

化身智能化体系的未来网络如何改变人类社会

陈天骄

摘 要：IP 网络经过 40 年的演进，已经无法跟上信息爆炸、飞速发展的新互联网时代，作为信息技术创新和新型业务应用的基础支撑，网络必须发生深刻的变革。文章认为，我国当下需要追根溯源，吸取传统网络的发展经验；立足今日，加快现有网络的发展步伐；展望未来，探索未来网络的发展方向。在未来网络技术多方向发展、百花齐放的同时，注重与实体经济的深度融合，推进网络核心技术的应用，抓住历史机遇，独立自主地实现网络强国的目标。

关键词：未来网络；互联网+；分散式发展；未来应用；网络强国

作者简介：陈天骄，男，硕士研究生。（北京邮电大学 信息与通信工程学院，北京，100876）

中图分类号：TP393 **文献标识码：**A **文章编号：**1008-6552（2018）04-0007-05

一、计算机网络的发展与挑战

回顾全球计算机网络的历史和现状，可以将计算机网络的发展分为：理论发展期、单体发展期、标准发展期、互联发展期和高速发展期。

（一）理论发展期

上世纪 60 年代，在学术界出现了计算机网络的理论雏形。1961 年，麻省理工学院的 J. C. R. Licklider 和 W. Clark 发表了第一篇关于包交换的论文，三年后，兰德公司的 Paul Baran 发表了论文《论分布式通信网络》，学界开始出现了分布式通信行为的网络概念。在计算机出现的十几年后，人们就已经开始意识到计算机网络将会给高效通信带来重大机遇。从此，计算机网络的研究走入了人们的视野。

（二）单体发展期

单体计算机网络是单个计算机以多个设备终端相连进行通信的网络。当时，在美国出现了拥有两千多个终端的飞机订票系统。和其他很多技术一样，计算机网络的技术很快就被应用到了军事方面。1969 年，美国国防部创建了世界上首个分组交换网 ARPANET，但这只是一个独立的分组交换网，想使用 ARPANET 的用户必须直接与它的交换机相连，这就很难满足大量的通信需求，所以计算机网络不得不很快进入到了互联发展期。

（三）互联发展期

到了上世纪 70 年代，多种网络的互连技术开始出现，由此诞生了互连网。在 1983 年，ARPANET 将 TCP/IP 协议作为标准协议，使得所有使用 TCP/IP 协议的计算机都可以加入互连网并实现通信，所以人们也将这一年作为因特网（Internet）的诞生元年。^[1]1985 年，美国国家科学基金会 NSF 开始建立国家科学基金网 NSFNET，围绕六个大型计算机，一个覆盖了全美主要大学和研究所的三级计算机网络诞生了。以此为先例，世界上的各个公司和用户纷纷接入 Internet，开启了 Internet 的大互联时代。

（四）标准发展期

在大互联的时代，新的网络技术井喷式出现。为使不同的网络技术能够兼容，1992 年美国成立了 Internet 协会（ISOC）来制定行业标准。Internet 协会将互联网标准以 RFC 文件的形式公开发表，面向全球所有厂商征求意见与建议，整个过程透明且公正，这一形式极大地促进了 Internet 的发展。

（五）高速发展期

互联思想的诞生和标准化流程的制定，都为计算机网络的高速发展奠定了坚实的基础。根据美国

互联网及新技术风险投资人 Mary Meeker 在 2017 年 5 月发布的《2017 Internet Trends》报告,全球互联网用户数已超过 34 亿人,互联网全球渗透率达到 46%。^[2]在当今的信息社会,计算机网络已渗透到了人类社会的方方面面,在科技、军事、经济、社交、日常生活等方面都扮演着极其重要的角色,它正在推动着人类社会的前进。计算机网络作为新时代的基础设施,为各种网络应用提供了广阔的平台,从最开始的电子邮件、网站检索到当今的虚拟现实、电子商务、游戏、物联网和工业互联网,网络技术与网络技术相辅相成,共同高速地发展着。

从上世纪 60 年代到现在,Internet 经过七十多年的发展和完善,已与社会各领域作了深度融合,各领域高速发展的同时,也产生了许多现有计算机网络难以支持的新需求,现有的计算机网络架构面临着极大的挑战。

(1) 可扩展问题。随着计算机网络的迅速发展,因特网逐渐形成多层次的 ISP 结构,成为世界上规模最大的网络,且依然以指数级的速度增长着。Internet 中的租户和业务数目不断增长,业务应用对网络的要求也越来越高,但网络中使用的架构和协议相对越来越僵化,只能不断地增加协议的修补和提高设备的性能,来满足新的需求,现有网络的庞大规模制约了新协议的部署,新构架的采用也需要全球多个利益相关的运营商一起达成共识,因此当前对网络架构的创新仅限于在传统架构上的“修补”,这使得新的网络应用的部署变得越来越困难,大规模的网络实验也越来越容易出错。

(2) 服务质量保证问题。服务多样化已成为当今网络应用的主潮流,社交网站、视频网站和 AR/VR 应用等新媒体都要求大量的互联网流量的服务。以视频服务为例,根据思科 VNI 预测,到 2020 年,视频将占总 IP 流量的 82%,视频服务如 UHD、4K/8K 视频业务正在不断演进,导致视频服务面临着电视使用率和广播使用不断减少、联网设备使用率和流传输不断增加的现状。^[3]面对新媒体的大流量、低时延的服务,网络怎样保证服务质量是一个巨大的挑战。

(3) 可控和安全问题。当今网络采用的是 TCP/IP 的分布式架构,即使有一些网管系统的出现,还是难以做到网络状态的全局感知和网络资源的全局掌控及分配。同时,服务质量的保证也要求着通过网络的控制来进行流量的调度、故障的检测、业务优先级的划分、资源的分配。安全问题也是当前网络面临的一个重大挑战,现有网络架构的主要目的是实现互联的稳定性和信息共享的时效性,即使出现了防火墙等一系列安全措施,在很大程度上仍不能阻止黑客的入侵。仅在 2017 年,“58 同城”全国简历泄露,印度麦当劳约 220 万名用户的收据泄露,美国邓白氏(Dun&Bradstreet)公司的涉及军事人员信息的 52G 的数据库遭泄露。全球范围内网络安全危机事件给各国的国家安全、经济等方面都带来了巨大的损失,网络安全问题亟待有效的解决。

纵观网络的发展历程,面对这些严峻的挑战,为了适应网络中的新需求,解决网络发展中的新问题,未来网络的概念被提出来。各个国家也纷纷投入了未来网络的研究,如美国 GENI、欧盟 FIRE、德国 G-LAB、中国 CENI、澳大利亚 NICTA、日本 JGN2plus 和韩国 K-GENI,各大互联网跨国企业如谷歌、Facebook 等也建立了自己的骨干网来支持自己的新业务。可以断言,计算机网络的发展已进入未来网络发展的新阶段。

二、百花齐放的未来网络

未来网络从来不是指一个特定的网络,而是一系列分散式发展的网络新型架构和技术的统称。没有一个网络架构可以解决所有的业务需求,面对当今社会服务需求的多样化,网络的发展也会针对不同需求向着不同的分支发展,多种异构型的网络架构和技术将继续互连互融,不断地为未来网络的发展添砖加瓦,最终形成未来网络百花齐放的局面。

在业界,对于未来网络的发展一般有两种思路:一是渐进式发展,二是革命式发展。渐进式发展的核心是修补策略,通过“打补丁”的形式来完善现有网络架构中的问题,具体做法是基于现有网络的基础,升级现有的设备和网络协议,或者采用新的计算机技术进行决策,如大数据和人工智能。渐进式的发展避免了大量更换基础设备,同时也能很好地解决现有网络中的一些问题,但是这些技术手段并不能提供全面的解决方案。

革命式发展的主旨是用全新的架构来解决网络的问题。这种发展是抛弃现有的网络架构和协议，重新设计网络架构和协议，从根本上解决 IP 网络在可扩展性、服务质量、可控和安全等方面的问题。

现有的未来网络研究在上述两种发展方式上都有了较多成果。有很多成果已投入工业界使用，同时也有一些研究在推广落地时遇到了较多阻力，互联网时代的技术更迭是日新月异的，不管最终某项技术成功与否，它都将成为未来网络研究前进的“奠基石”。本文以下列举了未来网络研究的部分重点，从中可以看到各项新兴技术都可能带来极大的创新和收益。

（一）网络虚拟化

在未来网络的大背景下，网络虚拟化技术最初作为研究和实验的灵活平台被提出来，这个平台可以促进技术的多样性，然后慢慢演进，最终能够克服所谓的互联网的僵化问题，并成为下一代互联网的关键组成部分。由于网络虚拟化越来越被重视，所以在未来很长的一段时间内，它会被部署进各种场景内。网络虚拟化可以在公共的底层物理基础设施上，划分许多个相互隔离的网络，可以为不同运营商实现不同业务场景提供一系列新的可能性。

网络虚拟化被认为将弥补信息技术和网络领域的差距，潜在地推动信息技术和网络领域的深刻变化。另外，云计算和网络虚拟化的结合促成了数据中心的出现，为运营商开辟了巨大的机会。^[4]

（二）云计算和边缘计算

云计算是一种计算模型，它提供按需提供的设施，并通过互联网共享资源。云计算技术维护一个可以动态分配的资源共享池，从而减少软硬件的管理成本，提供高计算能力和高性能，保障资源的可访问性和可持续性。云计算技术可以提供强大的处理能力和大量的资源，使在诸如基站和网关之类地方的高容量通用服务器上部署虚拟机变得更加容易。

云计算技术的产生使得按需提供计算资源和存储资源成为可能，大大增加了网络和服务部署的灵活性和可扩展性。移动边缘计算（MEC）的概念是云计算能力到移动网络边缘的延伸，移动边缘网络集成了云计算能力，为部署和管理业务提供了有效的方案。^[5]移动边缘计算在移动网络边缘、无线接入网络（RAN）内以及移动用户附近，提供 IT 服务环境和云计算功能，其目标是减少延迟，确保高效的网络操作和服务交付，并改进用户体验。MEC 的环境具有低延时，近距离、高带宽以及实时洞察无线网络信息和位置感知的特点。MEC 服务器的容量相对于大规模数据中心来说较小，不能提供大规模数据中心带来的可靠性优势，因此结合云技术来引入云化的软件架构，将软件功能按照不同能力属性分层解耦地部署，可以在有限资源下实现可靠性、灵活性和高性能的要求。

（三）软件定义网络

从传统的网络架构看，当出现一种全新业务的时候，就只有生产出一种全新的交换机来面向此业务，但这样就导致资源利用率十分低下。而从未来网络的发展层面看，因特网的形式已然固化，决定了无论是发展因特网的物理设施，还是发展因特网的相关协议和性能，都是相当困难与缓慢的。基于此，SDN 技术应运而生。SDN 技术的基本思想是将转发层面与控制层面分离。转发层面为物理网络设备，如 SDN 交换机和路由器或者虚拟的设备如 Open vSwitch 等。控制层面为 SDN 控制器，通过在控制器上开发应用程序来控制底层的物理或虚拟设备，从而可以针对不同的业务开发不同的程序。SDN 的集中控制的架构，使新业务的部署不再依赖于底层物理设备的更新，并且控制权可以开放给用户，能够根据相应的业务需求，来改变网络自身的规则和性能。同时，集中控制可以监控全局网络的网络状态，可以通过数据分析迅速高效地进行流量调度、资源划分和故障检测和安全防护。SDN 使得网络具有了灵活性和多样性，使网络能够适应互联网时代大量多重的业务需求，这是传统网络难以做到的。

（四）信息中心网络

在 2016 年仅视频类流量就占据所有 IP 流量的 86%^①，与内容获取相关的流量所占的比例将越来越大。随着互联网上层业务的发展，与内容有关的流量将继续增加。为了面对这一挑战，学术界与产业

① 参见：http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.html

界从网络体系架构的角度上,提出应该将现有网络体系架构从面向主机之间端对端连接,转变为面向内容获取的模式。这其中最有影响力的就是信息中心网络(ICN),ICN采用以信息为中心的网络通信模型,摒弃了传统的以IP为细腰的协议栈结构,采用以信息名字为核心的协议栈,即信息名字作为网络传输的标识,而不采用IP地址或仅将其作为底层的本地化传输标识。

(五) 自运营网络

自运营网络指的是让网络自主高效的运营。现在的网络规模越来越大,硬件设备和网络数据的数量都是十分庞大的,这会导致当故障出现时,工程师难以快速精确地找到故障点,同时对正确性的检测也十分困难。为了解决这些问题,解放人类双手的自运营网络由此诞生。其中较著名的是思科公司(Cisco)提出的基于意图的网络(IBN),它代表了一种管理网络的新方法,它使用特殊的软件来实现网络变更的自动规划、设计和实施,从而提高其可用性和灵活性。IBN的主要思想是用户告诉网络一个“意图”,而不去具体做一些网络配置。在理想状态下,网络根据用户的意图,找出需要采取什么行动来实现它。而这个决策过程就可以用人工智能来实现,人工智能使IBN能够降低网络策略管理和维护的复杂性,并简化网络服务的部署,它使IBN能够分析数据,从数据中提取信息并自动从中学习,而不需要明确编程。学习能力允许算法对数据进行预测,随着更多的数据提供,一个学习过程变得更好,随后导致更好的预测。随着人工智能各种算法的发展,我们可以使用这些算法作实时决策,在整个决策过程中不再有人的参与。

三、未来网络改变人类社会

面对爆炸式增长的业务需求,未来网络在学术界和工业界蓬勃地发展着,成为了战略性新兴产业的重要方向。现在,未来网络在经济、国防、媒体、社交、医疗、工业、教育等领域开始崭露头角,进一步推进着互联网与各领域的融合。结合现有的科技成果和发展方向,可以展望未来网络将给人类社会带来如下改变:

(一) 迅速的信息传播

低时延是很多应用的一个重要需求,它直接影响到了任务的执行效率和用户的体验,所以未来网络必将是一个低时延的网络,它能使虚拟现实、物联网、车联网、视频直播、远程医疗、金融交易等技术的发展更加迅速,真正实现信息的快速共享。

(二) 注重内容的网络

如今,流媒体流量占据着网络流量主导地位,且用户关注的不再是信息从哪来,而是信息的内容本身。传统IP网络根据IP地址进行分组转发,必须解析到目的主机才能够实现通信,对重复的请求很难做到请求合并,组播方案的实现比较复杂。所以需要将关注的重点从现有网络的“在哪里”转移到“是什么”,即用户和应用关注的内容,以内容/服务为中心的网络体系可以很好地解决这一问题。而ICN网络采用信息命名路由,减少了冗余流量的产生。ICN在路由中添加了缓存功能,使得转发机制从传统的存储转发变为缓存转发,从而有效地提高转发效率。

(三) AR/VR 的盛行

AR/VR对网络的要求是更大的容量、更低的延迟和更好的网络均匀性,这是未来网络重要的研究目标。可以预见,有了未来网络作为基础,AR/VR才能向大众普及,体验感、场地局限等都可以得到改善,斯皮尔伯格导演的电影《头号玩家》中的赛车场景将不再是一种幻想。

(四) 唾手可及的计算资源

在数码信息时代,计算并不局限于类似计算器的数字运算,而是渗透到了我们互联网生活的方方面面,从高清视频的编解码,图像的PS,到大型游戏的运行都需要高效强劲的运算能力,在硬件设备微型化、便携化的今天,往往需要将这些计算放到网络中完成,云计算、边缘计算和数据中心的出现,使计算资源唾手可及。在未来,只要携带一台轻便的终端设备,连上网络,就可随时随地地使用需要大量计算的应用程序。

（五）高效的远程医疗

面对当今世界相对匮乏的医疗资源，远程医疗进入了人们的视野，现已出现了大量在线诊断的实例，但远程医疗至今还未解决手术的难题。手术的特点是高精密、容错率小，若想通过互联网连接机械手臂进行手术操作，就要求视频回传时延足够小，操作指令的下达足够迅速。通过未来网络的支持，患者在当地就可以获得相应领域的全世界顶尖医生、专家的治疗，相关产业在经济、效率方面都可获得巨大的收益。

（六）可靠的金融管理

比特币等虚拟货币的惊人估值博得了几乎所有人的眼球，但区块链技术可能给金融业带来更巨大、更有意义的影响。区块链解决的是一个信任的问题，使用分布式数据存储、共识机制、加密算法等，以密码学方式保证生成不可伪造的分布式账本，这种高容错、不可篡改的特点会给金融模式带来巨大的改变。

（七）随时随地的互联网接入

随着各种设备终端的出现，未来网络会是一个超大互联的网络，电脑、手机和平板设备自不必说，往后生活中的任何一样实物，如水杯、窗帘、衣物，都有可能连入互联网，真正迎来万物互联的时代。

（八）网络推动智能化

人工智能技术已大量地运用到了包括网络在内的各个领域，那么未来网络能为人工智能提供什么？现在，越来越多的技术采用人工智能进行实时的决策，或者利用人工智能处理海量的数据，这些都要求大量的 CPU、GPU 的计算能力，未来网络中的数据中心、云计算、雾计算、边缘计算等技术都在助力人工智能技术的广泛应用。

四、我国紧抓发展未来网络的新浪潮

我国对未来网络的研究也在如火如荼地进行。2009 年，中国工程院与中国国家自然科学基金委员会联合启动了“面向 2030 年中国工程科技中长期发展战略研究”项目，在刘韵洁院士的提议下，设立了有关未来网络的研究咨询课题。2010 年，李国杰、刘韵洁两位院士联合向国家发改委提议立项未来网络试验设施 CENI 项目。2013 年，首个未来网络小规模试验设施在南京未来网络谷成立，2016 年，国家发改委正式批复国家重大科技基础设施建设项目未来网络试验设施（CENI）项目建议书，整个网络基础设施将覆盖全国 40 个城市，一百三十余个边缘网络，将为未来网络相关的学术和产业界研究提供最有力的支撑。

世界各国都在大力发展未来网络，中国也必须把握住这一新的浪潮，成为未来网络的主导者之一。在互联网的发展初期，由于部分西方国家对中国的限制，中国互联网仅在接入方面就经历了非常艰难的过程，所以在当前的发展阶段，中国必须独立自主地研究和搭建未来网络，把发展权牢牢地掌握在自己手里，突破外国的技术封锁，真正实现网络强国的目标。

参考文献：

- [1] 谢希仁. 计算机网络（第六版）[M]. 北京：电子工业出版社，2013.
- [2] Mary Meeker. Internet Trends Report2018 [EB/OL]. Kleiner Perkins, <http://www.kpcb.com/internet-trends>, 2017-05.
- [3] 未来网络创新研究院等. 全球未来网络发展白皮书 [R]. 第二届全球未来网络发展峰会组委会，2018-5.
- [4] Carapinha J, Feil P, Weissmann P, et al. Network Virtualization—Opportunities and Challenges for Operators. *Lecture Notes in Computer Science*, 2010 (6369): 138–147.
- [5] ETSI M. Mobile Edge Computing (MEC); *Framework and reference architecture*. ETSI, DGS MEC, 2016 (3).