 31 省会城市、经济发达城市的省级数据中心及边缘数据中心建设。

全面优化配置云资源，利用中国联通集团战略级 IDC 资源及各省分 IDC 资源，打造区别于国内云商、国际云商的差异化资源，提升布局与性能方面的优势，增强网络竞争优势。

(3) 全力打造云网服务平台，形成卓越的客户体验平台

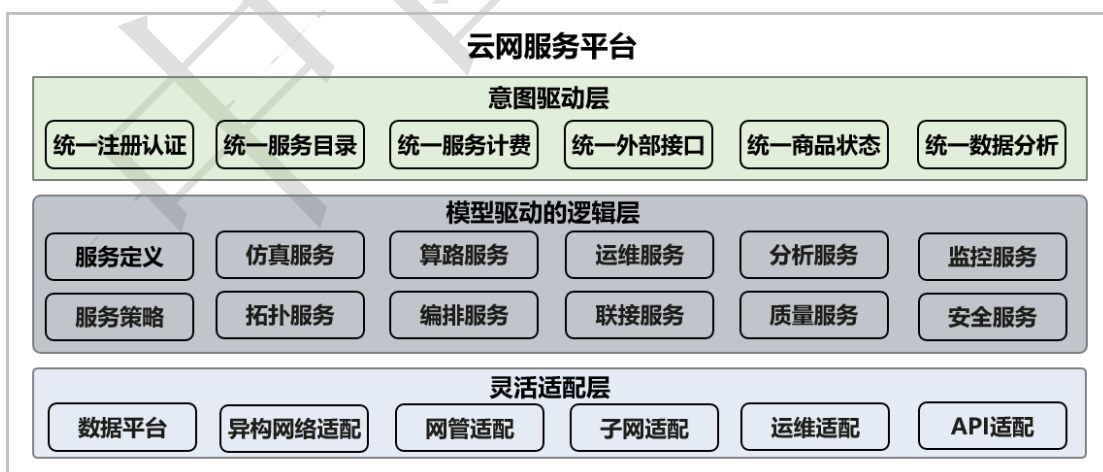


图 4：云网服务平台功能架构

打造智慧云网平台，对外统一客户入口，提供服务目录，对内实现网络的智能化，包括拓扑服务、联接服务等。整个云网服务平台包括意图驱动的业务层、

模型驱动的逻辑层、资源灵活适配层，支持云网一体化自动开通，CPE 硬装即开通，分钟级实现云网自动开通，全流程可视。利用云网一体的敏捷性、灵活性和快速响应能力不断提升和优化客户体验。

使能网络服务化能力，将网络的能力和数据进行开放，实现自动化部署和智能化运维。支撑业务系统实时、按需、动态地部署网络业务，从静态配置演进为动态开通，从单点部署演进为整体部署。提供网络服务化能力，首先需要对网络能力进行抽象，以服务的形式对外提供，可以包括网络拓扑服务、业务连接服务、切片服务、SLA 可视等多种服务类型；由于 SRv6 技术的出现，大幅简化了业务连接和业务部署的复杂程度，使得网络服务化具备了必要的条件；另外网络服务需要能够灵活定义、敏捷编程，可以根据业务场景对网络的各项原子能力进行组装，对运维活动进行灵活编排，实现流程自动化；最后网络服务能力需要自闭环，实现服务状态实时感知，出现异常时可自动分析，并自动恢复。

提高企业云服务的资源调度效率和网络部署效率，确保最佳的客户体验，云网服务平台可提供云网一体的解决方案。

1) 业务快速开通：CPE 设备即插即用，参数自动配置，免人工调测，实现一次上站；云网业务分片创建自动化；云网协同实现从企业网络 CPE、云专网到云内网络的快速开通；自动调用 OAM 检测能力完成业务的连通性和性能的自动验收。

2) 业务状态可视：包括租户开通进度可视、业务持续运行状态和健康可视、故障排查进度可视等。支持物理网络，逻辑网络和业务状态的实时呈现和关联互视，构建数字化的网络呈现能力，支撑电商化运营。

(4) SRv6 一跳入多云，使能智能连接，基于意图智能路径导航

SRv6 一跳入云实现不同网络之间的跨域联接。企业站点一点接入、灵活访问任意云资源池。同时借助 SRv6 Policy 根据不同的 SLA 要求（如带宽、时延等）进行选路，对不同的云上应用提供差异化的 SLA 保障，采用新型的 EVPN 技术统一租户二层和三层业务。

在云侧，PE 随云部署，通过云网协同平台将 PE 和云进行预连接，节省云和网连接的资源规划、资源部署时间；在网络侧，PE 实现多网泛在接入，通过 PE 广覆盖，汇聚不同网络、不同接入方式的云专线，实现一点入网，入网即入云，

多云可达；PE 之间可以通过 SRv6 BSID 技术提供 SLA 可保证的入云业务路径预部署能力，根据业务的意图，即带宽、时延等要求，在云专网预先部署符合质量要求的业务路径，并通过 SRv6 BSID 封装为网络服务，进而通过标准接口被网络控制器灵活调用，为应用提供所需的连接。

(5) 推出智能切片产品，即开即享的租户级尊享切片服务

智能切片提供定制化专网服务、全天候管家式体验。任何时候任何地点的确定性 SLA 保障，切片内业务带宽、时延等指标不受背景和时间影响。切片带宽灵活多样，动态可调整，支持自助式即开即享的租户级切片服务，业务驱动切片创建，分钟级业务开通，实时感知切片状态。

网络切片需要在网络设备的转发面上为不同业务预留独立资源，IP 承载网通过在同一物理接口上划分不同的 FlexE 接口，在 IP 统计复用的基础上为高价值业务提供差异化的时延和带宽保障，在其它业务突发情况下，分片业务仍可以做到确定性的 SLA 保障。

云网融合提供了电商化的网络切片即时服务新体验。租户可在云网服务货架自选业务功能集，云网服务平台基于整个云网系统负载及资源利用率，分钟级实现最优网络切片路径计算及下发，租户实时获取定制化切片服务体验。

当网络切片数目增长或部分切片业务负载变化时，智能调整切片带宽来匹配业务诉求。云网服务平台根据用户行为、业务流量模型、流量增长情况，对分片资源进行智能化弹性扩缩容，并且在进行资源调整的同时，业务不受任何影响，充分保证业务的稳定性。

(6) 闭环智能运维，融合 AI 技术的自治维护系统

云网业务的复杂性、连接复杂性和运维复杂性都远远高于之前的任何一种网络业务。与 AI 全面融合，化繁为简，实现基于 AI 的故障感知与自愈，支撑网络预测性维护、主动运维、故障自愈。

网络健康度可视，多维度异常识别及 AI 预警。从硬件、资源、关键 KPI 指标、配置部署、安全风险等多个维度实时或周期自动生成网络质量评估报表，全面掌握网络状态。通过网络 KPI 数据态势分析、异常配置识别、资源超限预测等 AI 技术挖掘网络隐患，在业务受损前预警并指导消除风险。

基于 AI+知识图谱的智能故障诊断。运维故障诊断数据持续迭代输入，AI 累

计训练提升网络故障根因诊断准确率，支撑精准修复自愈闭环。对于 90%以上常见故障提供精准故障修复，客户业务故障智能自愈同时保障 SLA 体验。自愈规则可编排，完成运维流程自动闭环。

(7) 打造一体智能安全，多层次多维度安全防护体系

面向用户提供四维一平台的立体化安全解决方案，四维即管控安全，设备安全，业务安全，组网安全，一平台即全网态势感知平台。利用大数据技术持续对业务流量和各类网络、安全设备日志进行关联分析，结合 AI 智能推理，及时发现潜在威胁，提供全网安全态势可视化能力。调度全网设备协同处置，实现威胁处置自动闭环，提供全网立体化的安全解决方案，确保云网自身满足安全等级要求同时可以向用户提供安全产品。

(8) 加强和延伸云网协同能力

• 云网协同

云网融合是云与网深度融合，相互协同，实现云网一体化的综合服务。云和网的资源无缝对接，资源池化；形成统一的资源视图，网络的拓扑、带宽、流量和云的计算、存储能力等可实时呈现。网络设备与云网元进行统一纳管，实现自动化的开通、故障定位和排除能力。提供一体化云网业务及服务等级质量保障服务，资源抽象并支持开放 API 及北向接口。

• 云间协同

多云协同支撑业务融合创新，有效的控制负载和成本，多云共管提高运维效率，提升数据的可移植性和互操作性，精细化管理，统一监控，生态互补。充分利用不同云服务提供商的能力，为企业提供一致的管理、运营和安全体验。

多云协同的基础是多云统一管理及运维，通过云服务 API 接口的标准化，实现不同多云的统一管控；整合多云资源，助力企业业务创新，提升云服务的协同能力，丰富云服务生态。多域协同的智慧决策平台，统一的开发模板，管理工具，服务接口实现跨域协同。跨云网络互通，需保障多云服务商和云资源池的多种接入和互联能力，保障不同云之间的网络互通，实现云网无缝对接；跨云连接需要保障网络联接的高度确定性，基于云业务要求提供确定性网络连接 KPI 指标。云间连接具备自动化开通能力。

• 云端协同

随着云和终端技术和能力的各自持续演进，端云协同就是根据业务特点、网络、终端能力及运行环境等，通过终端与云端协商，智能化选择原来由终端执行的非实时复杂计算和存储，转移至云端或边缘计算节点，由其将运算结果返回终端执行。通过端云协同可以进一步充分和有效利用网络与云端资源，提升用户的使用体验，降低对终端软硬件能力的需求、功耗和成本。

端云协同需要提供端云协同的智能调度机制和策略算法，实现系统最优；另外面向行业业务确保终端本地、边端及云端数据的隐私安全。

- **网网协同**

当前网络的建设是按照行政区建设，这导致不同行政区之间的网络是割裂的，面向云网时代，要求能够实现“云上一张网、云下一张网”，云下一张网要求网与网之间能够无缝衔接，能力互相开放。

SRv6 技术可以实现网络之间无缝衔接，路由能力不再割裂，再结合网络 SDN 化将能力开放出来，实现网网能力互调，真正实现云网时代的云下一张网要求。

3.3.2 培育算网一体服务新增长点

数字经济促进数字产业化，而算力将是数字经济的重要引擎。随着算力下沉到边缘，城域 DC 互联，对于业务属性的感知和计算资源的感知提出了更高的要求。运营商网络云化的加速和以算力基础设施为代表的新基建，给 DC 算力资源社会化共享提供了商业机遇。算力经营将成为运营商一个重要业务抓手，使运营商不再是纯粹的管道服务商。

中国联通云网融合的最终目标是演变成算网一体，网络感知算力，实现云、网、边、端、业协同，以更加灵活、弹性、可靠的能力为最终商业服务。

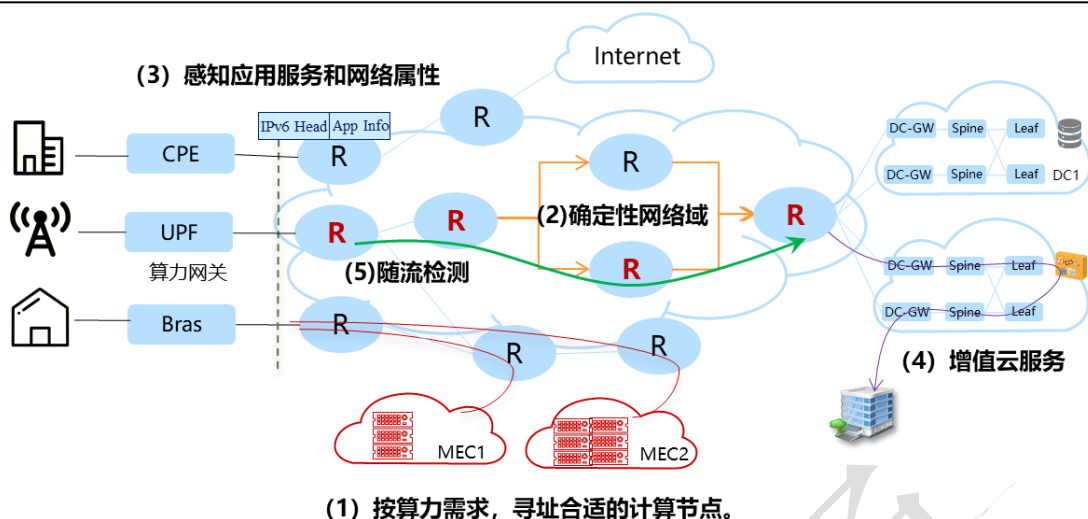


图 5：算力网络服务化示意

算网一体基于云网融合发展而来，并不能一蹴而就，需要分步进行技术攻关，渐进打造核心能力，其重点创新领域及核心能力打造如下：

(1) 强化算力建模与管理底层技术研究

算力网络中的算力资源包括通用服务器架构下的 CPU 计算单元，专门适用处理类似图形图像等数据类型统一的 GPU 并行计算芯片，专业加速处理神经网络的 NPU、TPU，广泛应用于边缘侧嵌入式设备的 CPU，以及半定制化处理器 FPGA 等。根据处理器运行算法及涉及的数据计算类型的不同，从业务的角度出发，将算力分为可提供逻辑运算的算力、可提供并行计算的算力与神经网络加速的算力等。

泛在算力资源的统一建模度量是算力调度的基础。针对泛在的算力资源，通过模型函数将不同类型的算力资源映射到统一的量纲维度，形成业务层可理解、可阅读的零散算力资源池，为算力网络的资源匹配调度提供基础保障。将业务运行所需的算力需求按照一定分级标准划分为多个等级，这样可作为算力提供者在设计业务套餐时的参考，也可作为算力平台设计者在设计算力平台时的选型依据。

(2) 基于泛在算力需求，完善算网承载能力

● 算力资源信息感知技术

算力网络通过将计算资源进行整合，以服务的形式为用户提供算力。在电信网络中，承载计算资源信息的通信协议可以位于网络层之上（包括网络层）的任意层，以网络层协议为基础，将计算资源信息基于网络层报文进行转发。目前 CFN（计算优先网络协议）主要通过路由协议的 BGP 报文头中通过扩展字节信息的方式携带算力信息，将网络中计算节点的负载情况实时向全网进行扩散。

与基于链路度量值进行路径计算的网络路由协议类似，在算力网络中，基于算力度量值来完成路径的计算，而算力度量值来源于全网计算资源信息及网络链路的带宽、时延、抖动等指标。在电信承载网中，为实现计算资源信息及链路指标的全网同步，每个路由器负责本地计算资源信息及相关联链路指标的获取，并加载在网络层协议报文中进行全网同步。在完成全网信息同步后，每个路由器完成全网拓扑的计算，并生成服务路由信息表，用以支持算力网络服务报文的转发。

算力网络的演进不可能一蹴而就，面向算力承载的网络应遵循“目标一致、分期建设”的原则，可以通过 DC 网关设备联网来搭建 MEC 节点之间的算力“薄层”，首先在 overlay 层面引入 SRv6 与 CFN 等协议，进而逐步扩大到承载网全网 underlay 的算力感知和算网联合优化。SRv6 涉及转发策略编排，MEC（或 DC）之间的算力服务拉通，也可通过 DC 内集中式模式+DC 间分布式模式的混合模式实现。

● 增强确定性网络技术

DIP（确定性网络协议）是在基于统计复用原理的 IP 网络基础上，通过增强的周期排队和转发技术实现的一种新型网络转发技术。确定性 IP 网络是能够保证网络报文传输时延上限、时延抖动上限、丢包率上限的 IP 网络。它既适用于中小规模网络，也适用于解决大规模、长距离 IP 网络的数据流端到端确定性传送问题。DIP 技术通过在原生报文转发机制中，加入周期排队和转发技术，通过资源预留、周期映射、路径绑定、聚合调度等手段实现大网的确定性转发能力。

通过确定性技术和算力结合，可以提供精确保障的业务体验，满足对算力抖动敏感型业务的诉求。

● 应用感知网络技术

结合 APN（应用感知网络）技术，可利用 IPv6 扩展头将应用信息及其需求传递给网络，通过业务的部署和资源调整来保证应用的 SLA 要求，使部署在各个位置的分散站点更好地提供业务链服务。特别是当站点部署在网络边缘（即边缘计算）时，以此提供业务链服务，APN 技术能够有效衔接网络与应用以适应边缘服务的需求，将流量引向可以满足其要求的网络路径，从而充分释放边缘计算的优势。

● 业务链技术

业务链使得不同算力服务连接成为现实，可以快速提供新型业务。业务链是一种业务功能的有序集，可以使制定的业务流按照指定的顺序依次经过指定的增值业务设备，以便于业务流量获取一种或者多种增值服务。这种增值业务设备，可以是物理设备上的一个模块或者虚拟化的实例。

业务链是算力网络中实现意图驱动的具体手段，依据客户的意图，实现不同算力服务的连接，结合 SRv6 SID 即服务，可以构建算力交易平台。各种生态算力将自己的服务以 SRv6 SID 的形式注册到网络中，购买者通过购买服务来使用算力服务，而网络则通过业务链将算力服务连接，将服务提供给购买者。

● 随流检测技术

算力路径可视、性能可度量成为算网一体阶段的关键能力。随流检测技术可以随流逐包检测，精准检测每条业务流的时延、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 SLA。同时采用逐跳部署模式，可以真实还原业务的路径，一旦性能有问题，可以分钟级进行故障定界定位，分钟级恢复故障，保障算力的无损传递。

(3) 构建算网服务编排能力

算力网络是融合计算、存储、传送资源的智能化新型网络，通过全面引入云原生技术，实现业务逻辑和底层资源的完全解耦。需通过打造如 Kubernetes 的面向服务的容器编排调度能力，实现服务编排面向算网资源的能力开放。同时，可结合 OpenStack 的底层基础设施的资源调度管理能力，对于数据中心内的异构计算资源、存储资源和网络资源进行有效管理，实现对泛在计算能力的统一纳管和去中心化的算力交易，构建一个统一的服务平台，如图 6 所示。



图 6: 基于云原生的算力服务编排

算力是设备/平台处理、运行业务的关键核心能力。在算力网络中，算力的

提供方不再是专有的某个数据中心或集群，而是将云边端这种泛在的算力通过网络化的方式连接在一起，实现算力的高效共享。算网服务编排采用通用的 OpenStack 和 Kubernetes 结合的方式来实现对于算力网络的计算、存储、网络等资源进行统一管理，整体通过 Open Infrastructure 架构来实现 IaaS 和 I-PaaS 的资源编排调度能力，并根据计算能力、深度学习能力、网络能力的不同需求，分场景的有序构建中台能力，其整体上应实现以下功能：

- **资源管理：**主要面向底层的计算、存储、网络等资源进行统一的纳管，这其中包括裸金属的管理，同时也包括虚拟机、容器、边缘集群等基础设施资源的管理；

- **资源调度：**通过底层资源的抽象，在调度层主要专注于基于调度策略实现对于算力资源、网络资源以及存储资源的调度，同时为了实现平台能力下沉，在调度层实现三大能力集，即：计算能力集、网络控制能力集和机器学习能力集；

- **服务编排：**将调度层的能力以服务化的方式提供服务注册、服务路由等功能，并且按照最新的服务网格的方式进行扁平化的服务编排；

- **应用管理：**基于容器化调度机制，面向应用提供统一的封装和事务性功能，包括：应用商店、统一的镜像仓库、鉴权管理、函数服务以及其他事务性处理等功能；

- **自服务门户：**为普通用户提供一站式的应用服务选择和一键部署等算力网络部署能力，以及通过用户登录和注册分配相关的用户权限；

- **开发者门户：**为开发者提供算力网络开放的 API 调用接口和 DevOps 开发流程，从而可以尽可能开放算力网络底层能力，使第三方开发者可以结合场景开发专属的应用产品功能；

- **平台监控：**负责监控整个算力网络编排调度平台的运行情况，实现资源、服务、事务、安全等方面的监控，确保平台整体的安全、平稳运行。

(4) 打造算力服务和交易平台

算力网络中的算力服务与交易依托于区块链去中心化、低成本、保护隐私的可信算力交易平台。该平台面向泛在化的计算节点，在算力交易平台中存在三种角色。

- 1) **算力卖家：**贡献闲散算力，如手机终端、电脑、游戏机、企业空闲时的

小型数据中心等，卖家将零散算力通过注册或更新的方式告知算力交易平台；

2) 算力买家：向算力平台提出算力需求，获得算力平台分配的容器节点，并进行付费，执行任务等操作；

3) 算力交易平台：算力交易平台作为中间角色分别与算力的卖家和买家交互，维护、纳管、调度算力资源，提供经济、高效、安全、可靠的算力服务。

在以往的交易模式中，买家和卖家彼此之间信息并不透明，未来泛在计算场景中，网络可以将算力作为透明和公开的服务能力提供给用户。算力交易过程中，算力的贡献者（算力卖家）与算力的使用者（算力买家）分离，通过可拓展的区块链技术和容器化编排技术，整合算力贡献者的零散算力，为算力使用者和算力服务的其他参与方提供经济、高效、去中心化、实时、便捷的算力服务。

3.4 实施计划

云网融合是一个长期的，不断演进的过程，未来 5 年，IP 云网领域的实施计划为：

- 2021-2022 年，夯实云网一体，推动构建 IPv6+云网一体架构，在智能切片、智能运营等提升能力；构建算力网络服务平台原型系统，基于 IPv6 的算力网络承载方案完成内场验证，包括算力路由、SFC 等；
- 2023-2024 年，继续夯实云网一体，在智能运营、智能运维、智能切片、智能安全等方面提升能力；完善算力路由、算力管控层、SRv6 SFC、网络服务化等。
- 2025 年，运营商具备提供算力通用产品的能力，完成骨干网的云网融合向城域+边缘的算网融合扩展。

4 云网融合向算网一体演进关键能力与应用实践

多年来，中国联通结合不同地区、不同行业的实际情况，因地制宜的制定符合客户需求的最佳方案，研发了一系列云网融合产品并逐步向算网一体演进，取得了商业上的成功。本章主要以广东联通的应用实践为例，分析云网类产品研发中，运营商需具备的关键能力。

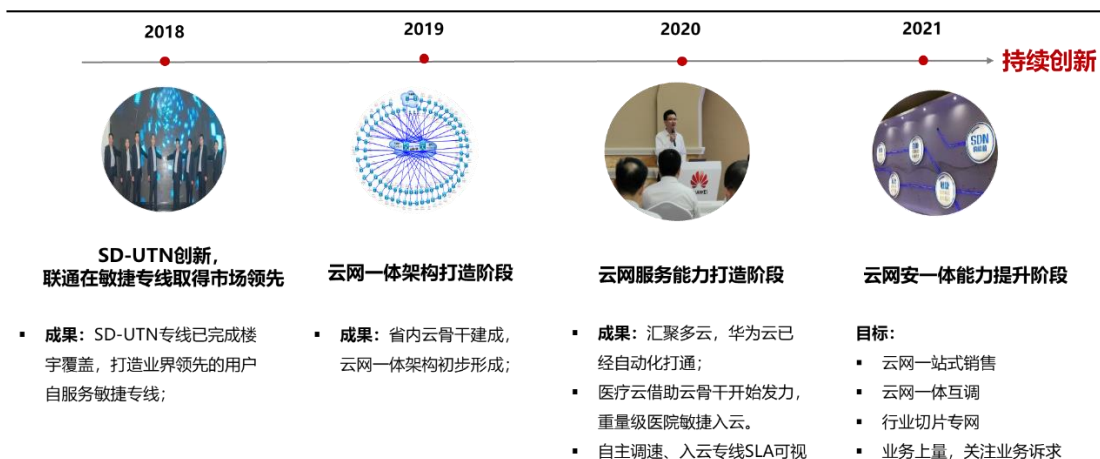


图 7: 广东联通云网创新历程

广东联通在集团公司的指导下, 持续针对云网创新, 商业效果显著。2018年开始针对专线进行创新, 敏捷专线业界领先。2019年在敏捷专线的基础上, 开始向云网融合创新, 逐步为未来算网一体演进做准备。同年广东省内云骨干网正式商用, 2020年一网聚多云, 实现入云专线的自动化打通。2021年继续创新实现云网能力提升, 实现售前、售中、售后的统一受理。

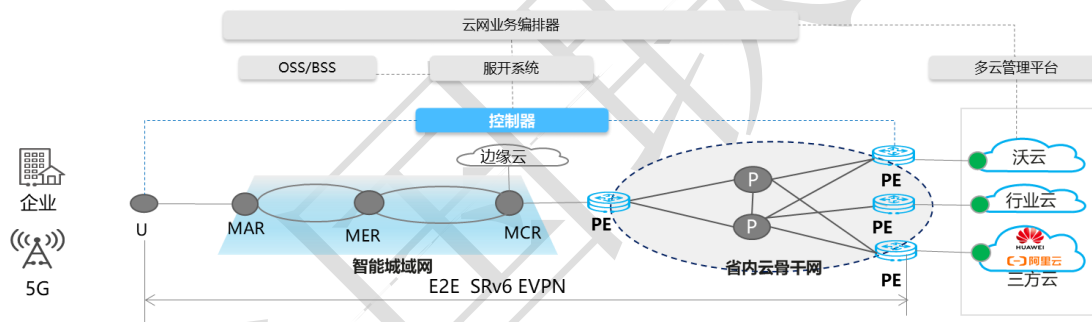


图 8: 广东联通云网架构逻辑图

广东联通云网创新架构是围绕智能城域网和省内云骨干网为主体创新, 围绕IPv6+协议创新, 实现业务端到端无缝打通, 管控体系上实现云网自动化对接, 业务快速开通, 自助服务。全流程云网电商化一致体验。所有的创新始终围绕着最终客户的需求、体验为出发。

4.1 泛在的多云接入能力

随着企业上云业务的发展, 越来越多的业务系统和生产数据迁移到云上部署。云上部署带来灵活性的同时, 各类云商也可能提供了不同的接入方式, 例如 SD-WAN、专线等, 导致客户站点侧需要部署多个入云线路, 带来了重复无效投资和管理运维困难。

采用集成的企业 CPE，支持 Internet、专线、5G 等多种接入方式，提供包括公网接入、SD-WAN 接入、专线接入、专网接入、专用切片接入等丰富灵活的入云方案。可以实现通过一个客户侧 CPE 设备，通过分片承载和分片对接多云，实现企业用户一线灵活接入多云的业务系统，简化客户侧网络的复杂度和客户其他专线的投资，提升了运营商云网产品的竞争力。

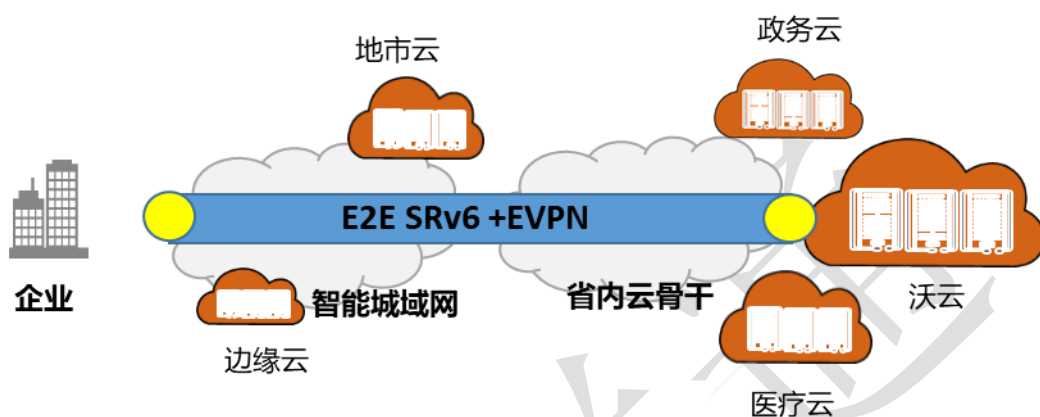


图 9：一网连接多云能力

SRv6 具备有天然整合云网协议的能力，SRv6 基于 IPv6，IP 可达即业务可达，可实现新业务快速开通，天然适合跨域、任意地连接。IPv6 可延展到网络的各个层级，从传统的城域网、骨干网，到接入园区、数据中心，乃至未来到终端和云内，通过 SRv6 拉通端、网、云，可提供智能时代多点之间的任意连接。

4.2 差异化业务提供能力

(1) 网络可视，路径可选能力

传统的 IP 网络在选路转发的时候没有考虑时延因素，两个节点之间只是简单的通过设计 Cost 值来进行算路转发，在等价负载均摊的情况下，对于时延敏感型的业务可能会 HASH 到传输长路径，致使体验受损，如图 10 所示。未来的网络是精细化运营的网络，能提供差异化服务，差异化提升客户的体验。

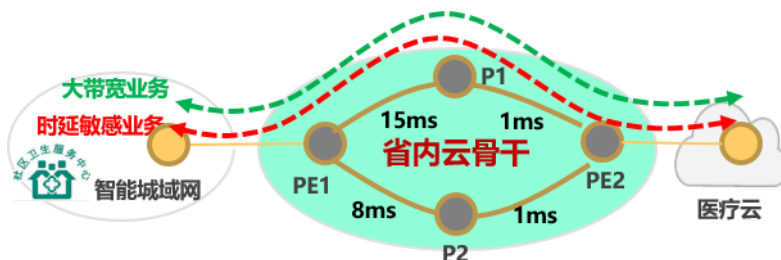


图 10：传统网络选路转发示例

时延敏感型业务要求网络具备时延按需选路、时延实时可视、时延地图路径可调等网络差异化服务保障能力，从而实现业务实时监控，指标劣化实时感知，告警提醒调优或自动调优，如图 11 所示。同时需要一键式业务 SLA 部署，简化业务部署，并且具备路径重计算能力，支持业务时延重优化。

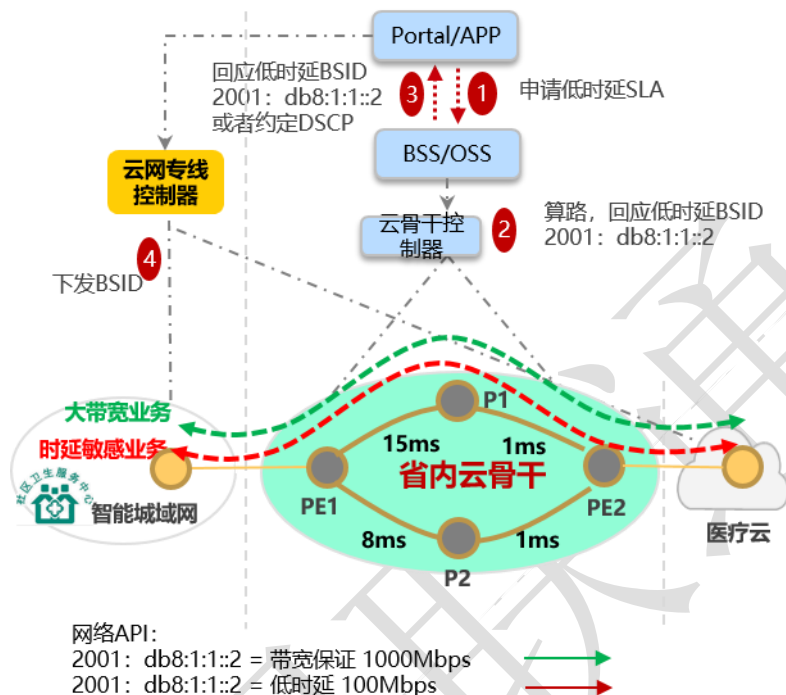


图 11: 差异化服务选路示例

(2) 云网切片，专网承载，随选切片能力

云网网络切片能力是面向千行百业上云需求的关键技术。通过网络切片，将一张物理网络划分为多张逻辑网络，逻辑网络之间资源互相隔离，业务互不干扰；不同的逻辑网络可以为金融、政务、医疗等不同行业提供定制化的网络拓扑和连接，提供差异化且可保证的服务质量，享受专网级服务体验。

企业根据业务质量要求可以按需选择不同的切片访问不同的云，如图 12 所示。

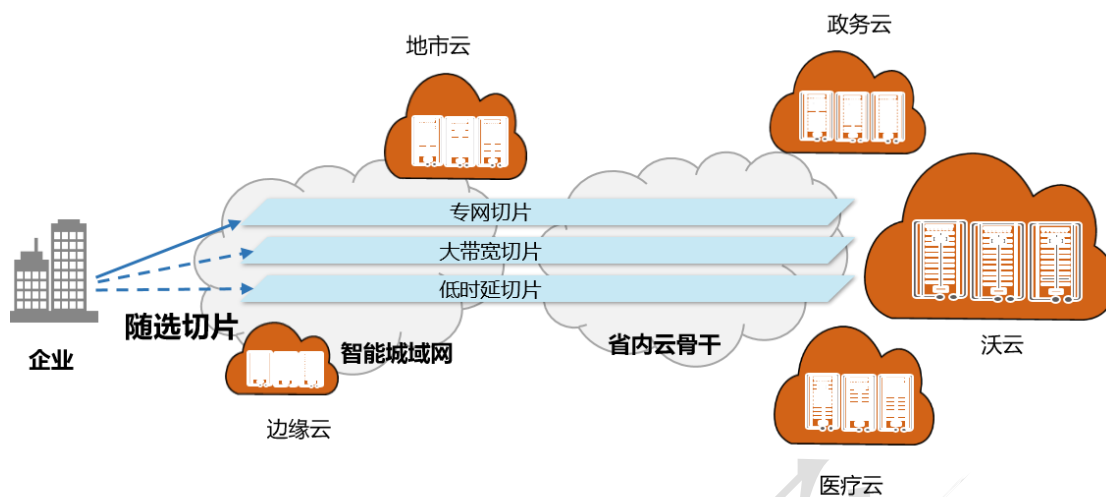


图 12: 云网随选切片能力

转发面由具有资源切分和预留能力的网络节点和链路组成,用于为不同的网络切片提供满足需求的共享或独享的网络资源。这一层可选的资源隔离技术包括物理端口级隔离, FlexE 接口级隔离, QoS 队列级隔离等。

控制面通过在网络中生成不同的逻辑网络切片实例,将切片的逻辑拓扑与为切片分配的网络资源整合在一起,构成满足特定业务 SLA 需求的网络切片,为不同的切片租户提供差异化的承载服务。

管理面对外提供网络切片标准服务化能力,聚焦切片的自动化及智能化,实现网络切片的全生命周期管理,包括切片智能规划,一站式切片资源部署,业务灵活编排及下发,切片状态实时监控,业务 SLA 可视,故障快速定位及自愈恢复,切片流量预测,智能扩缩容等。

4.3 电商化体验能力

(1) 售前能力

电商化是提升客户体验的一个重要手段,解决运营商连接客户“最后一米”问题,电商化在实践中又可分为售前、售中和售后三个环节。售前能力主要提供客户直观销售,可以在线选择套餐,无需到营业厅,随时随地完成下单操作;网络时延可视可查,路径可选,体验可变现;只关注首尾两端,一跳入云,快速获取理想的云资源。

(2) 售中能力

售中能力主要提供交付的流程可视化能力,主要包括实时网络资源可视可查,

开通时长可预估，可承诺；订单流程可视化，交付过程直观化；CPE 设备即插即用，连接自动打通，硬装即开通，无需专门工程师软调；网络能力开放，新型、叠加型业务可快速研发，满足客户定制化需求等。

(3) 售后能力

售后能力主要提供在线网络质量可视可查、路径调优等能力。包括专线质量实时可视，可看可追溯，降低客户误报率；网络自愈，故障快速定界定位，零投诉；AI 加持，网络隐患提前发现，防患于未然；智能推荐升级产品，方便用户订购，自助调整等。



图 13: 电商化业务特色功能

4.4 分级安全能力

随着信息技术以及商业模式的演进，信息系统在技术架构与功能上发生变化，也带来了对应的安全挑战。一方面，信息系统结构正从基于功能分割的烟囱式结构，向统一的“云网安”融合架构演进。另一方面，安全服务化模式日益流行，要求运营商能基于统一的技术架构服务于业务要求各不相同的租户。原先各自孤立的安全保障技术的堆叠，已经无法满足架构自身以及用户业务的安全保障要求。针对上述趋势，需要从“系统自身安全保障”以及“ToB 安全服务”的角度建立

新的“云网安”内生安全保障架构和安全服务化架构，如图 14 所示。

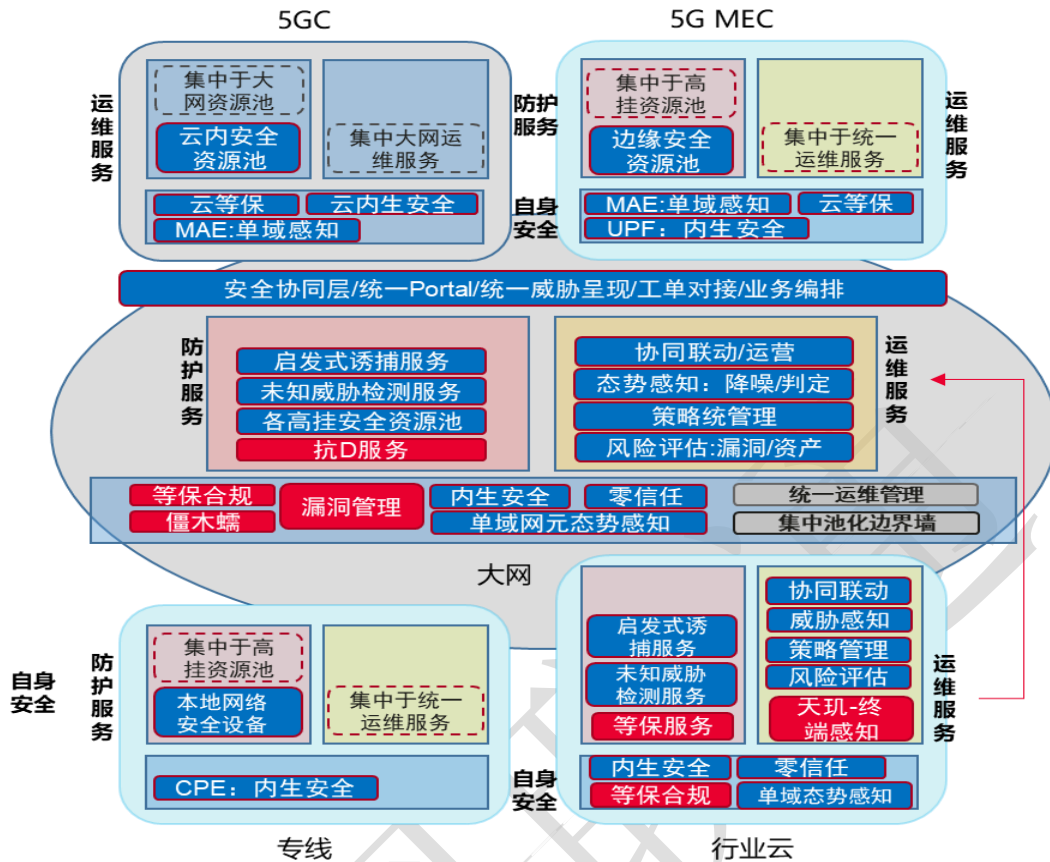


图 14: 2 场景化安全能力

首先是“以安为基”，在“云网安”架构中，需要针对云化电信设备、边缘电信网元在 5G MEC、云化场景下失去物理安全防护后，被攻击者访问设备漏洞、破解口令等风险，新增网元级的“设备原生”安全防护能力。包括：安全启动、远程证明、暴力破解检测、网元级入侵检测、网元安全基线等安全检测与自防护能力，同时结合单域控制器，实现对各种安全事件的分析，攻击路径的还原与溯源等网元安全态势感知，及时检测并自动防御“云网安”系统中各类网元、云基础设施、安全设备自身遭受攻击、在攻击中失陷等风险，实现系统内部的纵深防御。

其次，必须为安全服务构建 4 项基本安全能力，包括：

(1) 建立安全资源池，集中提供各类安全服务功能，对租户实现安全能力的按需分配、动态扩缩、简化安全能力部署；

(2) 安全资源池对接业务策略控制器，基于网络业务链实现租户网络引流，以及安全与业务策略的协同，实现伴随业务的安全服务开通；

(3) 安全资源池叠加安全大数据分析平台（安全大脑），实现云上/本地化的租户级威胁自动判定、失陷主机检测、安全自动处置等安全运维服务，直接帮助租户利用资源池内的安全服务保障租户业务安全；

(4) 建立安全协同层，定义租户业务模型，打通云上、云下各种资源池，实现统一态势感知与云网安策略协同，提供诸如云上云下全网态势感知、威胁近源阻断/协同联动、安全自适应/租户自服务、安全策略自动编排/调优等功能。

5 算网一体未来发展展望

数字经济成为十四五的重要创新增长引擎，国家把“网络强国、数字中国”作为“十四五”新发展阶段的重要战略进行了系列部署。中国联通着眼于“网络强国、数字中国”建设的宏观战略，立足数字产业化、产业数字化的时代风口，全面提升企业自身数字化水平，将全力围绕数字经济“新需求”创造“新供给”。

运营商的算网一体演进，需顺应千行百业数字化转型的要求，将 CT、IT 和 DT 的能力打包提供。“算力即服务，网络即平台”的目标涉及到 IT 产业、CT 产业、DT 产业的超级融合，每个产业的能力均需做强，使其产生化学效应，实现“1+1+1”大于 3 的效果。中国联通呼吁业界合作伙伴协力开展云网能力定义、云网技术研究，推动云网产业健康稳定发展。

中国联通自 2015 年开展云网融合创新以来，致力于为业界提供高敏捷、高质量的云网业务。未来中国联通将持续夯实云网融合能力，围绕云网可视，云网敏捷，云网随动，云网可靠、云网运营等多方面持续打造业界领先核心竞争力。与此同时，积极探索构建算力网络，提供算力服务的方式与途径。2020 年 11 月，中国联通成立“算力网络产业技术联盟”，联合产学研各方力量加强技术交流与合作，持续推进算力网络的标准化与国际化进程，共建算力网络生态，共推商业落地，共享转型成果。

展望未来，中国联通将继续巩固云网时代的发展优势，把握算网时代的发展机遇，打造高品质网络，提升客户上云用云的服务体验，携手产业合作伙伴，不断满足人民对美好信息生活的需要，共创数字经济的美好未来。

6 参考文献

1. 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.
2. Application-aware IPv6 Networking (APN6) Encapsulation, Draft-li-6man-app-aware-ipv6-network-02, IETF[R].
3. Framework of Compute First Networking (CFN) draft-li-rtgwg-cfn-framework-00, IETF [R].
4. ITU-T. Draft Recommendation ITU-T Y. CPN-arch: framework and architecture of computing power network [R].
5. ITU-T. Draft Recommendation ITU-T Q. CPN: Signaling requirement of computing power network [R].
6. 中国联通 CUBE-Net 3.0 网络创新体系白皮书[R]. 2021.
7. 算力网络前沿报告[R]. 2020.
8. 算力网络架构与技术体系白皮书[R]. 2020.
9. 中国联通算力网络白皮书[R]. 2019.
10. 算力网络需求与架构（报批稿）[R].
11. 面向业务体验的算力需求量化与建模研究（报批稿）[R]

7 缩略语

缩略语	英文全称	中文释义
AI	Artificial Intelligence	人工智能
API	Application Programming Interface	应用程序接口
APN	App-aware networking	应用感知网络
AR	Augmented Reality	增强现实技术
AWS	Amazon Web Services	亚马逊云服务
BFD	Bidirectional Forwarding Detection	双向转发检测机制
BGP	Border Gateway Protocol	边界网关协议
BIER	Bit Index Explicit Replication	基于比特索引的显式复制
BRAS	Broadband Remote Access Server	宽带远程接入服务器
BSID	Base Station Identity Code	基站识别码
CFN	Compute First Network	计算优先网络
COP	Collaborative Operation Platform	协同运营中台
CPE	Customer Premise Equipment	用户前置设备
CPU	Central Processing Unit	中央处理器
CT	Communication Technology	通信技术
CT	Computed Tomography	电子计算机断层扫描
CUBE	Cloud-oriented Ubiquitous-Broadband Elastic Network	面向云服务的泛在宽带弹性网
CUII	China Unicom Industrial Internet	中国联通产业互联网
DC	Data Center	数据中心
DDOS	Distributed Denial of Service	分布式拒绝服务
DevOps	Development and Operations	过程、方法与系统
DICT	Data Information Communication Technology	数据信息通信技术
DIP	Deterministic Internet Protocol	
DPI	Deep Packet Inspection	基于数据包的深度检测技术
DT	Data technology	数据处理技术
E2E	End to End	端到端
EVPN	Ethernet Virtual Private Network	以太网虚拟专用网络
FlexE	Flex Ethernet	灵活以太网
FW	Firewall	防火墙
GDP	Gross Domestic Product	国内生产总值
GPU	Graphics Processing Unit	图形处理器
GW	Gateway	网关
IaaS	Infrastructure as a Service	基础设施即服务
ICT	Information and Communication Technology	信息和通信技术
IDC	Internet Data Center	互联网数据中心
iFIT	In-situ Flow Information Telemetry	随流检测

IoT	Internet of Things	物联网
IP	Internet Protocol	互联网协议
I-PaaS	Integration Platform as a Service	集成平台即服务
IT	Internet Technology	互联网技术
KPI	Key Performance Indicator	关键业绩指标
MEC	Multi-access Edge Computing	多接入边缘计算
NFV	Network Function Virtualization	网络功能虚拟化
NPU	Natural Processing Unit	自然处理单元
OAM	Operation Administration and Maintenance	操作维护管理
OSPF	Open Shortest Path First Interior Gateway Protocol	开放式最短路径优先协议
OTN	Optical Transmission Network	光传输网
PACS	Picture Archiving and Communication System	图片存档及通信系统
PE	Provider Edge	提供商边缘设备
PON	Passive Optical Network	无源光网络
RoCE	RDMA over Converged Ethernet	以太网远程直接内存访问 网络协议
SDN	Software Defined Network	软件定义网络
SD-WAN	Software-Defined WAN	软件定义广域网
SFC	Service Function Chaining	功能服务链
SID	System Identifier	系统标识
SLA	Service Level Agreement	服务级别协议
SRv6	Segment Routing IPv6	IPv6 分段路由
TPU	Tensor Processing Unit	张量处理单元
vEPC	Virtualized Evolved Packet Core	虚拟化演进分组核心网
vIMS	Virtualized IP Multimedia Subsystem	虚拟 IP 多媒体子系统技术
vMSE	Virtualised Mobile Switching Centre	虚拟化移动交换中心
VNF	Virtual Network Function	虚拟化网络功能
vPCRF	Virtualised Policy and Charging Rules Function	虚拟化策略和收费功能
VR	Virtual Reality	虚拟现实技术
WAN	Wide Area Network	广域网