

中兴通讯技术

简讯

ZTE TECHNOLOGIES

2021年11月/第11期
准印证号：(粤B)L011030048

内部资料
免费交流

专题：5G-Advanced核心网

14 ODICT融合5G-Advanced核心网



5G-A

VIP访谈

04 白俄罗斯：推动后疫情时代
数字化发展

视点

07 5G-Advanced新生长，新范式
10 5G核心网演进思考



扫码体验移动阅读



第25卷/第11期 总第398期

中兴通讯技术 (简讯)
ZHONG XING TONG XUN JI SHU (JIAN XUN)
月刊 (1996年创刊)
中兴通讯股份有限公司主办

《中兴通讯技术 (简讯)》顾问委员会

主任: 刘健
副主任: 孙方平 俞义方 张万春 朱永兴
顾问: 柏钢 陈新宇 方晖 刘金龙
陆平 洪功存 衡云军 王强

《中兴通讯技术 (简讯)》编辑委员会

主任: 林晓东
副主任: 黄新明
编委: 陈宗琮 丁翔 胡俊劼 黄新明
刘群 刘爽 林晓东 马金
王全 杨兆江

《中兴通讯技术 (简讯)》编辑部

总编: 林晓东
常务副总编: 黄新明
编辑部主任: 刘杨
执行主编: 方丽
发行: 王萍萍

主办单位: 中兴通讯技术杂志社
编辑: 《中兴通讯技术 (简讯)》编辑部
发行范围: 国内业务相关单位
印数: 10000本
地址: 深圳市科技南路55号
邮编: 518057
发行部电话: 0551-65533356
网址: <http://www.zte.com.cn>

设计: 深圳市奥尔美广告有限公司
印刷: 深圳市旺盈彩盒纸品有限公司
印刷日期: 2021年11月25日



陈新宇
中兴通讯副总裁、云核心网产品总经理

ODICT融合，赋能5G-Advanced核心网

5G网络是一个多技术融合的全业务网络，首次实现了人、物相互间的全方位连接。5G核心网是5G网络的核心，引入了全新的特性：NFV/SDN、SBA实现了动态服务化网络；切片使得一张网服务于千行百业成为可能；NWDAF推开了网络智能化大门。5G核心网为5G技术进入千行百业、改变社会起到了重要作用。

新技术的发展和新业务的碎片化需求，对网络提出了更高的要求，驱动5G网络向5G-Advanced进一步演进。

技术融合一直是驱动移动网络演进的核心动力。CT技术在2G/3G独领风骚，话音业务及增值业务繁荣发展；4G随着IT技术的引入，核心网全IP化提供高速移动宽带业务；5G ICT进一步融合，云化、大数据为网络注入自动化、智能化基因。5G-Advanced核心网以ODICT (Operation/Data/Information/Communication Technology) 多技术融合为基础，以提供2C、2B、2H全业务、全场景应用为目标，形成精准、智能、算力、极简的可信网络。具体来说，与OT技术融合，实现容量、带宽、时延、抖动精准可控的确定性网络；与IT技术融合，实现云网融合、算网一体的算力网络；与DT融合，实现网络自适应、自感知、自运维的智能网络；安全内生架构实现网络、数据、用户全方位的可信网络。

中兴通讯核心网产品广泛部署于全球110多个国家，服务16亿以上用户，5G核心网已在超过25个行业300多个项目中获得实践应用。我们倡导ODICT融合5G-Advanced核心网，期待产业界共同参与，不断拓展应用场景，使能5G网络价值最大化，同时为6G网络做好准备。

目次

中兴通讯技术（简讯）2021年第11期



A1白俄罗斯： 推动后疫情时代数字化发展

2020年，A1白俄罗斯在测试模式下启动了白俄罗斯第一个5G SA网络，并基于该网络，完成了独立地区首个5G VoNR通话。A1白俄罗斯公司技术副总经理Christian Laque向我们分享了他对疫情带给电信行业影响的见解，并讨论了5G的主要趋势。

VIP访谈

04 A1白俄罗斯：推动后疫情时代数字化发展 /Veronica Karliukevich

视点

07 5G-Advanced新生长，新范式 /王欣晖

10 5G核心网演进思考 /王卫斌，郭雪峰

专题：5G-Advanced核心网

14 ODICT融合5G-Advanced核心网 /周建锋

18 确定性网络，精准赋能工业互联网 /郑兴明

20 算网一体化，释放网络新价值 /毛磊

22 5G-Advanced核心网智能化演进 /牛娇红

24 面向差异化业务连续性需求的增强移动性管理
/郭雪峰

26 SRv6技术的优势及在5G-Advanced核心网的应用
/宋杰

29 泛在服务感知的IP技术演进 /郭勇，谭斌，黄兵

32 构建5G可信网络内生安全体系 /杨春建



成功故事

34 5G+确定性智能电网应用 /张强

36 中兴通讯助力广东联通新技术验证：融合SRv6及切片的Inband OAM
/郑颖

38 NQI-KPI质差分析工具助力大连联通网络质量提升
/沈远

解决方案

40 中兴通讯积极践行CSF框架，全面护航客户网络安全
/曹鲲鹏

喜报！中兴通讯荣获国家科学技术进步二等奖

11月3日，2020年度国家科学技术进步奖在北京揭晓，中兴通讯股份有限公司牵头的《宽带移动通信有源数字室内覆盖QCell关键技术及产业化应用》荣获2020年度国家科学技术进步二等奖。此次获奖，不仅是对中兴通讯5G技术创新的再度认可，更是对中兴通讯长期以来坚持自主创新，保持技术领先，推进产业化应用的再次肯定。

此次获奖的QCell关键技术，是中兴通讯研发团队坚持自主创新，以“产-学-研-用”相结合，推出的全球第一个以太网有源数字分布式基站系统。该技术累计推出硬件型号112款，创造了6项技术世界第一，引领了室内移动通信从无源向有源数字的跨越式技术进步。

中兴通讯荣获2021拉姆·查兰管理实践奖全场大奖

11月3日，《哈佛商业评论》中国年会·2021&“拉姆·查兰管理实践奖”颁奖典礼线上举办。中兴通讯的数字化转型实践《提升交易效率，降低交易成本—中兴通讯数字化转型之路》荣获2021拉姆·查兰管理实践奖全场大奖。

“拉姆·查兰管理实践奖”是《哈佛商业评论》中文版与世界著名管理咨询大师拉姆·查兰先生在2017年推出的非营利管理奖项，代表着中国管理实践的至高荣誉。该奖项由北大、清华、人大等多位商学院院长或战略管理学专家组成评委会，从行业引领性、商业管理有效性、商业运行可持续性、商业可借鉴性、商业领导者的领导力等五个方面进行评选，旨在表彰具有创新和借鉴贡献的企业高

管，搭建学习管理实践经验的平台。

北京大学光华管理学院组织与战略管理系刘学教授点评称，中兴通讯的数字化转型实践，既有深度的理论思考，又有关键的操作细节。对企业数字化转型寻找关键的突破口，有效管理转型过程，控制转型风险，都有很强的指导意义，具有非常高的引领性、借鉴性、可持续性，成效显著，并表现出非常高的领导力。



中兴通讯荣获世界宽带论坛“年度家庭客户体验方案”奖

10月13日，2021年世界宽带论坛BBWF (Broadband World Forum) 颁奖晚会在阿姆斯特丹举行，中兴通讯云化机顶盒 (vSTB) 方案荣获“年度家庭客户体验方案”奖。

中兴通讯召开2021年度全球分析师大会

10月25日，以“筑路数字经济，让沟通与信任无处不在”为主题的中兴通讯2021年度全球分析师大会在线上开幕，中兴通讯与全球逾百名行业分析师、财经分析师及媒体在云端相聚，共同前瞻数字经济，共谋产业发展与生态建设。此次大会分3天举行，共涉及四大话题：中兴通讯整体战略、通信网络发展、绿色低碳发展及数字化转型。

中兴通讯亮相2021中国移动全球合作伙伴大会

11月1日，2021中国移动全球合作伙伴大会在广州盛大开幕，中兴通讯以“数动能 智生长”为主题参展，展示在“新一体化无线覆盖”“新IP全光智能管控”“新云网边数智融合”“新绿色节能赋能”等方面的思考与成果。

中兴通讯作为中国移动的战略合作伙伴，助力中国移动全面开启5G规模应用发展之路，赋能各行业数智化转型升级，共同开启数智化新时代。

中兴通讯前三季度实现营收838.3亿元 净利58.5亿元

10月25日,中兴通讯发布2021年第三季度报告。

报告内容显示,2021年1—9月,中兴通讯实现营业收入838.3亿元,同比增长13.1%;归属于上市公司普通股股东的净利润58.5亿元,同比增长115.8%;归属于上市公司普通股股东的扣除非经常性损益的净利润33.4亿元,同比增长130.9%;基本每股收益为1.26元。

2021年7—9月,公司单季度实现营业收入307.5亿元,为近三年最高,同比增长14.2%,环比增长14.6%,其中运营商网络营业收入环比增长约25%。2021年7—9月,公司单季度归属于上市公司普通股股东的净利润17.7亿元,同比增长107.6%,单季度归属于上市公司普通股股东的扣除非经常性损益的净利润12.3亿元,同比增长125.4%。

中兴通讯致力于不断优化成本结构,毛利率持续改善。2021年1—9月,公司毛利率同比提升4.7个百分点至36.8%;其中,2021年7—9月,公司单季度毛利率达38.0%。

中兴通讯持续加强现金流管理,2021年1—9月,公司经营活动产生的现金流量净额为111.7亿元,同比增长188.7%,创历史新高。

中兴通讯坚持研发投入,不断强化核心竞争力,推动市场份额提升,2021年前三季度,公司研发投入达141.7亿元,占营业收入比例为16.9%。

2021年前三季度,中兴通讯践行

“数字经济筑路者”的自身定位,把握数智化转型的机遇,深度参与国内5G规模建设,持续优化海外主流产品、主流市场格局,同时通过积极创新,在政企业务、消费者业务以及以汽车电子为代表的新业务上不断发力,持续输出自己的原子能力,为客户提供完整的云、网、端产品和解决方案,实现从CT到ICT企业的全面转型。前三季度,公司国内、国际两大市场,三大业务(运营商网络、政企业务、消费者业务)均保持了良好增长态势。

运营商网络方面,在国内市场上,公司将致力于实现从主流供应商向核心供应商的转变,从产品创新、敏捷研发、高效交付等方面持续提升自身能力。在下半年陆续公布的运营商规模集采项目中,中兴通讯高端路由器、高端交换机、服务器及存储等产品取得较好进展,5G无线、核心网、承载等关键产品市场份额持续提升。海外市场借助4G现代化改造、5G新建、固网的光纤化转型、承载网升级以及家庭宽带产品升级换代等市场机会,持续进行优势产品的格局优化,实现健康经营。

政企业务方面,公司持续加大在市场营销、渠道和方案等方面的投入,通过“一基两翼”的数字化能力,携手客户和行业合作伙伴,为千行百业赋能。中兴通讯服务器及存储产品2021年前三季度营业收入同比翻番,已规模进入金融、互联网、能源等行业的头部公司;GoldenDB分布式

数据库,获评国产分布式数据库金融行业第一品牌,在大型商业银行核心系统商用稳定运行超过三年,并向其他行业领域进行拓展。

消费者业务方面,中兴通讯在品牌、产品、渠道等方面持续发力,以系列化多形态5G终端全面布局,持续推动个人、家庭及行业5G创新应用落地。2021年前三季度,手机、家庭信息终端营收保持同比快速增长,其中手机营收同比增长约40%,家庭信息终端营收同比增长约90%。全新一代屏下摄像手机Axon 30全球首发,引领屏下摄像技术的更新迭代;三主摄四阵列影像旗舰Axon 30 Ultra,率先推出融合计算摄影。5G移动互联产品销售已突破30个国家和地区。此外,凭借深厚的技术沉淀与创新能力,公司终端在5G射频、终端人机交互、计算摄影、V2X云控平台等前沿技术方面也不断取得突破,进一步推进终端“1+2+N”生态体系的实现。

中兴通讯积极拓展新市场、新机会,通过布局汽车电子和企业数字化等创新业务,为公司下一战略期增长探索新的路径。

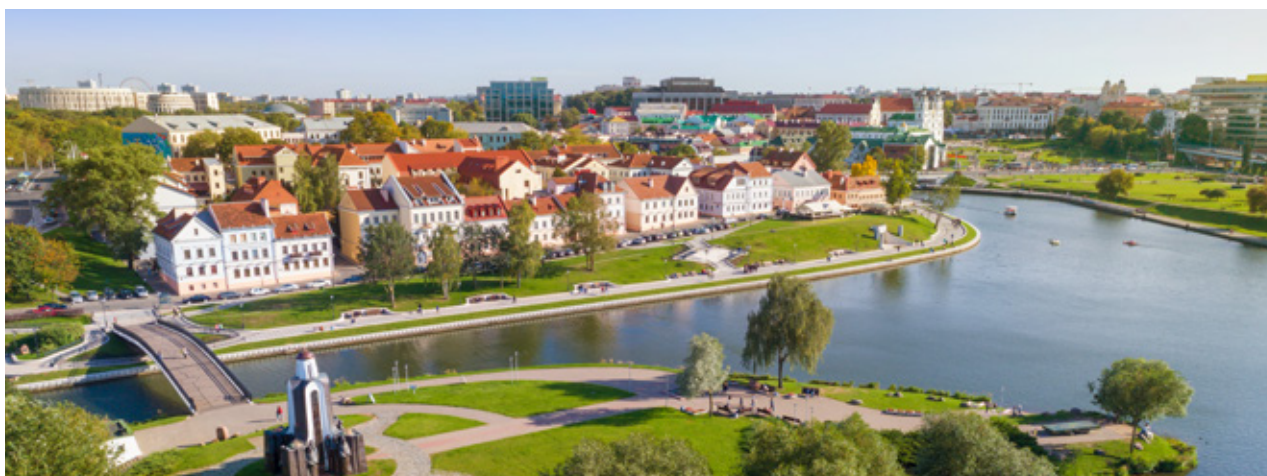
面向未来,中兴通讯将继续践行固本拓新有质量增长的发展理念,在保持核心业务稳定增长的同时,通过持续创新,不断扩展业务边界,坚定推进数字化转型,实现运营效率和组织韧性全面提升。公司也将坚持开放共赢,依托自身在连接和算力领域深厚的产品技术与平台能力,携同产业链合作伙伴,助力行业和数字经济发展。

A1白俄罗斯： 推动后疫情时代数字化发展

采编 Veronica Karliukevich



A1白俄罗斯公司技术副总经理
Christian Laque



A1白俄罗斯是白俄罗斯最大的私有电信、信息和通信技术（ICT）和内容服务提供商。2020年，A1白俄罗斯在测试模式下启动了白俄罗斯第一个5G SA网络，并基于该网络，完成了独联体地区首个5G VoNR通话。A1白俄罗斯公司技术副总经理Christian Laque向我们分享了他对疫情带给电信行业影响的见解，并讨论了5G的主要趋势。

您如何看待后疫情时代电信业的新常态？

一切都在向线上转移。原本这是一个逐步发展的过程，新冠疫情的爆发促使人们向数字化世界跃进，数字化浪潮正在席卷每一个人。在线学习、远程工作、在线会议——这些都是新常态。这些改变并没有给我们准备的时间，几乎是立刻就发生了。作为电信运营商，我们如何应对？这个新的工作和生活模式产生了海量的数据，对网络可用性和性能的要求比以往任何时候都要强烈。

幸运的是，我们的通信网络，不管是移动网络还是固定网络，都能应对这一挑战。例如，我们提供不间断的网络和服务支撑，使客户能够

保持在线，并在在线环境中做他们之前做的事情。在后疫情时代，我们需要做得更多，走得更远。所以，新常态真的上线了。通常需要数年的市场培育时间，而这一切几乎就在一瞬间完成了，是由没有人能预料到的、人们做梦也想不到的事情推动的。我们很高兴能抓住这一机遇，虽然这是一项艰难的变革，但它确实帮助我们向前发展。

网络基础设施的哪些方面需要进一步发展？

我们看到网络数据呈指数级增长，应对数据不断增长的一个关键点是光纤——光纤到用户、光纤到基站，同时我们还需要一个高可靠的网

络。因此，我们要利用当前拥有的所有技术能力，达到网络所需的鲁棒性，这意味着摆脱传统，进入新世界。作为电信运营商，我们真的必须利用这股浪潮，与我们的合作伙伴一起，为客户带来高容量、高带宽、低时延、高可用性、健壮的网络。这是实现所有在线应用和数字化的关键所在。

在白俄罗斯，IT产业非常发达。5G赋能传统行业将成为电信运营商新的增长引擎。您对5G ToB业务有何看法？

作为个人，我们所做的就是走进网络世界。而企业则以另一种方式拥抱线上世界。IT行业和电信行业正在共同成为解决方案提供商。创新正在加速，合作才是至关重要的。物联网将颠覆企业传统的运作方式。你看这次疫情，疫苗在10个月之内就研发完成，而不是10年，只有通过数字方式才能支持这一过程。

数字化也在进入其他领域。比如巴塞罗那世界移动大会正走向数字化，我们很多人都在参加今年的线上活动。这不是借口，这是一种新的方式，因为我们正在以一种全新的方式将事物连接在一起。电信业和IT这两个以前不同的行业正在联手推动一场全新的浪潮。我很兴奋，很好奇，也很高兴能参与其中，推动整个行业和国家数字化的发展。

在5G时代，您对RAN、核心网、传送网、终端或服务厂商有何期待或建议？

不仅在网络侧，在应用和服务领域，创新越来越快。我真的很期待整个行业在不同的标准层

面、不同的来源层面通力合作，因为只有通力合作才能应对创新的速度。开源是一个关键点。云是一个关键点，我们必须实现网络云化。硬件正在商品化。智能化管理变得关键。我们必须将未来的关键要素——智能化、自动化和数字化整合起来，这正是我期待与中兴通讯这样的合作伙伴合作的方向。

您如何看待5G SA在未来几年的发展？

5G是移动网络发展的关键。这是支持许多新功能的新一代技术。5G创造万物互联的世界，连接每一个人，甚至每个设备、每个传感器。正如我已经描述的那样，数字化现在面临的真正挑战是海量接入的传感器和终端对网络能力提出了全新的要求。

5G是为移动应用而生的，它必须与固定网络相结合。对于最终用户和应用而言，必须是无缝的。因此，5G不会是独立存在的，它将与固定接入相融合。这一点很关键。很多应用将更加密集地在移动中使用数据连接，所以无论固定接入方式的业务是怎样的，都需要进一步发展。总之，5G不是一个单独的创新技术，而是需要一系列技术的融合。5G连接海量终端，处理时延的方式至关重要，边缘云是应用的关键。

我所描述的所有这些都只有在更高的自动化水平下才可能实现。需要自治网络来处理网络复杂性，使面向最终用户的应用变得简单。而且，不同于以往的无线技术，5G不仅面向个人业务，更适用于连接以自主方式运行的机器。为此，我们需要自治能力，所有级别的资源调配也必须自动化。

这是摆在我们面前的美好未来。让我们摆脱传统，尽快步入5G，同时我们提出频谱重耕利用，让终端支持5G，为急剧增长的需求做好准备。ZTE中兴

5G-Advanced

新生长，新范式



王欣晖
中兴通讯副总裁

5G-Advanced是5G的持续创新，是在5G所提出的eMBB、URLLC、mMTC等三大典型运用场景基础上，基于全球5G商用部署和赋能垂直行业的实践，以聚焦问题、创造价值为核心，秉承“找差距，应需求，增价值”的新生长范式进行的演进。

中国5G商用两年来，在国家“新基建”战略的推动下，在产业界各方共同努力下，5G网络在建设速度和规模上都取得了全球瞩目的成绩。截至2021年10月中旬，我国建成5G基站115.9万个，占全球的70%以上，5G终端连接数达4.5亿，占全球80%以上。在5G应用创新方面，为了推动经济社会数字化、网络化、智能化转型升级，打造5G创新应用体系，工业和信息化部会同九部委联合发布的“5G应用扬帆行动计划”，面向信息消费、实体经济、民生服务三大领域，重点推进5G在工业互联网、车联网、物流、港口、采矿、电力等15个行业的深度应用，加快重点行业数字化转型进程。

与此同时，5G通信标准也在不断迭代演进。

3GPP在2019年发布第一个5G NR标准版本（Rel-15）后，陆续推出了Rel-16/Rel-17两个版本，在优化eMBB等传统业务的同时也对垂直行业的应用和支撑进行了一定的探索。随着今年5G-Advanced演进路线的正式确定，全球5G技术和标准发展将从Rel-18开始进入新历史阶段。

5G-Advanced是5G的持续创新，是在5G所提出的eMBB、URLLC、mMTC等三大典型运用场景基础上，基于全球5G商用部署和赋能垂直行业的实践，以聚焦问题、创造价值为核心，秉承“找差距，应需求，增价值”的新生长范式进行的演进。5G-Advanced将打破eMBB、URLLC、mMTC单一业务模型的局限，进行跨场景多维度融合，通过构建频谱效率、原生AI、上行增强、聚焦行业、智能管理及绿色低碳等6大核心支

柱，达到能力增强（Enhancement）、边界延伸（Extension）和效率提升（Efficiency）的最终目标（见图1）。

性能增强（Enhancement）

考虑到未来在强沉浸、强交互、强控制等领域的场景和性能要求，5G-Advanced阶段将针对价值场景所要求的网络性能做针对性的提升，其中上行将是增强的重点。

传统通信系统中的下行业务需求创造了庞大的移动互联网产业经济，但随着全行业的数字化转型加速，以及以机器视觉为代表的人工智能技术在工业物联网中的大规模应用，上行业务的需求开始逐渐爆发。在5G-Advanced阶段，UL MIMO将得到进一步的增强，更多的天线数、层数，更高阶的调制模式，更先进的波束管理机制及频谱聚合技术等将成为上行速率提升的关键。同时，多UE聚合技术（UE aggregation）为性能持续增强提供了另一种可能性。通过sidelink等

近距离通信技术将属于同一用户的多个UE进行聚合传输可以有效打破当前单UE的功率限制，提高用户综合体验速率。

作为性能增强的重要驱动力，AI在5G-Advanced演进中也将起到关键作用。5G-Advanced系统将是内生AI的系统，AI的理念将在标准制定阶段就融入到整个系统设计中，在核心网、接入网、物理层等各个层面为网络注智赋能。在接入网层面，3GPP将在网络节能、移动性增强及负荷预测等领域率先引入基于AI的增强，同时继续探索其他AI使用场景。在物理层方面，3GPP将先聚焦AI在波束赋型管理、参考信号压缩、定位增强等方向上的运用，研究相应的系统模型及评估方法。

边界延伸（Extension）

面对来自各行各业的爆发式需求，5G的应用边界将进一步扩展。在5G第一阶段中，3GPP已经完成了对eMBB、URLLC、mMTC等典型业务的支持。为了扩展5G的运用场景，考虑到可穿戴设



图1 5G-Advanced新生长，新范式



以5G为首的“新基建”已成为助力行业数智化转型，推动我国数字经济高质量发展的关键力量。而5G-Advanced代表着新的突破与革新，是对5G能力的锻强补弱，更是对6G的承上启下。

备、工业传感器等应用需求，3GPP在Rel-17引入了REDCAP终端，通过削减UE能力来降低成本，以适配不同的行业需求。

在5G-Advanced阶段，3GPP将进一步聚焦来自行业用户的新场景、新需求，进一步延伸5G的运用边界。其中，面向工业物联网的Compact URLLC是研究的重点之一，在实现更低的成本、更长的待机时间的同时，考虑对延迟、吞吐量以及定位等指标的进一步提高。在降低成本方面，REDCAP技术将继续演进以支持更小的带宽（如5MHz），并且在降低成本的同时综合考虑用户对时延、吞吐量的复合型需求。同时，为了延长待机时间，3GPP将对Low power WUS等新节能技术进行进一步的研究和探索。此外，考虑到定位在工业自动化、物流等行业的明确需求，5G-Advanced阶段将对定位做进一步增强，引入基于sidelink的定位技术，并针对低功耗高精度定位等物联网中的实际需求进行定向优化。

效率提升 (Efficiency)

在应用边界不断扩展、性能不断增强的同时，效率提升对5G-Advanced的成功也至关重要，而能源效率、运维效率和频谱效率将是关注的重点。

能源效率方面，核心是网络节能技术、高制成芯片及低碳实践。5G-Advanced阶段，3GPP将

开展基站功耗模型的研究，并针对能耗痛点进行有针对性的优化以提高网络综合能效。

频谱效率方面，全双工（duplex）将是5G-Advanced阶段的研究重点。同时Smart Repeater、RIS等新技术的引进也将进一步提高频段的使用效率。此外，针对运营商拥有众多频谱资源的现状，CA/DC等技术也将持续演进，进一步提高多频谱聚合的效率。

运维效率方面，基于AI算法、大数据智能分析打造的全透明的zero-touch自主运维系统将是网络演进的必然发展方向。通过意图网络、智能编排、弹性网络等技术，自主运维系统能够在满足来自不同垂直行业的多样化客户需求的同时，显著提高运维效率、降低运营支出。

以5G为首的“新基建”已成为助力行业数智化转型，推动我国数字经济高质量发展的关键力量。而5G-Advanced代表着新的突破与革新，是对5G能力的锻强补弱，更是对6G的承上启下。毫无疑问，5G-Advanced的持续演进和成功应用是6G研究的基础和先决条件。中兴通讯作为行业的赋能者、创新业务的实践者和生态建设的贡献者，愿意聆听各方声音，梳理和聚焦典型场景，识别和推动新技术方向的快速演进和落地；将以“网、云、数、智”技术为基座，构筑服务于数字经济人类命运共同体的能力，帮助合作伙伴在产业升级上加速前进。ZTE中兴



王卫斌
中兴通讯CCN产品规划首席科学家



郭雪峰
中兴通讯CCN产品总工

5G核心网演进思考

在5G网络规模部署之际，我们有必要从5G已达成的成果及局限性、6G愿景和关键技术两个维度来探讨5G-Advanced下的核心网发展方向和演进目标，扩大5G成果及应用场景，并为6G的启动和长期愿景打下基础。

5G-Advanced大幕开启

当前，在5G网络建设步入快车道的时候，6G网络研究也在如火如荼地开展，通信业正在以气吞山河之势影响各行业和领域的发展，成为社会和经济发展的急先锋。

然而，通信业的发展不可能一蹴而就，尤其是当前多行业多学科相互交融，通信业需要和更多领域协同发展。毫不夸张地说，5G是一次技术飞跃，无论是无线侧的Massive MIMO、C-RAN、超密集组网、毫米波、带内全双工，还是网络侧的NFV/SDN、SBA（Service-based Architecture）、网络切片、边缘计算等，均具有革命性的技术变革意义。因此5G的研发、部署以及应用也将面临

更大的挑战。当前距离5G愿景还有很大距离，部分技术也面临新的问题和局限性，与行业伙伴的融合还需要更加深入。

可以说，横亘在5G和6G之间，还有相当长的一段路。移动通信是一个迭代发展的过程，5G需要进一步发展成熟，同时需要面向6G做好预研和储备，承前启后、继往开来。

3GPP在4月27日的第46次PCG（项目合作组）会议上正式将5G演进的名称确定为5G-Advanced，在标准上包含R18及其后几个版本。5G-Advanced面向2025，定义新的目标和能力，通过对5G技术的演进和增强，使能5G产生更大的社会和经济价值。

核心网作为移动网络的管理中枢，对网络的接入、安全、连接、交换及路由等多方面起着至

关重要的作用。在5G网络规模部署之际，我们有必要从5G已达成的成果及局限性、6G愿景和关键技术两个维度来探讨5G-Advanced下的核心网发展方向和演进目标，扩大5G成果及应用场景，并为6G的启动和长期愿景打下基础。

从5G现状看5G-Advanced核心网

5G网络仍有诸多局限性和不足，主要体现在以下方面：

- 网络架构仍需演进，实现以用户为中心的随愿网络。如SBA服务化架构还局限在控制面，距离动态弹性网络仍有距离，数据面仍需要研究去中心化架构降低风险等。
- 网络能力仍需加强，以支撑未来工业互联网全方位需求。网络带宽、时延无法满足XR沉浸式的体验及全息通信应用，上行网络带宽及确定性功能局限仍制约着工业互联网应用的发展，移动性管理还不能满足高速业务连续性需求。
- 网络智能任重道远。NWDAF (Network Data Analytics Function)、MDAF (Management Data Analytic Function) 仍主要局限在数据采集及分析，需要深入研究基于数据感知、采集、分析、决策的闭环人工智能技术，实现网络运维运营的自动化、智能化。
- 边、管、云、端需要深度融合及协同发展。

未来网络连接无处不在、算力泛在化及服务化正在成为现实。面向用户及应用，需要研究算网深度融合、协同发展以达到资源效率的最大化以及服务体验的最优化。

- 安全问题日益突出。用户及数据安全比以往更受重视，产品及方案的可信及安全已成为基础需求，而随着工业互联网等更多场景的应用以及更多设备、异构网络的互联，安全形势更加严峻。

5G-Advanced应基于应用场景拓展、5G技术的局限性完善、新技术新能力增强三个层面进行深入研究（见图1）。

应用场景拓展

5G-Advanced将应用场景的拓展与融合放在首要位置。众所周知，5G面向eMBB、mMTC、URLLC三大场景，国内经过2年多的建设，面向C端的eMBB应用已经趋于成熟，然而B端的应用拓展却难尽人意。当初锚定的车联网、工业互联网、XR、智慧城市、远程医疗等行业，在实际落地时，仍面临行业专网、物联网终端与通信网络的协议、组网、标准兼容问题，数据及网络的安全问题，网络运维运营等问题。网络的封装能力、定制化能力、可管可控能力、环境适应能力均存在挑战，在更多的场景距离深度融合还很远。5G-Advanced下，需要在与行业的融

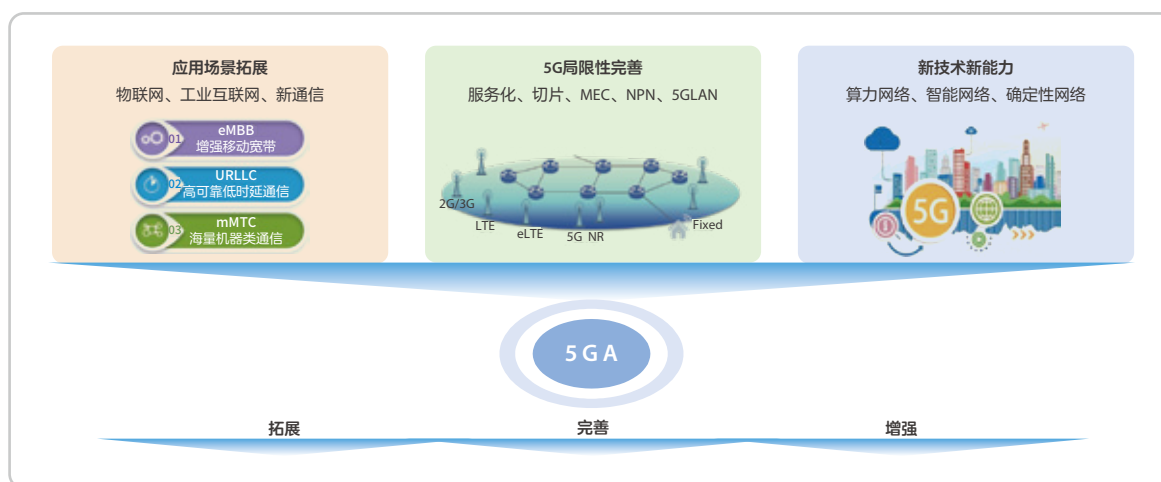


图1 5G-Advanced是5G发展的高级阶段

合、场景研究和拓展上下功夫，真正做到5G使能千行百业。

完善5G已有技术

5G-Advanced应立足于5G当前已有技术，推动其发展成熟，具备规模商用条件。网络切片、NPN（Non-Public Network）、5G LAN是网络赋能行业提供专属定制网络的三大利器，但其成熟度仍难以胜任规模应用。以网络切片为例，当前主要还是在核心网侧，并从控制面、用户面的隔离策略定义了切片分级。未来随着无线接入侧云化、软件化以及可编程技术的发展，切片可扩展到无线侧实现5G网络端到端的切片；其次，切片的自动化、智能化运维运营仍有很大的提升空间，需在标准上推动CSMF、NSMF、多网NSSMF接口标准化及流程贯通，完善NSSF（Network Slice Selection Function）、AMF（Access and Mobility Management Function）、RAN基于TA（Tracking Area）的切片可用性流程，以及切片的精细化运营SLA管控。3GPP R18当前大量提案也正是对已有技术的增强研究，架构上包括UPF以及N2接口的服务化、SM/MM分离以及双注册的完善，行业使能能力上包括NPN、5G LAN、eNS、MEC的能力增强。此外还包括XR新通信的支持、多接入协同，以及智能化内容。

新技术能力增强

5G-Advanced应分析自身能力短板，展开新能力、新技术乃至新架构的研究。高可靠低时延的确定性网络是工业互联网的基础需求，也是5G进入智能制造等领域的必备能力之一，需要5G在高精度时钟同步、确定性的门控、时延，以及TSN策略能力运营上取得突破；随着算力网络的发展，需要研究核心网与算力网络的结合，实现移动网络内算网一体及高效的数据转发和计算。此外随着网络分层解耦、功能服务化、网络切片

等的上线运营，网络智能化势在必行。当前TMF已定义了自动驾驶网络并给出了网络智能化的分级标准，5GA也需要持续探讨智能化在规、建、维、优等各层面的应用和实施。

从6G愿景看5G-Advanced核心网

2021年，IMT2030发布6G总体愿景与潜在关键技术白皮书，提出万物智联、数字孪生作为6G的总体愿景，基于内生AI、数字孪生等关键技术，实现物理世界和虚拟世界的融合，最终服务于人类世界。

2021年9月，IMT2030 6G网络推进会召开，网络推进组发布6G网络架构愿景及关键技术展望白皮书，提出6G网络应具备智慧内生、安全内生、多域融合、算网一体四大特征，包括架构类和能力类12种关键技术，其中架构类技术包括分布式、空天地一体化、智慧内生、安全内生、数字孪生、算力网络；能力类技术包括网络可编程、通信感知网络、确定性通信、数据服务、沉浸多感、语义通信。可以看到大多数技术并不陌生，在5G下已有应用，在5G-Advanced下应促进其阶段性提升，为6G的成熟打下基础（见图2）。也有部分技术当前并未应用或尚处于研究初期，在5G-Advanced下应基于场景和关联技术结合，做好前瞻性的储备和布局。

通信感知一体化

感知在通信领域不是一个新概念，但感知技术、范畴和应用场景将不断拓展，通信感知一体化必然是阶段式发展。数字孪生的终极愿景同样依赖于感知技术，以对物理世界的感知和数字化为前提。对核心网来讲，包括网络、应用相互感知协同以提供高效的数据传输，网络与算力需求和资源感知实现资源效能最大化，与无线侧配合实现终端的高精度位置及应用拓展，与AI协同实

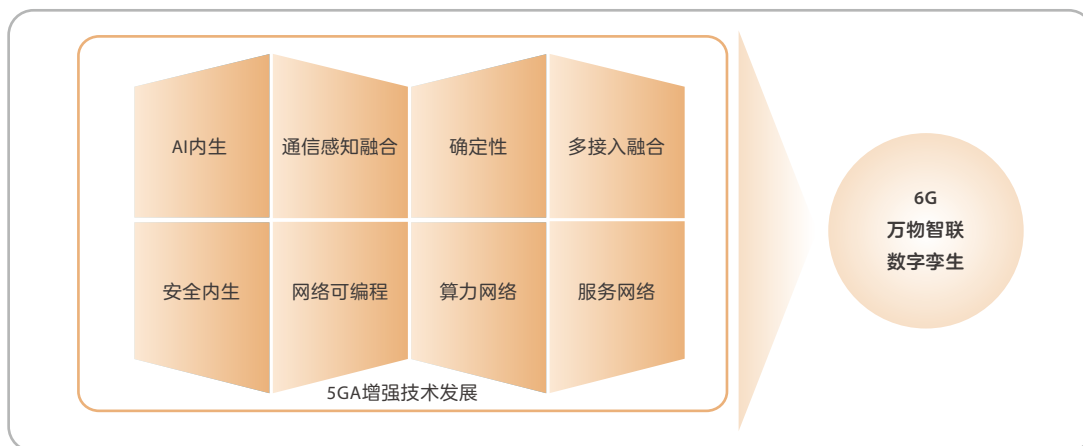


图2 5G面向6G网络的前瞻性研究及储备

现手势感知、表情感知及环境感知等智慧网络服务，对网络拓扑、拥塞、话务的实时感知实现网络监控及话务、故障预测。随着感知与通信网络的不断融合发展，分步实现网元、子网，乃至全网数字孪生虚拟网络。

网络定制化

网络定制化能力是服务于千行百业的基础，但当前基于网络切片等技术实现的定制化能力还不能满足行业需求。除了对于带宽、时延、抖动等网络指标的需求外，行业类应用还有着定制协议需求、终端兼容需求、业务连续性个性化需求、会话类型定制需求、网络管理及能力开放定制需求等。5G-Advanced网络定制化能力将随着支撑层、功能层、编排层不断发展而提升，更加灵活地为行业应用提供差异化的网络定制能力，包括可编程芯片以及SRv6等可编程协议在功能、协议定制化的研究，虚拟化、云化以及软件化的进一步发展，为可编程网络提供基础能力，以及功能服务化的阶段演进以及业务/功能链编排技术、云网融合编排能力的研究，推动网络层面可编程的持续发展。

AI及安全内生

AI及安全由来已久，在5G及5G-Advanced乃至未来将与通信网络技术相辅相成，相互促

进。这里重点是内生，所谓内生是指与生俱来的，具有自学习、自生长的能力，和当前的外挂模式对应。以AI为例，随着网络数据的不断增长，只有具备了内生和自我增强的能力才能应对数据采集、分析以及数据安全的越来越大的挑战。在内生的具体实现方案上，无论是AI内生还是安全内生，都还在初级研究阶段，要走的路很长。

结束语

5G-Advanced是对5G通信技术实际发展的冷思考，5G仍面临很多困难和局限，其成熟度、场景、价值仍有很大的提升空间。同时5G-Advanced又是对6G通信技术的前瞻性研究，顺应6G长期演进方向，协同各行各业做好技术储备。

5G-Advanced网络技术作为移动通信两大领域之一，更应基于行业应用场景拓展及核心需求，从标准研究及演进、技术能力提升、实际部署和实施等全方位展开，达到赋能千行百业、服务于社会推动经济发展的目标。

中兴通讯核心网在2G/3G/4G/5G网络均有大量部署，自主研发所有5G网络产品族，有着深厚的技术积累和研发资源，愿与各行各业携手，共同探讨5G-Advanced网络技术进步。ZTE中兴

ODICT融合

5G-Advanced核心网



周建锋
中兴通讯CCN规划总工

5G网络引入网络功能虚拟化（NFV）、软件定义网络（SDN）、服务化架构（SBA），使能eMBB、mMTC、URLLC三大场景；在R15之后，R16/17主要围绕着垂直行业技术及网络智能化进行增强。网络和业务发展相生相随，相互促进。随着5G网络的发展，行业应用提出了新愿景，高清的云游戏、工业视觉等需要5G网络在满足高带宽的同时满足低时延、网络确定以及边缘高算力等需求。所以，5G需要继续演进，下一步进入5G-Advanced（R18之后）时间节点，5G核心网也将继续前行。

回顾无线核心网的发展历程，是多领域技术不断融合发展壮大的过程。在2G/3G网络中，CT在无线通信方面发展迅猛，定制化的CT设备支撑核心网话音业务和增值业务的发展，独领风骚；4G时代随着IT通信技术的发展，核心网引入全IP接口，支撑IP化宽带业务，实现ICT融合；进入5G时间节点，虚机、容器、SBA架构等技术的引入使ICT进一步融合；随着大数据、智能化的发展，NWDAF（Network Data Analytics Function）网络智能化进入了CT领域，标志着DICT的融合；在R18后时代，5G核心网的发展将进一步增强O（Operation）域以及D（Data）、I（Information）、

C（Communication）等各领域技术。ODICT融合的5G-Advanced核心网将在当前2G/3G/4G/5G融合核心网基础上进一步发展，同时安全一如既往是核心网的基石。据此，我们提出5G-Advanced核心网网络愿景（见图1）。

OT技术，精准网络

OT技术在5G中的发展主要体现在网络确定性方面。确定性网络的几个关键特征包括：报文端到端传输具备有界的时延和抖动；端到端超高可靠的网络传输（可以采用多路径传输等技术）；业务流可以在确定性网络中混合传输，网络对确定性流进行确定性传输保障。

在5G初始阶段，网络确定性技术有切片、URLLC、5G LAN等技术协同支撑，在R16/17，明确对5G TSN技术进行了增强。5G把5GS看做5G TSN Bridge，使能5G网络技术进入工业互联领域；在5G-Advanced阶段，5G TSN技术将进一步发展，在可靠性方面进行了增强。5G TSN支持的是局域

5G-A

网的时延确定性通信，在5G-Advanced中，支持跨域通信的确定性网络技术已经提出，核心网将进一步和承载网络进行确定性通信的衔接，支持端到端远程确定性人、机协同的操作场景。

DT技术，智能网络

DT技术主要体现在网络智能化方面，这也是

5G-Advanced以及后续6G重点发展方向。

在5G-Advanced中，网络智能化将在用户体验优化、高效运维、安全保障等方面发挥巨大的作用。网络智能化可以用作辅助业务QoS参数调整、切片接入控制、用户面路径选择、RAT/Frequency选择等方面；也可以对网络运行进行智能分析，提供健康评分、异常检测预测、故障根因分析等功能，据此执行容量优化、配置优化、资源弹缩；

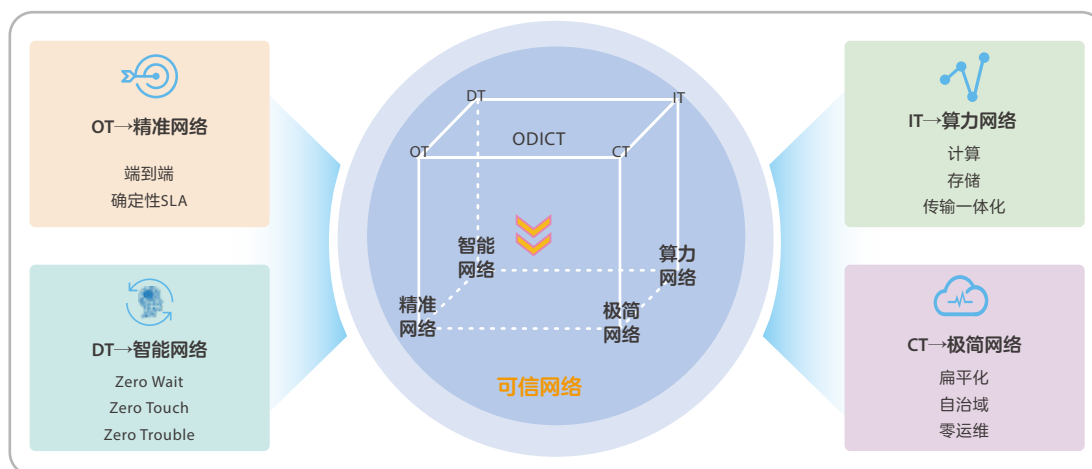


图1 中兴通讯5G-Advanced核心网愿景：4+1网

5G中引入算力网络技术，目的是为了支撑国家产业升级，实现全社会数字化转型，把网络和算力采用智能化技术进行高效协同，实现网络资源及算力资源高效合理的利用。

引入意图网络实现意图驱动网络规划、设计和部署，降低对运维人员的要求；智能引擎可以对终端设备的移动行为和交互行为进行智能分析，识别存在潜在威胁的用户终端，保护网络安全。

其中NWDAF、MWDFAF是已知的智能网络发展方向，新技术联邦学习、意图网络、数字孪生等技术也将在网络智能化中得到应用。

IT技术，算力网络

在当前5G核心网网络中，已经引入SDN、NFV、虚拟机、容器、SBA等技术和架构，IT已经和CT深度融合，在引入了敏捷、高效的IT技术的同时，CT的高性能、安全、高可靠仍然得到了保证，这是ICT融合带来的好处。

IT技术在5G网络中进一步发展的代表是算力网络。2021年5月，国家发布《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》，其中首次提出“推动算力资源服务化”，包括构建一体化算力服务体系和优化算力资源需求结构，目标算力资源分布呈现三级的架构，能够以应用导向，进行一体化的调度，并在国家层面提出“东数西算”。5G中引入算力网络技术，目的是为了支撑国家产业升级，实现全社会数字化转型，把网络和算力采用智能化技术进行高效协同，实现网络资源及算力资源高效合理的利用。

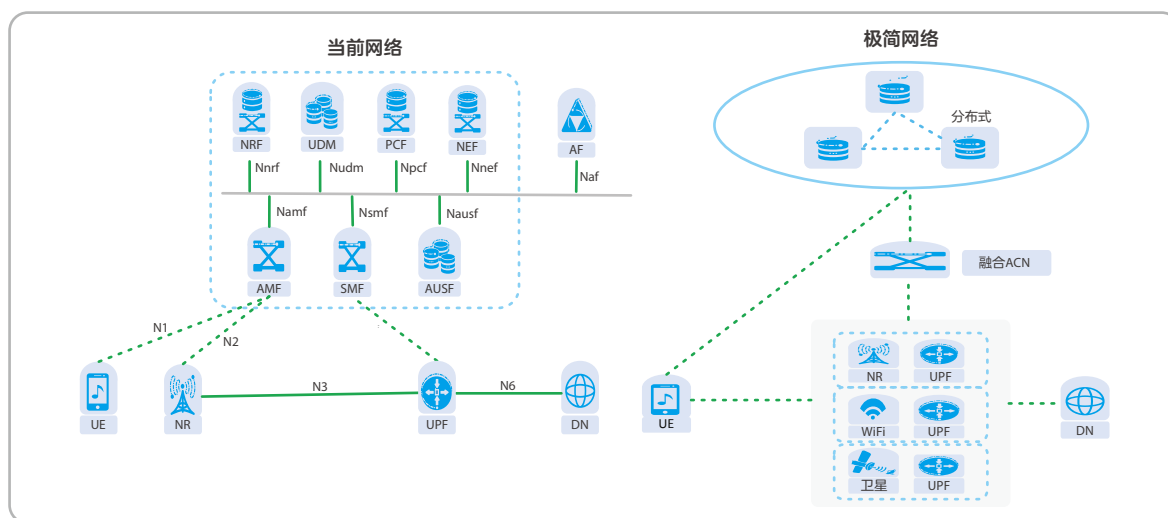
当前算力网络处于高频度的探索阶段，主要

集中在国内三大运营商，期望能通过算力网络技术充分发挥网络的价值。其中需要深入分析及演进的关键技术及方案较多，包含：东数西算对网业云的要求、三云合一的分析、统一的云基础设施、云边协同、云网融合、算力度量、算力调度、算力路由、算力服务、算力交易、算网统一编排、智能运维（网络自智）、网络切片（在算力网络中的应用）、算力网络业务场景。

核心网的UPF是网络的第一跳，算力路由、度量、调度等技术需要核心网吸收融合；网络切片、算网统一编排，智能运维等技术，也将和核心网的演进相互作用共同演进，以期在5G-Advanced网络中，网络+算力利用率同时最大化。

CT技术，极简网络

2G/3G/4G/5G核心网，在部署方面较复杂，原因是不同网元、网络功能之间需要做对接测试。5G的SBA架构简化了互联方式，但是网络功能相互之间的交互并没有减少。5G-Advanced核心网，在支持现有部署模式的前提下，需要进一步发展，支持简化模式部署，简化设计，减少网元间的信令交互，采用统一的架构支持多种接入网络并存、异构网络互通，基于统一接入协议，例如基于SRv6及认证方式实现接入极简，在当前集中式管理的基础上新增扁平化（和接入网进一步融合）、分布式、自治域（在一定区域范围内



◀图2 极简网络

自治自管理），实现极简核心网，同时对外提供二次开发SDK接口做到核心网可定义，结合智能化技术实现管理极简，我们认为在5G-Advanced中需要“极简网络”（见图2）。

5G-Advanced核心网演进目标是“集中式+分布式自治域”共存的网络架构。集中式网络类似于当前控制面集中部署的网络架构，可采用切片等方式为专网提供接入管理，该场景通常适用于行业专网无需自主运维的场景；分布式自治域网络指的是构建一个独立完整的网络，在自治域内实现网络的运维管理、终端的接入管理，及用户数据不出园区的安全管理，通过打造各个自治域实现网络的进一步扁平化和自运维自管理，满足各行各业的个性化需求。

可信网络，内生安全

安全可信是电信网络的基石，电信网安全是网络自身具备的融合安全能力，实现接入、数据、运行全可信的目标。

接入可信管理方面，5G-Advanced核心网网络接入设备的身份认证及接入可信管理将更加复杂，设备标识的多样化使得现有的认证鉴权模式难以适应，需要研究身份标识和路由标识分离的可行性及基于新标识系统的设备、网络双向认证

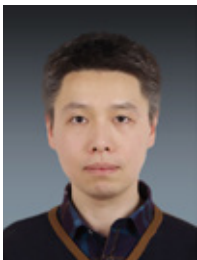
鉴权方案，使得身份标识具备唯一性、完整性、不可篡改，并达到网络接入认证的可信及安全。

网络运行可信管理方面，在5G-Advanced网络中对运行过程中的安全监控应该做到可视化，对网络运行故障应做到可预测、可预防、可恢复。对网络参与者、网络设备操作者的行为具备完整的安全要素，行为透明、且可追溯，行为的结果可预知、可控制。

网络数据可信管理方面，随着数据流量的激增，网络数据也将爆发式增长，如何在确保用户及企业数据安全的前提下，进行数据管理、网络运行指标检测以及网络自身数据安全，区块链以及联邦学习技术值得借鉴并引入。

除了ODICT融合、内生安全，SRv6、IP网络演进，高速移动业务连续性等技术也需要在5G-Advanced核心网中一并考虑。中兴通讯长期致力于移动通信核心网的研究，基于对当前5G网络技术现状结合产业需求及新技术发展，提出ODICT全融合的5G-Advanced核心网演进愿景及关键技术，并将在其核心网解决方案中持续研究践行，进行产品及解决方案创新。ODICT全融合的核心网演进目标，需要产业界共同参与，协同发展。中兴通讯期待与业界同仁共同努力，提供面向全场景服务的移动通信未来网络。ZTE中兴

确定性网络，精准赋能工业互联网



郑兴明
中兴通讯CCN综合方案架构师

工业互联网需要确定性网络

随着移动网络技术的发展，移动网络不仅提供高速的上网业务，而且还为各行各业提供网络通信服务，实现一网万用、按需服务。在垂直行业中，传统的“尽力而为”（Best Effort）机制已经不能满足需求，工业控制等某些特定领域中，需要网络支持有界的时延和抖动、极低的丢包率和超高可靠的保障。

早期的工业网络大都采用专线（如现场总线）的方式，来保障特定业务流的传输要求。但随着全球新一轮科技革命和产业变革的加速发展，工业互联网成为未来工业制造智能化和信息化的关键技术。在工业互联网中，IT网络与OT网络相互融合，在同一个网络中，同时满足互联网与信息化数据所需的大带宽，同时满足工业控制数据的实时性与确定性要求。

在当前尽力而为的网络中，不同业务的数据在转发时，遵循先进先出（FIFO）、优先级抢占等QoS调度机制，该机制下，无法避免网络冲突，

难以提供稳定可靠的网络传输，一旦发生报文冲突需要等待或者重传，可能会导致较长的转发时延和不可控的抖动。这在高精度的工业控制中是无法忍受的，因为这可能导致生产系统的出错甚至崩溃。为了让移动网络可以为时延极其敏感的行业提供网络服务，需要引入严苛、精准的确定性保障能力。

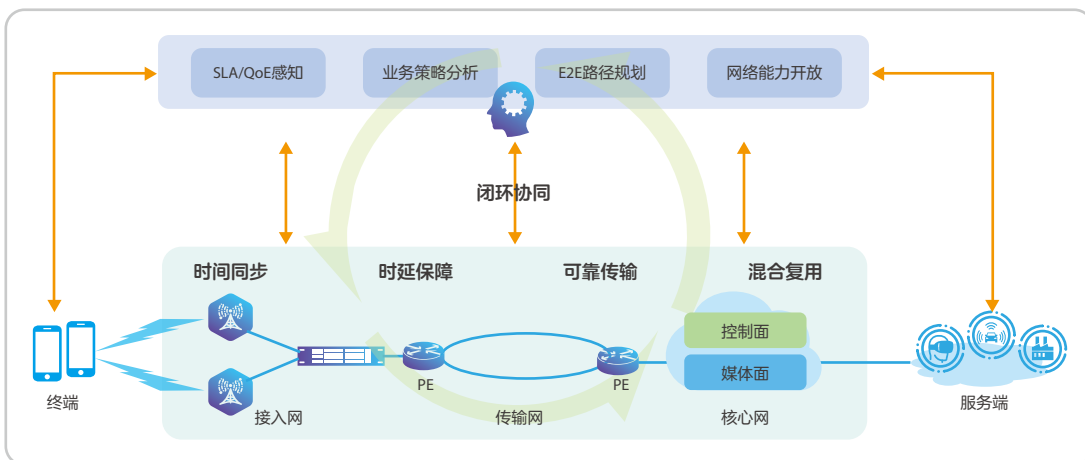
确定性网络关键特性

确定性网络在一个网络域内为承载的业务提供确定性业务保证的能力，包括有界的时延、抖动和丢包率等指标；通过在网络中为关键的业务流协调各个转发节点的调度转发资源，保障该业务流在网络中的畅行无阻，可以实现超低时延和消除抖动的转发能力。此外，通过对业务流复制和多链路冗余传输还可满足超低丢包率的高可靠传输能力。

在未来5G-Advanced的确定性网络中，通常具有如下几种关键技术特征（见图1）：

- 精准时间同步

图1 确定性网络关键特性



纳秒级的高精度时间同步有助于网络各节点获取一致的时间感知，不仅仅为网络中的各个业务节点提供高精度的时间一致性校对能力，而且还为基于时间门控的调度机制提供了基础。

- 有界时延抖动

调度转发机制的增强，可实现精准上下行带宽保障、超低时延和超低抖动的转发能力。如提供端到端的基于精准时间的资源预留和调度，确保网络中每一个环节都畅通无阻；增强优先级抢占机制，随时打断其他报文的转发，减小报文传输的等待时延。

- 可靠网络传输

确定性网络需要无中断的业务服务和无丢包的传输保障，因此，5G-Advanced网络需要提供全业务、全状态、全数据的实时热备能力，实现无缝的异常倒换和无中断的网络服务能力；并且还需要提供端到端双路径的冗余传输机制，进一步防止网络故障、丢包等异常导致的网络服务中断和数据丢失。

- 业务混合复用

移动网络是一个多种业务流混合共存的网络，需在多业务复用的网络中为特定的业务流提供确定性保障能力，例如：工业互联网中存在IT业务流和OT业务流，针对OT业务流需要保障超低的时延、抖动和丢包率，确定性网络的混合复用技术大大降低专用网络部署的成本，简化组网复杂度。

- 端到端闭环协同

确定性的网络保障离不开对网络资源的精细管理和协调，5G-Advanced网络中将会进一步构建从终端到网络到业务的全方位监控机制：提供端到端切片管理，保障业务SLA；通过终端-网络-业务的端到端协同，实现按需定制网络；感知网络状态、业务体验、调度效果等数据，实时调整业务的调度策略，构建“感知-决策-优化”的

端到端闭环控制。

确定性网络标准及演进

确定性网络技术的主要标准包括：IEEE 802.1 TSN、IETF DetNet以及3GPP TSC技术。

TSN技术（Time Sensitive Network）是IEEE制定的基于L2 Ethernet的确定性网络标准，目前已经发布了802.1AS、802.1Qbv、802.1CB、802.1Qcc等10多个802.1 TSN相关标准规范，已经比较成熟；业界也已推出了多种TSN交换机，以及支持TSN的芯片和工业终端等，正在逐渐开始商用。

DetNet（Deterministic Networking）由IETF在2015年成立工作组，目前标准还在制定中，当前已发布Use Case、IP/MPLS等多种数据面架构、流模型等10多个RFC规范。与TSN仅支持L2 Ethernet网络不同，DetNet将确定性网络技术扩展到L3网络，实现了在IP/MPLS的确定性传输、与TSN网络叠加互通等，为实现广域的确定性传输提供技术基础。

TSC（Time Sensitive Communication）由3GPP在2020年7月发布的R16标准中开始引入。在R16标准中，整个5G系统作为一个TSN逻辑网桥，实现与TSN网络的互连互通。目前制定的R17标准中，5G系统引入了内生确定性，实现UE-UE的确定性传输，无需5G网络对接TSN网络；预计在将来的R18标准中，3GPP还将实现与DetNet网络的互连互通。

在工业网络向IT和OT融合的数字化转型驱动下，5G-Advanced网络的超低时延、抖动和超高可靠的确定性传输机制，及其无需布线、灵活部署以及移动性等优势，在智能工厂、智能电网、智慧港口等行业应用中将有广泛应用前景。ZTE中兴

算网一体化，释放网络新价值



毛磊
中兴通讯CCN产品规划
总监

算力网络研究背景

随着互联网技术的快速发展，计算载体更加轻量化、动态化，应用解耦成微服务，网络功能云化，使得算网边界日益模糊。伴随后续智能社会的业务发展，各种感知终端产生的海量原始数据需要进行处理，L4/L5自动驾驶对算力的需求将出现高速增长，推动算力基础设施需求的增长。面向未来，泛在算力资源、服务和网络需要高效撮合，让需求方可以像使用电一样使用算力资源。

2021年5月，国家发布的《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》中首次提出“推动算力资源服务化”，包括构建一体化算力服务体系和优化算力资源需求结构，并在国家层面提出“东数西算”。为了支撑国家产业升级、全社会数字化转型，算力、网络和应用之间的竞争、协同、共赢，以及资源效率的最大化急需破题。

当前在标准领域，包括ITU-T、IETF、BBF、

ETSI、CCSA等全球标准组织，针对算力网络应用场景、需求和参考架构已有一些技术提案，但还有待收敛明晰。

算力网络研究的主要议题

业界对算力网络尚无统一定义，但目标基本一致，即以网络手段为主，实现资源（网络、计算、存储）的协同调度，达到资源的最优化利用，同时为用户提供一致性业务体验。

现阶段，算力与网络分属两个独立的技术域和运营域，算力网络从网络角度出发，以网络为中心来统一调度计算、存储和网络资源，通过对网络层改进增强，网络设备参与算力资源感知和编排，网络能够感知算力，从而提供新型的一体化算力服务。

算力网络研究重点主要包括算力运营、算力感知网络和算力量度三部分，实现算力从生成到调度、最终对外交易的端到端闭环（见图1）。

图1 算力网络研究重点



算力运营

算力运营对算力资源整合和交易，将社会泛在计算设备、云边端多级算力实现统一管理调度，形成分布式一朵云，通过运营平台完成对最终用户的算力交易。运营商自有数据中心、MEC、CO (Central Office) 等算力节点，以及第三方端、边、云算力节点，通过可信机制注册到算网编排管理系统中，进行算网智能调度。

引入区块链技术应用于算力接入认证和交易，实现去中心化算力共享；泛在的算力节点通过许可入链，屏蔽非法节点和流量，保护数据安全。结合智能合约实现可信交易，在算力交易时，运营交易平台通过智能合约出账、数据入块，记录于链上。

算力感知网络

网络设备参与算力资源感知和编排，与路由协议高度相关，网络设备需根本性改造，借助算力服务路由加地址路由双重寻址，实现内生的算力感知网络。算力感知网络通过将边缘DC、区域DC、中心DC等算力节点的资源动态发布到网络中，并且相互协同，实现网络对全局算力资源的感知。引入算力服务感知决策点，即算力服务网关，基于算力和网络SLA双约束来完成用户服务请求到算力资源的解析以及算力服务的转发，采用SFC、ICN、SRv6等网络转发面技术，通过一定的扩展来提供精准的差异化算力服务。

- 算力路由：网络头节点需要对应用的算力需求做算力服务映射，并进行算力路由封装；路由层需要感知算力应用及其算力需求；
- 控制面感知技术：接入控制流程扩展，IPoE/PPPoE等接入控制流程，当前只有用户

接入认证，可扩展支持用户重要应用感知；BGP/IGP协议扩展，算力应用PE或接入GW注册认证，BGP/IGP通告同步；

- 转发面感知技术：报文头封装应用信息，根据下发的策略，执行相应转发动作。

算力度量

算力的度量和标识是支撑算力交易和运营的基础，当前行业尚无共识与标准。从云计算技术的发展看，计算载体变得更轻快、应用更加轻薄。在算网融合时代，网络层可编排算力颗粒度也应该更细和层次化。通过对算力进行量化，建立服务到算力的映射模型，满足用户发起算力服务的请求，网络进行算力服务的解析，计算得出算力服务到具体算力资源的映射，从而实现泛在算力资源的高效调度。

- 算力分级：对算力进行细粒度的分级，可服务算力颗粒包括服务粒度（AI训练、视频处理等）、功能粒度（编码压缩、加密等）和原子粒度（CPU/GPU/FPGA/ASIC等）；
- 算力转换：在功能粒度层面，应具备算力与算力之间的转换能力，尤其在MEC场景下，同类型算力资源紧缺情况，在业务需要扩容情况下，网络优先在本MEC内部完成算力的流转，例如FPGA到CPU转换。

未来网络连接无处不在，海量的泛在算力接入网络，算力的泛在化正在成为现实。网络面向用户及应用，算网需要深度融合、协同发展，达到资源效率的最大化以及服务体验的最优化，通过算力网络构建绿色、低碳、多层次的新型算网基础设施。ZTE中兴

5G-Advanced核心网智能化演进



牛娇红
中兴通讯5G核心网系统架构师

未来移动业务将向沉浸化、智能化、全域化方向发展，目前以人工感知、分析、决策和执行的运维方式无法满足精细化SLA保障和运维运营需求。运营商需要借助新方法简化移动网络部署、运营和运维。

近年来，IT行业基于大数据和AI的AIOps实现了高水平运维自动化，大幅降低了运维成本。移动网络中成千上万的网络设备产生了大量数据，可以借助AI和大数据技术，在网络“规、建、维、优、营”流程中发挥巨大作用。

网络智能化愿景

5G-Advanced时代的新业务和新场景，如全息交互、空天地一体化等对移动通信提出了更高要求。随着人工智能与通信技术的不断融合，将实现新型的智慧内生网络，为企业和最终用户提供零等待、零接触、零故障的体验。

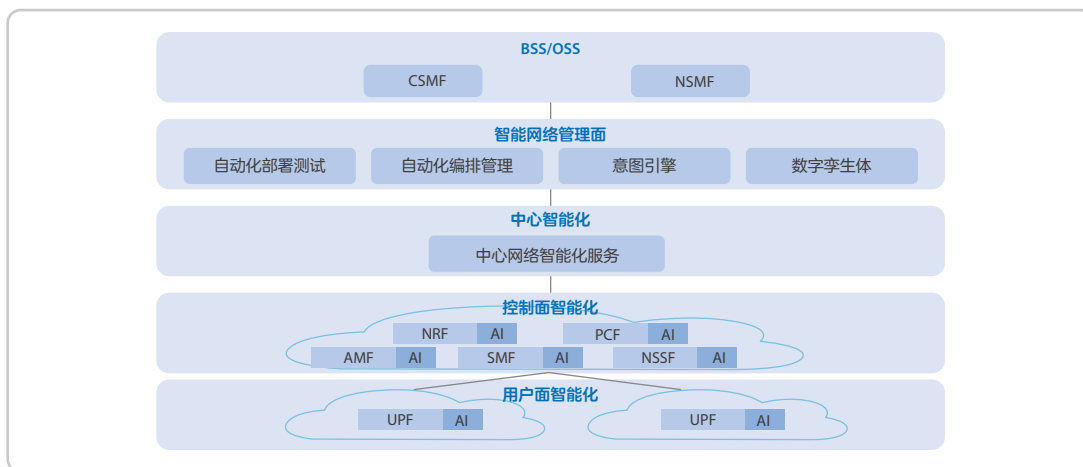
围绕总体愿景，未来网络智能化将在用户体验优化、高效运维、安全保障等方面发挥巨大作用。

- 用户体验优化：如辅助业务QoS参数调整、切片接入控制、用户面路径选择、多种无线接入网及频段的选择等；
- 高效运维：智能分析提供健康评分、异常检测预测、故障根因分析等功能，据此执行容量优化、配置优化、资源弹缩、问题定位等操作，减少重复工作；引入意图网络实现意图驱动网络规划、设计和部署，降低对运维人员的要求；
- 安全保障：特定类型终端的流动性行为和交互行为存在一定的规律，用户终端可能会被恶意劫持，导致严重的网络安全问题，借助于大数据分析技术可以实现用户终端行为的异常监测。

智能化架构与关键技术

为了持续增强网络智能能力，解决网络实现万物智联所需要的分布式协作智能、安全可信智能等需求，需要从架构设计上实现自优、自愈和自演进能力。未来智能化架构如图1所示。

图1 未来网络智能化架构



为实现网络运维零接触、零等待和零故障目标，以下人工智能领域技术是5G-Advanced网络智能化发展的基石。

机器学习技术：网络智能化的基础

传统的运维方式依赖人工、静态的规则，无法适应动态变化场景。而机器学习技术可以在动态变化的复杂条件下进行高效准确的决策判断。引入机器学习技术可以实现基于“专家经验”到“机器学习”的转变。

在移动网络中，数据较为分散且可能有隐私要求，联邦学习能帮助多方在满足用户隐私保护的要求下，进行数据使用和机器学习建模。

联邦学习的应用还面临通信效率、数据非独立同分布、安全性、健壮性等问题。

意图驱动：定义用户意图，助力“零接触”运维

意图规定了期望，包括对特定服务或网络管理工作流的要求、目标和约束。意图网络瞄准的是用户意图或商业目标，强调网络运维和架构人员（整个网络用户）的意图。

其应用场景包括网络规划和设计，如意图驱动的容量规划、覆盖优化、站址规划等，网络和业务部署，意图驱动的业务部署，意图驱动的网络和业务维护、优化和保障。

意图网络存在声明式的API构建、意图的分解和翻译、组件和设备的相互兼容问题。

数字孪生技术：提供更好的仿真验证能力

数字孪生网络构建物理网络的实时镜像，可增强物理网络所缺少的系统性仿真、优化、验证和控制能力。

将数字孪生技术应用于网络，创建物理网络设施的虚拟镜像，搭建数字孪生网络平台，通过物理网络和孪生网络实时交互，可以实现低成本

试错、智能化决策和高效率创新。

构建数字孪生网络系统面临兼容性、建模难度大、实时性挑战、规模性等问题。

应用场景

人工智能技术将广泛应用于网络优化和运维各个场景，实现体验优化、敏捷运维和资源高效利用。

端到端业务体验保障

当用户业务体验无法被满足时，运营商网络需要及时调整网络资源。因此，运营商网络亟需一种业务体验评估能力来测量用户体验。终端、网络、业务服务器都会影响用户业务体验，由于用户数据隐私与数据孤岛，影响业务体验的各领域数据无法集中在一起训练，因此需要联邦学习在确保终端、网络以及业务服务器的原始数据不出局的情况下，进行业务体验模型训练或推理。

行业领域安全保障

随着行业领域的应用，借助数据分析可以实现终端或者网络异常识别。首先，基于预定义和大数据AI学习建立网元和信令访问的行为基线，根据用户异常行为特征、信令日志和流量日志，精准识别信令和网元异常攻击行为，比如识别出异常用户终端、异常基站、异常MEC；最后，与PCF/EMS进行联动，进行相应的处置方式，比如去附着、去激活、限速、黑名单、N6阻断等。

中兴通讯已与运营商在多省市针对网络智能化专题开展了密切合作。国家重点课题以数据为中心的ICDT深度融合方向也取得了积极进展，推动了网络智能化的技术预研工作。

网络智能运维是一个长期演进的过程，中兴通讯愿与合作伙伴携手，共同实践网络自主智能运维，构建自治闭环的网络。ZTE中兴

面向差异化业务连续性需求的增强移动性管理



郭雪峰
中兴通讯CCN产品总工

3G、4G采用集中式移动性管理，为所有用户提供一致的业务连续性服务。5G网络定义了三种业务及会话连续性模式，提供一定的差异化连续性服务。在5G-Advanced下，网络本身及应用场景都将发生极大变化，对移动性管理技术也提出了新的挑战。

移动性管理需求分析

从移动和切换场景看，移动主体更加泛在化，水平切换更加频繁，垂直切换将常态化。随着云网融合、算网一体的发展，网络连接从有形的实体连接向无形的内容、服务、算力等虚拟连接发展，随之而来的是移动场景和主体更加泛在化，将包括终端、服务端、网络等泛在移动；其次网络进一步扁平化，以及无线侧高密度组网的应用，使得水平切换更加频繁；最后随着异构网络协同提供全场景覆盖、IPv6以及多宿主终端的普及，使得跨网络类型的垂直切换常态化。

从业务连续性需求看，不同应用对业务连续性的要求差异巨大。面向C端的浏览、视频类业务对移动切换引起的连接中断并不敏感；而车联网、无人机、工业互联网等B端应用要求提供无缝的切换管理及确定性的网络性能保障。

可见，在5G-Advanced网络下，移动性管理技术至少要解决以下几个问题：

- 针对不同场景可提供差异化的业务连续性服务；
- 提供零中断、零丢包的网络连接，满足无缝切换需求；
- 切换前后网络性能一致性保障，实现确定性网络服务质量的快速切换。

增强移动性管理关键技术

基于泛在移动场景及差异化的业务连续性需求，移动性管理也需要同步演进，可从异构网络协同的多连接管理、应用网络感知、AI使能以及服务化的架构设计着手（见图1）。



图1 5G-Advanced下的业务连续性需求及移动性管理关键技术

异构网络协同的多连接管理

集中式移动性管理数据面锚点固定，传输时延加大，降低了网络性能；分布式移动性管理数据面锚点移动，会产生切换过程中的网络中断。

针对超高可靠通信，3GPP定义了基于双连接的冗余用户面传输方案，利用两条冗余的PDU（Protocol Data Unit）会话传输数据，其可靠性 $\geq 99.9999\%$ 。

将双连接方案与分布式移动管理结合，可解决移动锚点下连接中断问题并保障切换前后网络性能一致。即数据面采用锚点移动分布式部署，移动终端采用双连接和网络保持通信连接。在终端移动过程中，通过双连接切换机制使得同一时刻仅会发生一个连接的切换，仍保留另一个连接可用，在移动过程中网络始终处于可用状态，避免了连接中断。通过选择接近移动终端位置的数据面锚点，并结合显示路径设计等技术保障切换前后网络性能一致。

应用网络双向感知

未来网络是云网边缘业相互协同的网络。网络通过感知应用需求，选择与之匹配的移动性管理策略，实现针对性的目标网络和路径选择，切换触发及执行策略。反之，应用也可以通过实时感知网络的时延、带宽、拥塞等信息，调整数据收发策略等来获得更好的应用体验。

DPI（Deep Packet Inspection）技术通过对数据包的深度检测，实现应用及内容信息的感知。APN6（App-aware IPv6 Networking）是IETF立项研究的基于IPv6的应用感知网络，通过在IPv6扩展报文头中携带应用及对网络的需求信息，网络层据此进行应用颗粒度的网络资源调度和服务响应。

应用可通过向网络能力开放功能，如NEF（Network Exposure Function）订阅信息，或通过

TWAMP（Two-Way Active Measurement Protocol）、OAM随路检测等技术来完成网络质量检测，获得网络信息。

AI使能的移动性管理

AI作为基本要素将与网络深度融合，从网元、网络、业务到运维、运营，实现全方位的智能化，促进提高网络效能、降低运维成本。

在移动性管理中AI同样大有可为。在3GPP R17中开展了基于AI的移动性优化研究，对终端的位置、轨迹进行预测管理，优化AMF（Access and Mobility Management Function）寻呼过程。通过网络智能面对移动终端、网络、应用信息的采集、分析，模型训练，对终端的轨迹及切换进行预测，实现主动的移动性管理，降低切换时延，以及最优的传输路径和定制化移动性管理流程选择。

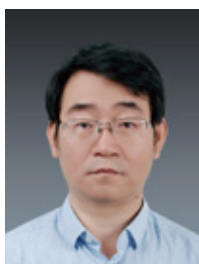
服务化的移动性管理

面向多场景和差异化的业务连续性需求，5G-Advanced需要提供一种通用移动性解决方案，服务化无疑是可行方案之一。

首先对移动性管理功能进行抽象封装，服务化功能可包括异构网络双连接、数据复制消冗传输、应用网络感知、基于AI的主动切换、接入网关间的隧道缓存转发、身份位置分离等独立功能；其次功能可编排，针对不同场景通过灵活编排形成功能链，并提供功能链标识供上层选择调用；最后应可平滑支持新功能的引入，保持整体框架不变，而功能组件随着技术和场景的演进更新换代。

针对业务连续性的移动性管理研究始终贯穿无线网络的发展历程，也不断面临新的挑战。与新技术、新协议的融合，是促进移动性管理性能持续提升的有效途径之一，需要业界共同努力。ZTE中兴

SRv6技术的优势及在5G-Advanced核心网的应用



宋杰
中兴通讯核心网规划
总工

SRv6 (Segment Routing over IPv6, 基于IPv6的段路由) 是基于源路由理念设计, 在IPv6网络转发数据分组的一种技术, 是当下最热门的Segment Routing和IPv6两种网络技术的结合体。

SRv6的Native IPv6属性保证了网络任意节点的可达性, 而其强大的网络可编程能力能更好地满足网络业务的SLA需求, 使其成为IPv6时代最有前景的网络技术。

SRv6技术的主要优势

SRv6技术的主要优势体现在三个方面: 简化网络协议、Native IP属性和网络可编程能力。

简化网络协议

SRv6通过扩展IGP/BGP, 去掉LDP和RSVP-TE等MPLS隧道技术, 简化了控制面; 在数据面直接使用IPv6地址作为转发标签, 去除了MPLS标签; 在控制面和数据面都实现了统一承载, 极大地简化了网络协议, 降低了运维的复杂度, 让云、管、端可以基于同一个标准协议实现端到端可管可控, 实现业务一线灵活入多云、业务敏捷开通。

Native IPv6属性

SRv6通过IPv6扩展报文头来实现, 没有改变IPv6报文的封装结构, 保持了对现有网络的兼容性; SRv6依赖IPv6可达性可实现任意IPv6节点之间的互通, 使得SRv6跨域部署更加简单; 在报文



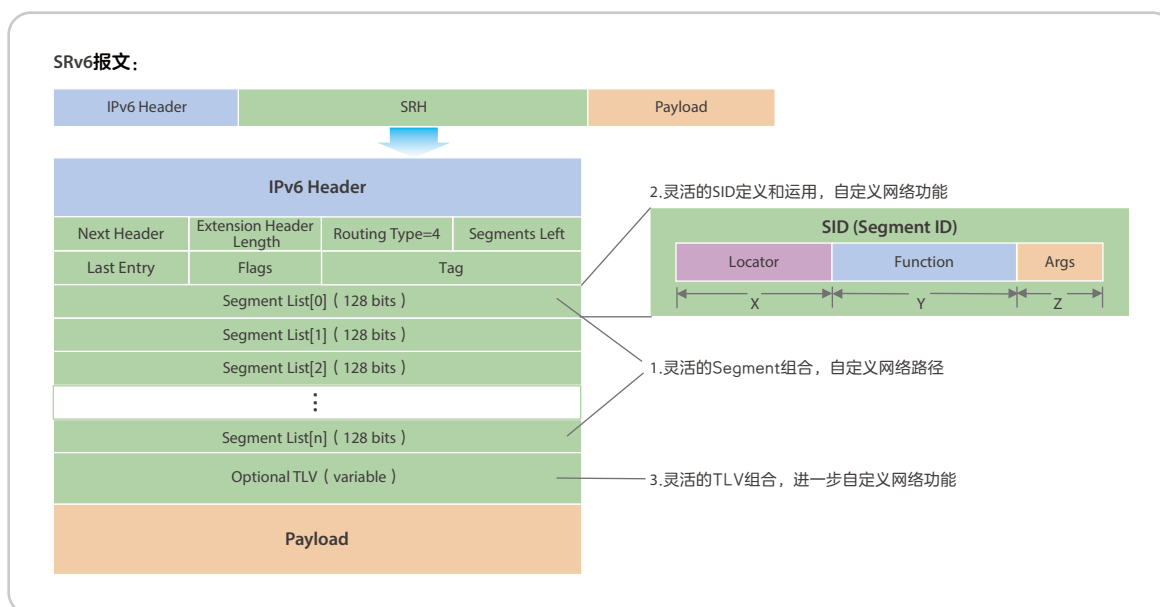


图1 SRv6的网络可编程能力

转发过程中, 普通中间节点仅支持IPv6转发即可, 无需支持特殊的转发逻辑, 使得SRv6可以打破运营商网络和数据中心网络之间的界限, 进入数据中心网络, 极大地增强了SRv6的扩展性和部署的灵活性。

网络可编程能力

SRv6的网络可编程能力体现在SRH (Segment Routing Header) 扩展头中, SRH中有三层编程空间, 如图1所示。

- Segment List

SRH通过将多个Segment有序组合进行路径编程, 可根据业务意图、网络状态等智能选择最佳路径并实时调整。

- SRv6 SID

SRv6 SID为128位IPv6地址形式, 标准格式为“Locator:Function:Args”, 可以灵活分为多段, 每段的长度可以变化, 具备灵活编程能力。

其中Locator表示到达该节点的路由信息, Function和Args分别表示在该节点执行的具体功能和所需的参数, 按照不同功能定义不同SID,

具备良好的扩展性。

SRv6 SID既有IPv6地址的路由能力, 又有SRv6特有的行为能力, 不仅可以表示路由, 还可以表示接口、设备、业务和应用等; 对SRv6 SID的灵活定义和运用, 可以实现设备级/应用级的可编程。

- Optional TLV

Optional TLV可以用于进一步自定义功能, 支持更丰富的网络编程。报文在传送过程中, 需要在转发面封装一些非规则的信息, 它们可以通过Optional TLV的灵活组合来完成, 以扩展支持SFC (业务功能链)、OAM、DetNet (确定性网络)、VPN (虚拟专用网络)、APN6 (基于IPv6的应用感知网络) 等高级特性。

SRv6基于SRH的三层编程空间能够支持更多种类的封装, 可以很好地满足新业务的多样化需求, 实现丰富的网络功能。

SRv6技术在5G-Advanced核心网的应用

SRv6的上述优势让网络变得更简洁、更智能, 使其成为IPv6+的核心技术和热点。它不仅

2020年中兴通讯支撑中国电信实现了全球最大SRv6商用网络。随着5G、IoT、云业务的快速发展，SRv6技术必将发挥更加重要的作用。以SRv6技术为代表的IPv6+技术正引领未来网络从万物互联到万物“智”联的变革。

打破了云和网络的边界，将网络延伸到用户终端，使运营商网络避免被管道化，还可以帮助运营商快速发展智能云网，实现应用级/用户级的网络SLA保障，给运营商带来更多可能的增值。

5G、IoT、云业务对网络的可扩展性、可维护性、确定性、稳定性和安全性提出了很高的要求，而5G-Advanced核心网仅需扩展UPF及SMF支持SRv6，就可以利用SRv6技术很好地匹配这些需求。

基于SRv6技术，网络切片可以采用SID中的Locator作为虚网切片的唯一标识，标识为虚网切片分配的网络资源。数据转发时，根据SRv6 SID识别报文所属的虚拟网络，使用该虚网切片定义的拓扑和资源进行转发处理。实现基于统一的网络基础设施，为不同的网络切片业务提供差异化的转发路径以及相互隔离的网络资源，保证网络切片之间业务流量隔离及安全策略隔离，切片间的业务互不影响。

基于SRv6技术，SFC可以将SF相关的SID插入SRv6报文头的SID List中，利用SRv6的流量工程能力，完美地整合Overlay、Underlay和服务链。SRv6技术对于SF设备要求更低（支持IPv6转发或者L2透传即可），具有更好的普适性。基于SRv6的服务链可以同时支持SR-aware和Non SR-aware的服务，可以部署在任何支持IPv6的网络上，将高性能、高可靠性的专用硬件设备接入到云网络中。

基于SRv6技术，DetNet可以将数据封装在SRv6报文头中，显式路径被编码在SR Policy的SRH中，为应用提供稳定的转发服务，并保证DetNet服务在网络拓扑发生变化时不受影响。SRH中还定义了服务保护（包复制、消除和排序）和拥塞控制（包排队和转发）的其他功能和参数，支持DetNet路径冗余和拥塞保护，为高价值业务流提供有界时延、低抖动、零分组丢失的确定性网络服务。

基于SRv6技术，APN6可以将应用信息携带在SRv6报文中传递进入网络，以Native的方式使网络感知应用及其SLA需求。网络在传送报文时，根据报文中的应用信息匹配网络对应策略，进行流量调度和资源调整，选择相应的SRv6路径传输（如低时延路径），从而为应用提供SLA保障及相应的网络服务。APN6实现网络能力与业务需求的无缝结合，使网络感知应用并根据应用的需求为其提供优质的差异化服务，实现精细化运营。

SRv6作为未来网络的基础性技术，正处在高速发展的阶段。2020年中兴通讯支撑中国电信实现了全球最大SRv6商用网络。随着5G、IoT、云业务的快速发展，SRv6技术必将发挥更加重要的作用。以SRv6技术为代表的IPv6+技术正引领未来网络从万物互联到万物“智”联的变革。ZTE中兴

泛在服务感知的IP技术演进

5 G向Advanced演进过程中，网络侧核心网在演进的同时，承载网的演进也在同步进行；特别是IP技术的演进，需要核心网和承载网同步衔接，才能完成无线网络的端到端演进。

TCP/IP在过去50年取得了巨大的成功，但在面向未来产业互联网和数字经济发展时代的需求时，现有的IP技术存在着很大的局限性。在此大背景下，中兴通讯联合中国信通院及三大运营商研究院联合发布《IP网络未来演进技术白皮书》，分析了未来IP网络的发展愿景以及面临的需求和挑战，并在传统IP网络基础之上进一步提出了基于IPv6演进的新路径。

未来网络愿景

未来网络的发展可以归纳为3个能力愿景目标：万维互联、精准传输和增强服务，以及承担向产业赋能、泛在服务和云网融合转变的三大使命愿景目标（见图1）。

未来网络的3个能力愿景目标是指网络的3个基本能力，互联、传输和服务持续不断地提升演进。万维互联指网络不断拓展互联边界，连接包括空天地一体、智慧光承载和接入网、B5G/6G移动互联网、IoT、工业互联网等多种异构网络以及连接产业和数字经济社会体系；精准传输是指在目前网络提供的基本传输能力之上提供超高带



▲ 图1 未来网络愿景



郭勇
中兴通讯标准战略规划总监



谭斌
中兴通讯未来网络技术研究项目经理



黄兵
中兴通讯技术规划部技术总监

宽、超低时延、超低抖动和超高可靠等更强大更精准的传输能力；增强服务是指在尽力而为服务（Best-effort）的基础上，网络扩展提供确定性承载、内生安全、算力、移动等多种增强服务，并能够动态感知服务类型，提供云、网、边、端融合精准调度能力。

在达成未来网络的能力愿景目标基础上，未来网络的使命愿景目标包括：

- 产业赋能：未来网络以产业赋能为主要场景使命，服务于工业互联网、车联网、智慧城市、智慧医疗等数字产业化和产业数字化需求。
- 泛在服务：未来网络有用户随时、随地、随愿使用资源的服务使命，资源和服务的部署模式将从中心云的集中模式逐渐向云-边-端的分布式模式转变，网络能够就近向用户提供快响应、低时延、高可靠的服务。
- 云网融合：未来网络对于支持泛在服务以及提供差异化服务能力提出了更高要求，因此如何将全网的计算资源、网络的精准传输能力更好地结合起来，实现云、边、端三级算力的分配和协同，是未来网络需要完成的使命。未来网络基于算网一体新基础设施，实现应用、网络和服务三者紧密融合，面向应用提供最优的服务体验和最佳全网综合资源利用率。

未来IP网络的两大设计改进原则

从互联网发展历史和演进看，两大核心设计原则——端到端和分层解耦赋予了IP强大的可扩展性和灵活性，仍然适用于未来网络的发展和演进。互联网的演进要继承核心功能的高效和稳定，避免革命式的替代。结合未来网络愿景，我们提出未来IP网络的两大设计改进原则：

- 服务化网络赋能的端到端原则——IP网络向两端拓展网络功能，通过智能插件实现应用与网络的交互，保证未来网络业务的高可靠性、高伸缩性和灵活性；并在保持原有Best-effort

服务的基础上，提供增强的、共性的服务能力，包括确定性承载能力、网络内生安全能力、算力网络能力和连续移动服务能力等。

- 智能控制面支撑的瘦腰模型——在传统IP网络“瘦腰模型”的基础上，利用增强智能控制面对转发面标识、选路、整形、调度等原子功能进行网络可编程，实现复杂应用需求，并结合AI、意图网络、镜像网络等。

基于泛在服务感知的IP网络演进技术

基于未来IP网络愿景目标和设计改进原则，需要在IP网络中引入泛在服务和服务感知两大新功能范式：

- 泛在服务即服务需求方无处不在。服务需求方无需事先知道服务提供方的身份以及所处位置，网络根据服务需求方的需求选择最优服务提供方，实现高效的服务发现和服务分发。
- 网络感知是指面对新的泛在服务范式，IP网络不仅需要感知终端和云端的服务提供和服务需求，而且要能够将服务状态高效地传递到网络层，并能够结合服务需求方、服务提供方以及网络自身的能力，更精准地满足服务要求。

围绕泛在服务和网络感知新功能范式，我们提出未来网络泛在服务感知的IP演进新路径，如图2所示。

泛在服务感知的IP演进新路径在服务化网络端到端赋能以及智能控制面的瘦腰模型2大设计改进原则基础上，通过引入归属无关协议接口和统一服务命名体系，有效支撑了泛在服务和网络感知的新范式，从而保证了未来网络愿景目标的实现。

- 归属无关机制保证用户可随时、随地、随愿地请求和获取服务，应用无需关心服务的提供者和位置，只需聚焦应用自身的需求和逻辑

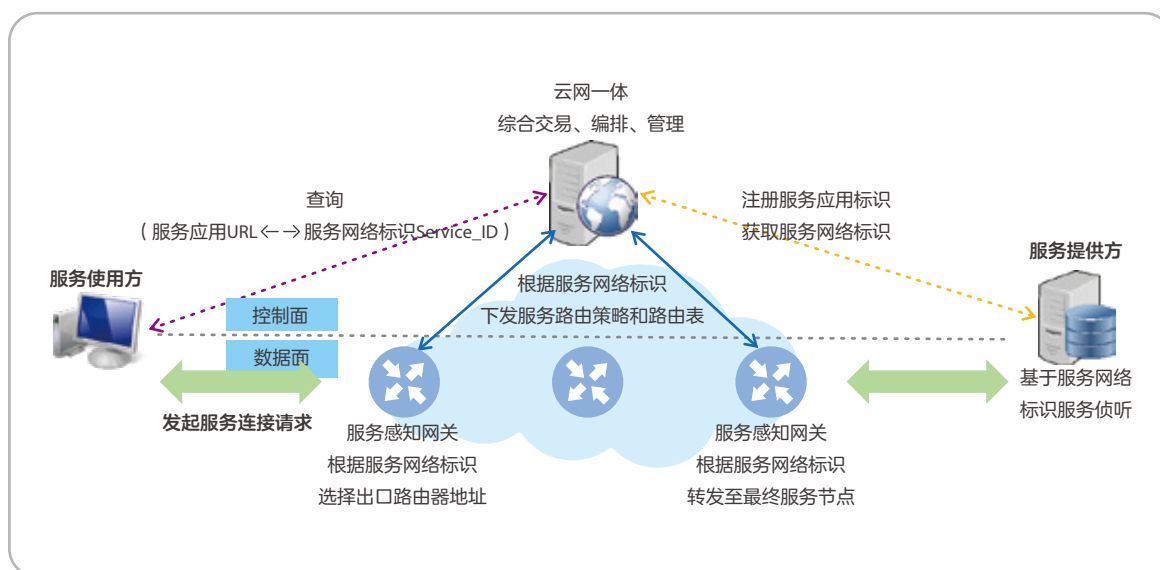


图2 泛在服务感知的IP演进新路径

辑。归属无关协议负责请求网络建立服务连接，并管理和维护基于服务的连接状态，以及提供面向服务的拥塞控制、移动性、保序、多路径/多归属、内生安全等增强传输功能。应用可直接调用归属无关协议接口请求服务。

- 引入统一的服务命名体系，打通应用和网络的统一分配和调度，提供最优化的网络调度和服务质量。服务标识既可以作为开放服务网络接口，提供归属无关的泛在服务连接管理，实现对算力、存储、内容、能力等可虚拟资源的连接。服务标识又可以保证网络感知服务，并且对服务进行统一注册、管理和索引。

在控制面上，新路径中云网一体综合交易、编排、管理控制器负责服务注册、发布和查询，并动态关联服务标识与网络层地址的映射。服务标识须由网络分配且全网唯一，并且在服务连接过程中保持不变，确保移动连续性。服务路由策略和路由表通过控制通道下发到网络层设备。

在数据面上，服务使用方携带服务标识发起

服务连接请求，服务提供方则基于服务标识进行服务的请求侦听。网络边缘节点根据服务标识选择最优服务目的节点，以及对网络资源的编排，并执行对应的SLA策略。

泛在服务感知IP网络演进新路径实现了应用与服务解耦，从而让应用聚焦于自身的应用逻辑创新，将共性的归属无关服务交由网络内生提供。由于应用与网络实现了机制上的解耦，从而去除了DNS的低效查找过程，更高效地实现服务寻址（在MEC场景，可以至少提升100%服务寻址效率）。

泛在服务感知IP技术基于IPv6底座，实现了基于云网一体基础设施为服务需求方提供资源最优的业务体验。泛在服务感知IP技术沿用了良好的IP生态链，应用和网络均可以实现平滑演进，有利于数字经济的快速部署，很好地保护了前期的资源建设投资。通过网络和服务的一体化供给，充分形成网络即服务的转化能力，将网络的价值从管道上升为赋能平台，加速数字经济的部署，实现IP网络的能力倍增。ZTE中兴

构建5G可信网络内生安全体系



杨春建
中兴通讯网络安全架构师

5G网络是数字经济的底层核心技术，是信息产业高速发展的基础支撑，5G网络安全是未来移动通信面临的重要挑战。当前通信网络通过补丁式、被动式、外挂式等措施来进行安全防护，网络安全风险等级只能通过静态方式评估，通过网络价值、安全漏洞、安全事件的发生频率等因素粗略地对网络的风险状态进行评估，但对网络正在遭受的攻击不能实时检测与防护。网络安全防护部署，维护成本较高，难以动态策略调整、自动化维护，已经无法满足当前复杂的电信网络的业务需求和应用场景。

面对未来网络演进，中兴通讯提出构建4“自”一体的5G可信网络安全架构（见图1）。5G/5G-Advanced网络安全应具备以下特征：

- 全面自动化：基于自动化安全引擎，为网络

基础设施、软件等提供自动化部署、自动化检测、自动化修复等主动防御能力；

- 安全自防御，根据行业防护的安全需求，提升网络及网络服务功能安全能力，并实现安全能力的弹性部署，降低安全风险，提升韧性；
- 安全自适应，利用AI、联邦学习技术实现网络预测与修复；
- 安全自演进，通过端、边、网、云的智能协同，准确感知整个网络的安全态势，敏捷处置安全风险，形成自适应安全模型建设、细粒度、多角度、可持续动态安全防御体系。

安全自动化

自动化提升5G网络中各种资产自身的安全防

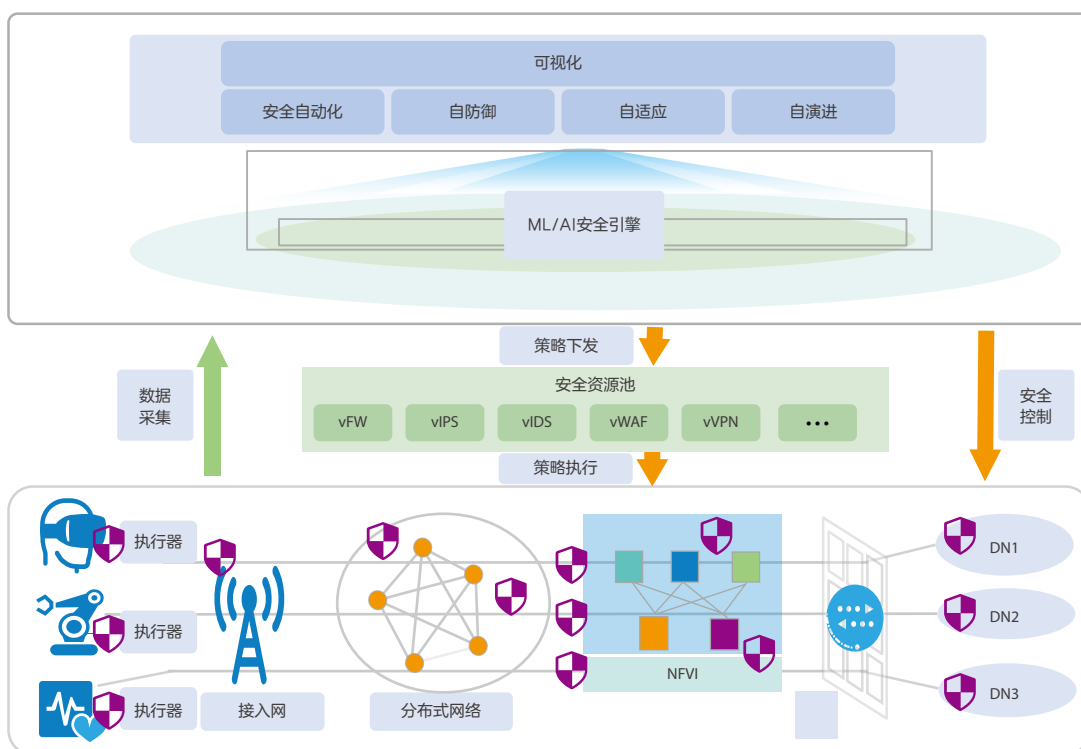


图1 可信网络安全架构

护能力构建，包括设备节点、基础设施、网络服务、数据、用户、管理节点、操作系统、中间件、数据库、软件服务等，增强各资产系统内部的安全防范能力，实现完整可信防护、服务、访问、数据可信，动态度量系统状态检测系统安全，构建网元级内生安全，从而推进网络级内生安全能力。

通过可视化对5G网络云所有资产进行安全管理，并实现安全漏洞统一管理、配置下发、升级等；对网络流量、数据流进行入侵检测，设定ACL策略，对异常流程进行管理控制；通过安全引擎实现统一的安全能力编排，并对云和网络调度编排，实现安全资源自动分配、安全业务自动化发放、安全策略自动适应网络业务变化（网络安全协同）、网络高级威胁实时响应防护（安全分析联动）等能力，多网元、多层次协同保障网络安全，实现安全策略集中管理和编排，为用户按需提供安全服务。

安全自防御

5G网络云基于云计算、SDN/NFV技术，需要借鉴传统经验和教训，同时引入区块链技术帮助网络构建安全可信的通信环境，以实现系统的防篡改能力和恢复能力。通过可信计算技术可以实现网元的可信启动、可信度量和远程可信管理，使得网络中的硬件、软件功能运行持续符合预期，为网络基础设施提供主动防御能力；引入零信任技术，对网络进行精细化可视化管理；部署相应的安全组件，构建端到端的网络云安全体系。对所有管理系统用户行为、日志进行集中管理，并设定定期审计策略，进行安全审计；实现网络云整体安全可审计、可追溯。

安全自适应

5G安全服务能够随时监测感知5G网络云安

全动态，资产安全风险可见，并第一时间快速自动预测、告警，对安全事件及时发现和修复或平衡处置，保障网络服务的可用性；网络服务升级和安全系统换代升级，业务系统流程再改造的时候，安全能力能够动态提升。

当网络局部被入侵时，安全引擎会采用阻断威胁流量和启动安全加固流程的方式快速规避或消除威胁；同时，安全服务能共享威胁情报，做到全网“免疫”同类威胁。

安全自演进

网络各层嵌入AI能力、联邦学习（分布式机器学习）能力实现网络自适应、自感知、自运维，采用联邦学习技术，通过快速的学习和训练，AI、联邦学习技术可以更加准确地对网络的流量与行为的异常进行检测、回溯与根因分析，为电信网络建立端、边、网、云智能主体间的泛在交互和协同机制，准确感知网络安全态势并预测潜在风险，进而通过智能共识决策机制完成自主优化演进，实现主动纵深安全防御和安全风险自动处置；同时，提供实用化的安全分析与告警，抵御各类APT攻击。

总结

5G可信网络内生安全体系从安全自治、防御、预测、检测、响应4个维度，强调安全防护是一个持续处理的、循环的过程，并实现主要业务场景的自适应安全模型建设；基于自适应安全架构，实现防御能力、检测能力、响应能力、预测能力的生成和协同，实现安全攻击的自我发现、自我修复、自我平衡，构建自主的安全免疫能力，形成网络一体化安全服务。

中兴通讯致力于建设端到端自动化、AI智能、弹性可信内生安全通信网络，为全球客户提供更加安全可信的产品与服务。 ZTE中兴

5G+确定性智能电网应用



张强
中兴通讯核心网IPR总监

南方电网联合中国移动、中兴通讯，2020年在广州完成了首个商用电力切片专网的部署，网络包括100多个站点，覆盖整个南沙新区，并成功验证了50多个电力通信业务。5G切片专网不仅为电网生产区通信业务提供了资源的高安全隔离，还提供了低时延、低抖动的确定性通信。

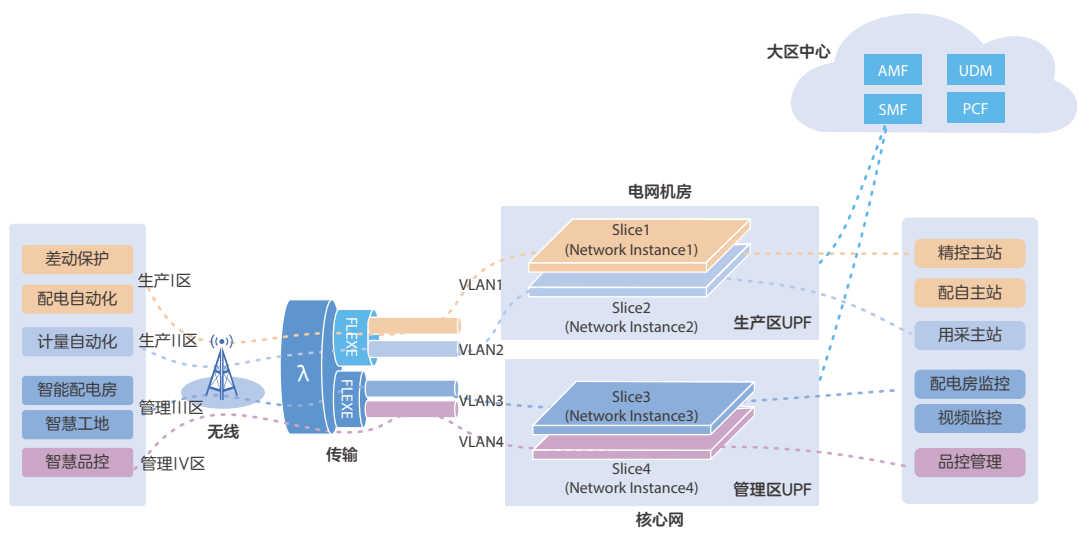
南方电网业务涉及发、输、变、配、用等5个环节，不同业务对网络的安全隔离性、带宽、时延、抖动、授时精度等都有不同的要求。根据SLA及业务作用的不同，电网业务又分为生产区和管理区两大类业务。不同的智能电网业务，需要不同的5G网络性能满足其通信连接需求。对于生产区的业务，例如差动保护、配网PMU、配电自动化业务，需要高可靠、低时延、高精度授时通信连接；对于管理区的业务，例如变电站类业务、综合类业务，有高带宽的需求。

对于低时延、低抖动的生产区电网业务，南沙生产区切片采用了PRB资源预留、FlexE高速转发通道、UPF下沉分流、MS2MS点到点直接通信等5G先进技术进行保障，并逐步结合5G LAN、URLLC、TSN等提供确定性通信。对于时延和确定性要求不高的管理区业务，南沙管理区切片切片采用了QoS优先级调度等技术进行保障。广州南沙电网切片专网拓扑图见图1。

端到端通信

传统的差动保护业务通过光纤直连的方式实现二层报文的单播或组播通信。在广州南沙项目中，采用5G网络替代光纤实现差动保护终端的互联。在5G通信技术中，5G LAN可以提供UE到UE的层二通信，但现阶段5G LAN产业链还不成熟，终端还不支持二层会话的建立，因此，中兴通讯

图1 广州南沙电网切片专网



创新采用MS2MS (Mobile Station to Mobile Station) 功能提供点到点、点到多点的通信, 对DTU (Distribution Terminal Unit) 进行升级改造提供三层通信, DTU通过CPE接入5G网络, 差动保护消息直接在UPF进行环回, 从而实现UE到UE的通信, 后续可以平滑演进到5G LAN。

PRB资源预留

5G无线空口资源可从时、频、空维度划分为不同的资源块, 其中频域方向可以分为物理资源块 (PRB), 每个PRB对应12个子载波。根据电网生产区业务通信高安全、低时延的特点, 在广州南沙项目中, 无线采用了PRB预留技术, 保障无线侧电网的快速转发, 根据业务的带宽、时延等要求, 对生产区的业务设置合适的PRB资源预留比例。

PRB预留资源可对应到一个切片组, 用于组内各切片内的所有业务。不同切片的数据承载 (DRB) 映射到不同的物理资源块 (PRB), 实现物理安全隔离, 互不影响。通过预留, 可以无竞争地获取资源, 获得有保证的高可靠性。相对于共享PRB资源的QoS切片, PRB预留切片可以提供类似于专用无线频谱资源的硬隔离, 并且支持灵活的PRB资源独享和共享策略。通过预留一定比例的PRB资源, 保障电力分区切片专网的带宽资源, 提供了一定的隔离性、确定性保障。

QoS优先级调度

针对隔离性要求不是很高的管理区业务, 可以直接采用切片+QoS优先级进行调度。其次, 对于隔离性要求比较高的生产区的业务, 可能需要对PRB预留切片内不同的电力业务进行进一步的差异化保障, 例如生产控制I区内, 有秒级时延需求的配电自动化三遥业务, 也有50ms时延需求的PMU (Phasor Measurement Unit) 业务, 可通过对这些业务的性能需求进行聚类, 分配不同的5QI, 并结合具体的切片S-NSSAI, 匹配到不同的无线策略参数, 从而实现统一切片内不同电力业务的差异化服务质量保障。

专用UPF

针对电网业务高隔离、低时延的需要, 将UPF (User Plane Function) 直接下沉至电网的机房中, 提供本地业务的接入, 即保证电网业务的安全性和数据不出园区, 从而保障低时延的确定性通信。

其次, 根据电网业务的安全特性要求, 中兴通讯提出UPF共享时多网络实例多切片的隔离技术, 解决智能电网生产区和管理区各业务共用UPF时的资源隔离问题。对于安全性要求比较高的生产控制大区部署物理独立的专用UPF, 在此基础上, 再划分逻辑独立的UPF切片, 实现UPF多网络实例, 提供安全区I、II的业务隔离和SLA保障。

- 多实例: 根据电网各区业务之间的资源隔离和SLA保障的要求, 在UPF上设置不同的网络实例, 并对每个网络实例设置不同的资源和VPN的隔离策略;
- 多切片: 建立电力切片与多网络实例之间的映射关系, 并通过网络多实例 (Network Instance) 技术实现电力切片之间的资源隔离、网络平面隔离 (VLAN)、带宽隔离等。

TSN技术

URLLC+TSN是电网后续的最佳解决方案, 可以同时解决低时延、高可靠、低抖动的问题。目前URLLC和TSN产业链还不够成熟, 可以结合产业链的进展, 逐步将URLLC和TSN技术引入到电网通信业务中。

中兴通讯在与南方电网的深度合作和示范验证项目中, 提供无线、承载、核心网等全套产品, 构建端到端、低时延、低抖动的5G确定性网络切片, 为不同安全区的电网业务提供差异化的SLA保障。同时, 中兴通讯致力于5G LAN、TSN、URLLC、精准授时、小颗粒度FlexE等多种关键技术的解决方案, 助力5G+智能电网新业务的快速开展与部署。ZTE中兴



中兴通讯助力广东联通新技术验证：

融合SRv6及切片的Inband OAM



郑颖
中兴通讯承载网管控产品
市场经理

伴 随5G与垂直行业的深度融合推进，网络差异化服务的需求增强，5G网络功能日趋灵活，网络维护也日趋复杂。为保障高质量的网络业务服务，需要对网络状态进行实时精细感知，因此对承载网性能检测技术提出了巨大挑战。

传统网络运维OAM检测多采用构造检测报文方式，间接探测网络质量，不能完全真实反应业务SLA（Service Level Agreement）；其次，传统信息采集周期为分钟级，无法捕获微突发异常，承载网只能在业务质量劣化或发生故障后被动响应用户投诉；并且传统检测方法无法自动逐跳检测，难以快速故障定界，经常需要多团队协同定位，定位周期长、过程复杂，还会造成人力浪费。

为了解决传统城域网络在承载5G大带宽、云化网络、云网融合、SDN业务时面临的挑战，中国联通集团提出了以“网络结构简化、网络协议简化、网络控制和网络智能管理化”为特点，面向5G业务为主的融合承载、高可靠、高可用的新型智能城域网络。中兴通讯结合对中国联通需求

的理解，利用自身在5G承载网领域的深厚技术积累，积极配合中国联通为构建新型智能城域网络进行验证性研究。

中国联通广东省分公司（下称广东联通）作为联通集团的新型智能城域网络设计思想的积极践行者，和中兴通讯展开多项合作，并于近日在广东联通5G应用研究实验室成功完成了兼容SRv6和MPLS-SR技术的Inband OAM业务质量实时感知的新技术应用验证。本次验证的内容包括差异化分级监测、毫秒级故障检测、实时业务质量感知、逐跳故障定界、业务快速恢复，全网SLA可视、可管、可控。这一系列新技术的成功验证为打造高品质5G端到端融合承载网络提供坚实的技术基础。

SLA端到端自动化感知：覆盖5G ToB、ToC业务

5G网络功能日趋灵活，垂直行业催生业务差异化需求，网络指标检测精度要求越来越高，传统人工为主的网络运维，远远不能满足5G网络应用

要求，自动化、智能化的业务SLA感知成为必然。

本次专项验证了新型智能城域网承载的多种业务模型，实现了对5G移动业务（L3VPN Over SR-TE、HOVPN Over SR-BE）、5G专线业务（L2EVPN Over SR-TE）的SLA端到端自动化感知，业务质量状态在ZENIC ONE界面上以拓扑路径形式端到端呈现，并且辅之以Dashboard、下钻趋势图等方式，提供业务路径上业务质量、流量的全景图式的多维度展示，帮助用户实时掌握网络健康状态。

Inband OAM+SRv6：云网一体的端到端质量保障

Inband OAM和SRv6两种新技术的结合，以实现端到端SRv6的基站业务和政企业务的质量检测是此次的验证的重点。SRv6具备标签空间数量无限、全网唯一、任意点可达的优点，能够实现只要地址可达，可以任意点接入，任意点之间互联，能够更好地适配5G和云服务的灵活组网、按需服务、差异化保障等需求，是下一代互联网演进的主流技术路线。Inband OAM技术与SRv6相结合，为网络提供了更好的OAM能力。不论是移动业务（SRv6 L3EVPN Over SRv6 BE）还是政企业务（SRv6 L2EVPN Over SRv6 Policy）都能简化运维，更好地满足了统一承载、简化部署、端到端业务SLA的高可靠性需求，助力运营商快速使能NaaS。

SLA质差业务快速定界

本次还验证了在模拟毫秒级时延突变、低概

率丢包等各种网络故障的情况下，中兴通讯Inband OAM方案精准捕获的能力。中兴通讯ZENIC ONE系统上会将故障信息实时呈现在业务拓扑路径上，用户可直观看到异常发生的节点位置；通过下钻，最细粒度可以查看到关联的端口性能状态。系统提供了实时及历史的性能趋势图表，使得当前和过去一段时间内的性能状态一目了然。ZENIC ONE根据采样信息分析，实现业务路径快速调优，主动运维，在客户感知异常前主动响应，提升5G承载运维效能。

适配垂直行业差异化需求，业务分级监控

5G网络切片基于统一基础设施和统一的网络提供多种端到端逻辑“专用网络”，服务垂直行业，以最优适配行业用户的各种业务需求。针对不同行业业务的隔离度、时延和可靠性需求，中兴通讯Inband OAM方案，结合切片技术和SRv6技术优点，提供了端到端分级监控能力。根据用户精细化管理的不同要求，提供不同的监控周期粒度，对ToB业务短周期监控，快速定位微突发故障，ToC业务按照长周期监控，助力实现运营商网络运维和网络应用效益最大化。

作为领先的综合通信信息解决方案提供商，中兴通讯助力中国联通持续科技创新，打造差异化核心优势，实现数字化赋能，为用户提供“更优质、更智能、更贴心”的服务体验，为千行百业提供最优品质的服务。ZTE中兴



NQI-KPI质差分析工具

助力大连联通网络质量提升



沈远
中兴通讯无线产品规划
总工

大连联通作为东北地区重要的运营商之一，网络规模和用户数量都位居前列，4G和5G站点总数超过13000个，分流比位居辽宁省第一，5G驻留比居全省第二，净推荐值（NPS）跃居全省第一。质差小区分析一直是大连联通网络优化的重点之一。在质差小区优化分析过程中，网优工程师需手动关联各类子因计数器、参数配置、告警等数据，对于问题的处理依赖于网优工程师的理论功底和工作经验，网络KPI问题的处理繁琐且低效。网优人员亟需质差小区监控分析工具，能够自动识别并处理质差小区。

新时代网优利器应运而生

5G时代，AI和大数据等各项新技术逐步应用于通信领域，也使得质差小区的智能识别和快速闭环处理成为可能。在这样的背景下，新时代网优利器NQI（Network Quality Insight，网络质量洞察）应运而生。NQI作为中兴通讯无线智动运

维方案UME-NIA（UME-Network Intelligence Automation）的一个重要应用，与UME网管共平台部署，无需额外部署硬件，为UME网管提供智能化和自动化运维，支持对4G/5G网络数据进行分析。NQI主要功能包括KPI质差小区分析、干扰分析、网络异动检测和容量参数自优化。

KPI质差小区分析功能，融合网优专家丰富的分析优化经验，自动关联网管中的配置、告警等数据，利用中兴通讯创新算法完成Top质差小区的根因定位，为网络维护和优化提供多种常见KPI问题的分析定位及解决建议，提升网优效率。

KPI质差小区分析具备以下功能和特点：

- 质差小区自动识别
该功能支持周期性自动识别睡眠、低话务、退服、KPI恶化等TOP质差小区，并可对多类性能指标进行筛选，包括接入类、寻呼类、系统间/内切换类、掉话类、感知类等，并支持自定义组合指标的筛选。
- 质差小区根因定位
该功能可分析质差小区的异常计数器，自动

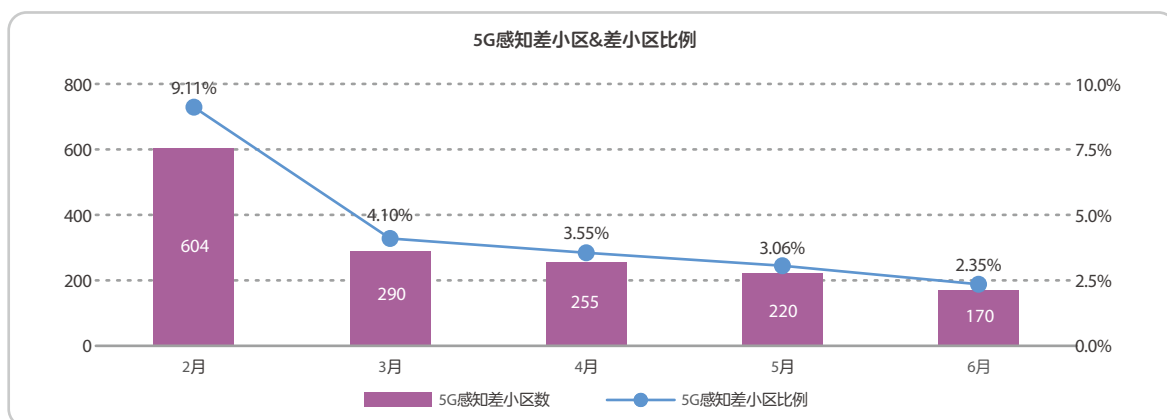


图1 大连联通5G感知差小区比例变化

定位质差根因，根因包括但不限于终端异常、覆盖问题、干扰问题、邻区配置问题、核心网参数问题和硬件问题等。相对于传统人工分析，NQI可大幅缩短分析周期，以20000个小区为例，传统方式下对接通率、掉线率、切换成功率等主要指标的分析耗时约9.5小时，使用NQI以后可缩短为1小时，而且全程无需人工参与。在人力投入方面，20000小区的质差分析，传统方式需要投入1.2人天，引入NQI后只需要0.1人天，按照每天处理一次的频率，NQI可节省1.1人天，一年约节省400人天，折合人力成本60万元。

● 处理建议明确，快速闭环

该功能针对常见的KPI问题如接通率、掉线率、切换成功率等，均提供各类根因的处理建议，根因分析准确率超过80%。除了可以使用NQI自带的专家经验进行根因分析外，也可以基于现场的经验自定义根因。该功能和运营商的日常工单处理流程相结合，可极大提升质差小区的处理效率和工单闭环率。

KPI质差分析助力大连联通网络提质提效

大连联通从2021年初开始率先进行NQI KPI质差分析功能试点，当前NQI KPI质差分析已经嵌入到日常指标优化的流程中，在提升网络质量的

同时，现场优化工程师分析质差小区的效率也得到了极大提升。

为打造匠心网络，收敛质差小区，提升在网用户体验，大连联通利用KPI质差分析功能，迅速识别和定位质差小区并进行根因分析，快速定位。

- 切换成功率低的质差小区根因：切换门限不合理、对端小区参数配置错误或覆盖等；
- 无线接通率低的质差小区根因：上下行不平衡问题、异常终端问题或参数配置问题等；
- 无线掉线率高的质差小区根因：切换参数配置不合理、弱覆盖类、切换带不合理或异常终端问题等。

得益于问题的高效定位和精准分析，现场质差小区的整体处理效率明显提升，通过多轮次质差小区优化，质差小区比例降低到2.35%（见图1）。

化繁为简，直击根因，中兴通讯将借助丰富的网络优化经验，不断打磨完善UME-NIA智动运维解决方案。面向未来，中兴通讯将继续携手大连联通，在领航城市的共同目标下，借助丰富的智动运维功能，保障5G网络部署进程，降低运维成本，提升运维效率及用户感知，助力大连联通打造5G精品网络。ZTE中兴

中兴通讯积极践行CSF框架， 全面护航客户网络安全



曹鲲鹏
中兴通讯工程服务产品
安全规划专家

随 着组织规模的增大、网络复杂程度的指数级增长，以及攻击手段的多样化和隐蔽性，网络安全风险逐日递增。为了指导组织改善网络安全、风险管理和系统恢复等能力，美国国家标准和技术研究院NIST（National Institute of Standards and Technology）于2014年制定了由系列标准（ISO27001、COBIT、NIST SP800等）、指南和最佳实践组成的网络安全框架（Cybersecurity Framework, CSF）。目前，CSF被包括美国、意大利和以色列等在内的诸多国家/地区作为其国家网络安全准则的基础，同时也被越来越多的政府和行业支持，并成为更多组织使用的权威性网络安全标准。

CSF框架由五大领域组成，即资产识别（Identify）、安全保护（Protect）、安全检测（Detect）、安全响应（Response）和安全恢复（Recover）（见图1）。该框架实现了网络安全



图1 CSF网络安全框架组成

事前、事中、事后的全过程覆盖，为协助组织分辨风险、防范及侦测威胁，以及应对安全事件和事后复原提供了全面的路线图。为向客户更为安全可信地提供产品和服务，中兴通讯于2019年正式引入CSF网络安全框架，并持续在对应领域建设和提升相关能力。经过近两年的实践，中兴通讯的交付安全能力得到全球客户认可。

识别：全面科学管理资产风险

实施安全保护的前提是识别应保护的资产（即资产）及对应的风险。工程服务过程中，要保护的资产形态各异，包含部署在现网的软硬件设备、客户数据、文档、工具、可移动介质等。

为全面指导工程服务人员对资产进行风险识别与管控，中兴通讯全球服务产品安全团队经过深入研究，于2020年制定了对标NIST SP800系列、GBT 20984等标准的科学风险评估程序。目前，该风险评估程序已面向全球多个项目启用，工程服务人员依据此程序对物理环境、人员、安全意识、管理流程、软硬件、服务等进行完整的价值、威胁、脆弱性分析，并根据识别的衍生风险和资产安全策略确定合理的管控举措，极大地降低了客户的网络安全风险。

保护：对核心资产设置多层抵御防线

工程服务过程中，对客户网络设备等重要资

产的保护主要体现在以纵深防御为特点的层层防线设置。

第一道防线是物理安全。工程服务人员在进入核心机房等网络安全敏感区域时，需严格遵守与客户约定的物理安全要求，避免因接触无关人员或进行不当行为而造成信息泄密等。

第二道防线是访问控制。在交付领域，主要体现在登录账号和密码的安全使用。目前，中兴通讯已制定了完整的流程规范（如“一人一账户”“密码复杂度”“禁止跨设备使用相同密码”等）指导工程服务人员现场规范动作。同时，中兴通讯定期进行随机的规范实施检查，确保相关举措的执行。

第三道防线是对重要数据的安全传递、存储和使用。中兴通讯产品软件均从指定的支撑网站下载，升级前会进行病毒扫描和完整性校验，确保未发生病毒感染和内容篡改。对客户授权后临时存储在本地个人工作电脑上的客户数据，工程服务人员严格按照中兴通讯要求进行数据分级并进行对应的安全存储（如加密等）。如出于故障处理目的回传日志等数据，工程服务人员在遵循所在地法律法规并获取客户授权后采用加密等方式对数据进行安全传输。

检测：应对持续变化的网络安全威胁

随着攻击技术的迅猛发展，内外部威胁的复杂性也在不断变化，如果保护措施一成不变，客户网络设备的防护能力会逐渐降低甚至失效，最终导致安全事件。因此，对保护措施的定期检测和提升需要设备提供方和网络运营者持续关注。

中兴通讯提供的产品在交付前会进行基线和相关加固配置，在通过客户或其授权的第三方的严格安全测试后才正式商用。网络运维期间，除了配合客户定期的漏洞扫描和其部署在网络中的IDS/IPS/SIEM等安全设备的使用，中兴通讯还按照合同承诺定期对网络设备进行包含攻击检测在内的安全检查，并配合客户重大活动进行专项安全保障。

中兴通讯的某些特定产品还集成了白名单程序功能，该功能在成功捕捉到入侵者在设备上启动木马、病毒等恶意应用时，会即时预警。

响应：7×24小时快速行动，降低安全事件负面影响

安全事件发生并被识别后，快速响应非常重要。中兴通讯客户支持中心系统支持工程服务人员7×24小时对识别的安全事件快速上报并标记为安全事件，并根据填报的严重等级和预设的服务等级协议（Service Level Agreement, SLA）自动转至对应产品的安全专家，继而输出匹配的遏制、缓解及根除方案。

恢复：专业排查，最大程度修复受影响业务

当安全事件不可避免地发生后，如何快速有效地恢复需要与相关方进行充分沟通与协调，尽力减轻安全事件本身带来的负面影响和破坏程度。因安全事件的特殊性，如何在确保SLA达标的同时又不破坏攻击现场，及时留存证据，并对攻击链进行源头追溯等，需要平衡考虑。

中兴通讯各产品均制定了详尽的包含网络攻击在内的突发情况的应急预案，同时定期进行内部应急演练。在攻击事件发生后，安全专家第一时间指导现场人员迅速采取遏制、限制等动作（如对网络进行隔离等）并进行根因排查和根除，确保威胁源得到控制、业务有效恢复。

安全是一个需要持续投入、演进和提升的系统性工程，除了依托CSF框架全面提升交付能力的安全性和可信性，中兴通讯还贴近客户网络安全需求，不断打造覆盖产品、服务、供应链等一体化的网络安全生态圈，并致力于构面向客户的全面运营安全体系架构，为网络安全保驾护航。[ZTE中兴](#)

ZTE中兴

让沟通与信任无处不在