



专题：数据网络协议架构创新——NewIP

面向计算网络融合的下一代网络架构

姚惠娟, 耿亮

(中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)

摘要: 以工业互联网为代表的产业互联网的大发展, 促进未来网络从以信息传输为核心的信息基础设施, 向以融合感知、传输、存储、计算、处理为一体的智能化信息基础设施发生转变。从应用、网络技术、计算技术等的发展趋势分析, 推导出未来数据网络需要从计算、网络和存储融合重新设计网络架构, 以满足未来新业务和新场景的需求。

关键词: 计算网络融合; ICT 融合; 未来网络架构; 数据通信网络; IP 网络架构

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019212

Trend of next generation network architecture: computing and networking convergence evolution

YAO Huijuan, GENG Liang

China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China

Abstract: The great development of the industrial internet represented by the industrial internet will promote the transformation of the future network from the information infrastructure with information transmission as the core to the intelligent information infrastructure integrating perception, transmission, storage, computing and processing. Based on the development trend of application, network technologies and cloud computing technologies, the future data network needs to redesign the network architecture, which were proposed from the integration of computing, network and storage to meet the needs of new business and new scenarios in the future.

Key words: computing and networking convergence, ICT convergence, future network architecture, data network, IP network architecture

1 引言

随着 5G、人工智能、云计算、产业互联网技术的快速发展, 面向不同垂直行业多样化的新型

应用不断涌现。与消费类互联网的应用不同, 垂直行业应用对网络服务质量有着极高的要求。自动驾驶、远程医疗、工业控制、全息通信等诸多业务对网络的需求千差万别, 有的应用例如全

收稿日期: 2019-07-15; 修回日期: 2019-09-11

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目 (No.2018YFB1800100)

Foundation Item: The National Key Research and Development Program of China (No.2018YFB1800100)

息通信,对于网络的带宽资源需求非常高,人均需要消耗 Tbit/s 级带宽;与 IoT 相关的的数据传输呈高频小分组特征,其带宽消耗量并不大,但是需要持续在线;工业控制领域,为了确保各个模块之间完美配合,需要在正确的时间点执行正确的操作,数据传输要求保证确定性时延。传统尽力而为的数据通信网络在提供更加灵活、定制化的带宽、时延、可靠性等网络指标的 QoS 保证时,面临着巨大的挑战。

目前学术界和产业界呈点状涌现出众多数据通信网络新技术,确定性网络、网络切片、IBN(基于意图的网络)和在网计算等,均聚焦于解决现有网络某一方面的痛点,但尚未形成体系化的,具备跨代能力的未来网络架构总体视图。以国际互联网工程任务组(The Internet Engineering Task Force, IETF)为代表的数通领域标准组织大多采取自下而上的发展模式,网络整体被强行拆分为路由、管理、安全、应用等诸多方面。各方面的技术独立向前发展。由于缺乏整体架构的指导,各方面发展进度参差不齐,彼此之间难以形成合力。这也是 IP/MPLS 主导的数据通信网络后,数据通信网络领域一直没有出现重大技术变革的重要原因之一。面对未来垂直行业互联网应用苛刻的质量保证需求,考虑到云计算、边缘计算以及在网计算等技术正在大力推进的 ICT 一体化网络融合趋势,数据通信网络有必要借鉴移动互联网跨代发展的方式方法,在兼顾现有 IP/MPLS 主导的网络体系的同时,尽快构建整体网络架构统一牵引,加快数据通信网络不同领域新技术的跨代发展。

2 计算网络融合趋势分析

2.1 全行业数字化/智能化给网络 and 计算提出了巨大挑战

全球已经掀起行业数字化转型的浪潮,数字化是基础、网络化是支撑、智能化是目标。智能

化社会的一个典型特征即物理世界和数字世界的深度融合,未来数字世界通过 IoT、AR 等技术提供的传感器、执行器,与真实世界产生互动。网络作为物理世界和数字世界的连接的桥梁实现数据流动。网络连接的一侧是 IoT 的传感器和执行器的 I/O,作为物理世界和数字世界的接口产生海量数据,对网络提出更高带宽、更低时延、更强安全的需求;另一侧是人工智能运算所需要的数据、算力、算法,实现数据价值化。根据思科云指数预测,截至 2021 年,出现终端设备数量将大于 500 亿,每年产生数据达 847 ZB,其中超过 50% 的数据需要在网络边缘侧分析、处理与存储。海量数据的传输需求、分析和存储对传统网络和云计算提出了巨大挑战,使云计算和网络面临“传不畅、算不动、存不下”的局面,所以为了满足大数据传输需求,或者低时延、高安全的业务需求,驱动计算从云端下移到接近数据源的边缘近处理和分析数据。

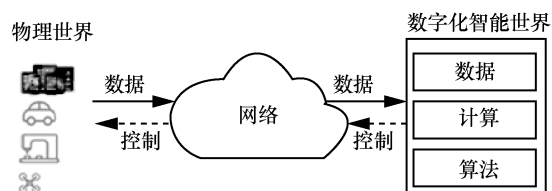


图 1 物理世界和数字化智能世界融合

2.2 5G 网络架构已全面走向服务化

5G 网络从 IT 化、互联网化、极简、服务化 4 个系统设计理念出发,借鉴业界成熟的 SOA、微服务架构等理念,结合电信网络的现状、特点和发展趋势,对网络架构进行了革新性的设计,定义了全新的基于服务的网络架构(service-based architecture, SBA)作为统一基础架构,如图 2 所示。这种设计有助于网络快速升级、提升资源利用率、加速新能力引入、便于网内和网外的能力开放,使得 5G 系统从架构上全面云化。这意味着从 2G 到 5G,网络已经从烟囱式网络走向服务化网络,为不同垂直行业提供快速响应和灵活部

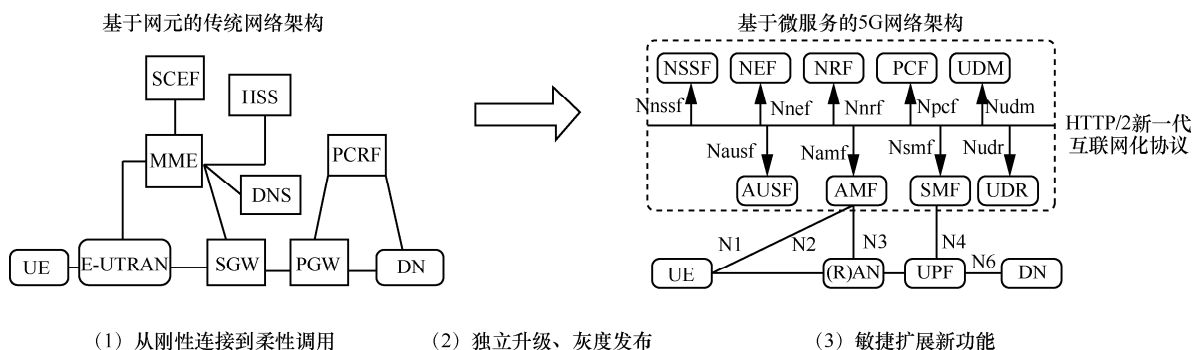


图2 5G服务化网络架构

署。尤其是5G对NFV、端到端网络切片及边缘计算的支持，要求网络与计算基础资源协同发展。

2.3 边缘计算助力计算从网络中心走向边缘

边缘计算利用4G/5G、FTTx、企业专线等多种网络接入方式，在靠近数据源或用户的地方提供计算、存储等基础设施，并为边缘应用提供云服务和IT环境服务，助力计算从网络中心走向边缘。过去的20年，中国移动通信集团打造了一张卓越的覆盖无线和固定连接的网络基础设施平面，如图3所示。NFV技术的演进发展也促使中国移动开始建设服务于虚拟化网元的电信云设施。面向未来工业互联网、人工智能等新兴业务，运营商需要在端到端的网络平面的基础上，借助边缘计算打造一张面向全连接的算力平面，形成算力的全网覆盖，为垂直行业就近提供智能连接基础设施。在这个新的算力平面中，无处不在的现场级边缘计算为

用户提供智能化接入和实时数据处理，实现业务的灵活接入，实现为数据生态的赋能；触手可及的网络侧边缘计算则就近为用户提供丰富的算力，承载人工智能、图像识别和视频渲染等新业务，实现为应用生态的赋能。丰富的网络资源与算力资源将不断地融合互补，为垂直行业业务提供极致的用户体验。

2.4 互联网应用向函数即服务演进

传统基于客户端/服务器客户端与长生存周期的服务端进程通信，服务端处理大部分业务逻辑。随着微服务的发展，传统的客户端/服务器模式被解构，服务器侧的应用解构成功能组件部署在云平台上，由API网关统一调度，可以做到按需动态实例化，服务器中的业务逻辑转移到客户侧，客户只需要关心计算功能本身，而无需关心服务器、虚拟机、容器等计算资源，聚焦业务逻辑，从而实现函数即服务。基于此

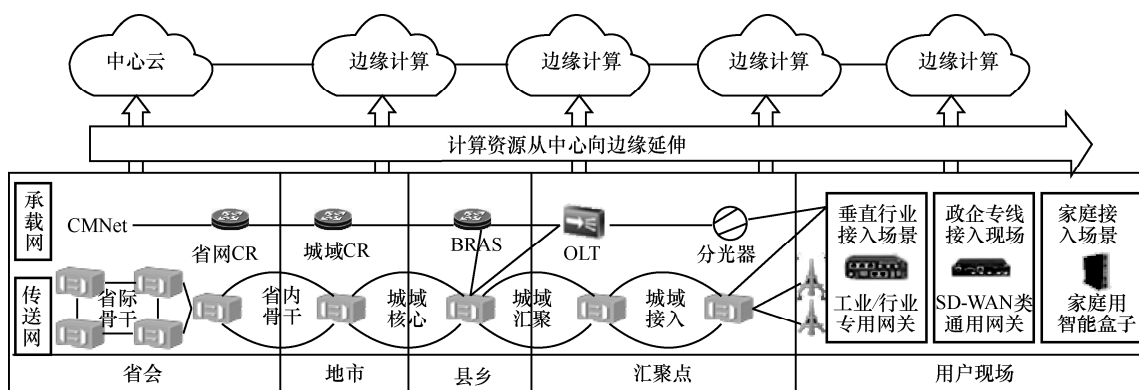


图3 边缘计算助力计算从网络中心走向边缘

新型微服务应架构, 结合网络中遍布的无处不在的计算能力和存储能力, 每一个网络节点都可以成为资源的提供者, 用户的请求可以通过调用最近的节点资源来满足, 不再局限于某一特定节点。下一代网络架构需要支持更加灵活的调度机制和路由机制, 支持计算资源节点之间具备互动调度的能力, 或者计算任务动态路由的能力。基于函数即服务的互联应用发展架构如图4所示。

3 计算网络融合改变网络参考模型

在云计算、边缘计算乃至普适计算的发展大

趋势下, 从云计算走向边缘计算, 再从边缘计算走向泛在算力。随着网络和计算的深度融合, 算力由外延向内生演进、由通用向异构持续演进, 如图5所示。未来社会中会在靠近用户的不同距离遍布许多不同规模的算力, 通过全球网络为用户提供各类个性化和智能化服务。

计算资源融入网络使得架构的拓扑假设也发生变化。传统互联网架构的基本拓扑抽象是端到端模型: 网络在中间、计算在外围, 主机通过网络实现逻辑虚拟的全连接, 如图6所示。网络计算融合的一体化网络架构改变了当前计算在网络边缘的端到端模型, 计算像葵花籽一样嵌在网络

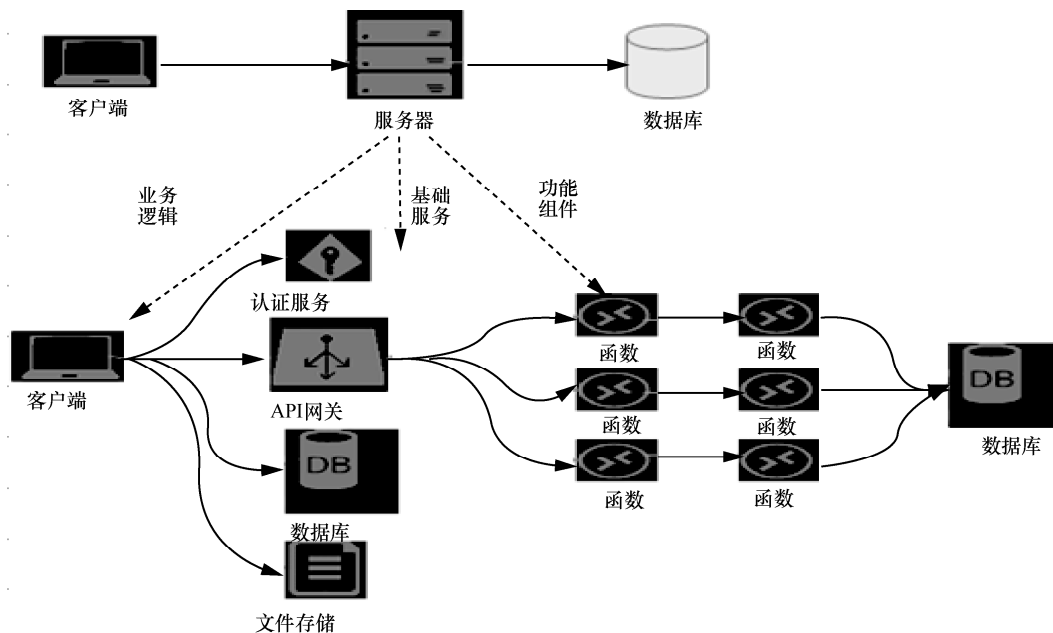


图4 基于函数即服务的互联应用发展架构

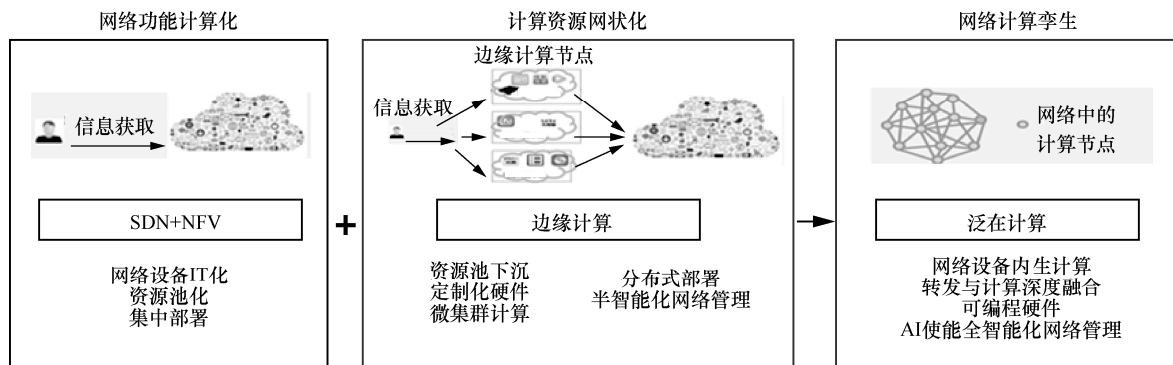
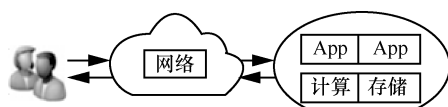


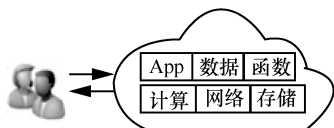
图5 计算在网络中的演进



中间，是动态、分布式的计算与网络深度融合的网络模型。因此新一代网络架构设计需协同考虑网络和计算融合演进的需求，实现“泛在连接+计算+智能”网络的全局优化、算力的灵活调度、业务的合理分布。



(a) 信息社会：用户使用互联网获取信息



(b) 智能社会：用户使用互联网获取计算结果

图6 网络参考模型

4 计算网络融合的架构思考

面对新业务新需求，计算网络融合的一体化网络架构如图7所示，应基于新型IP网络体系，支持网络可编程、函数能力寻址、确定性网络，算力感知的协同调度和控制等功能，向各相关产业提供网络能力、计算能力及数据能力服务，并使其更加有效地满足万物互联、万物智能、万物感知的需求。

(1) 算力感知的协同管理与控制

网络可感知算力，并协同调度算力资源和网络资源，实现网络算力的可用、可管和可控。

根据当前的网络状况和计算资源，网络依据功能/业务的标识将报文转发到相应的计算节点，实现用户体验最优、计算和网络资源利用率最优。

(2) 函数能力寻址

未来网络自支持更加灵活的服务化架构，通过服务器侧的应用解构成“功能组件”实现原子化功能的按需实例化，向函数即服务演进。

(3) 网络可编程

未来网络根据不同的应用场景灵活配置网络协议字段以及字段长度等，并支持计算、安全、隐私和确定性时延等不同能力的集成，支持IoT大跨度的差分服务。同时可平滑演进，不影响已有业务应用。

(4) 确定性网络传输

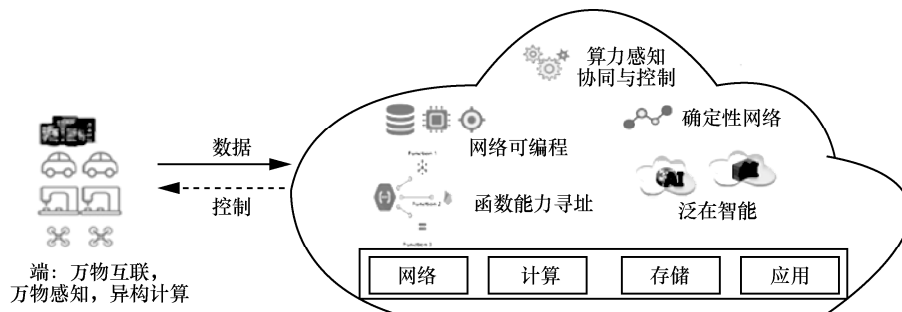
网络中通过引入资源预留、时钟同步、流量排定等机制提供确定性时延、极低分组丢失率以及虚拟化运营管理等确定性服务。

(5) 泛在智能

计算网络一体化的基础设施，不但实现网络无所不达，还为人工智能提供了无处不在的算力，实现无所不及的泛在智能。

5 结束语

面对全行业数字化和智能化大发展的浪潮，业务需求和技术创新并行驱动带来了网络架构深



“连接+计算+智能”ICT一体化基础设施

图7 “连接+计算+智能”计算网络融合的一体化网络架构

刻变革。计算网络深度融合的下一代网络架构应以连接为基础,以计算为依托,以智能化为目的构建计算网络融合的一体化新型网络架构,使得计算和网络高度协同、互为支撑、相互融合,形成“云在网上、网在云中、网随云动”的新型网络模式。

参考文献:

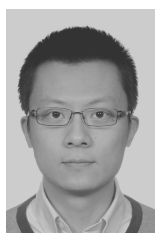
- [1] ZILBERMAN N, MOORE A W, CROWVROFT J A. From photons to big-data applications: terminating terabits[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2016, 374(2062): 20140445.
- [2] 郑秀丽, 蒋胜, 王闯, 等. 对网络技术跨代发展的思考——网络 5.0[J]. 信息通信技术, 2017(6): 37-44.
ZHENG X L, JIANG S, WANG C, et al. A potential direction of next generation data communication network—network 5.0[J]. Information and Communications Technologies, 2017(6): 37-44.

- [3] 网络 5.0 技术白皮书[R]. 2019.
Network 5.0 technology white paper[R]. 2019.

[作者简介]



姚惠娟(1980—),女,博士,中国移动通信有限公司研究院项目经理,主要研究方向为新一代无线接入网络架构和协议设计、未来互联网安全研究、5G 安全研究、边缘计算及下一代 IP 网络架构等。



耿亮(1987—),男,博士,中国移动通信有限公司研究院研究室主任,CCSA TC614 网络 5.0 技术标准推进委员会架构组组长,主要研究方向为新型数通网络架构、未来网络协议、产业互联网网络技术以及 OICT 网络融合技术等。