



工业和信息化部主管
人民邮电出版社主办



中国通信企业协会会刊

总第817期 2019年9月15日 第25期

通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

P05 共建共享 联通电信15城
分区承建5G接入网

P06 运营商
否认对5G手机进行补贴

P07 iPhone11发布背后
是创新乏力还是务实创新?

「
不只乌镇
一场5G+互联网大会」

Beijing

北京
2019年11月6日
见

ISSN 1009-1564



9 771009 156197

25

杂志 网站 新媒体

一个全能的媒体服务平台



通信世界全媒体



四张牌照两张网？

刘启诚



9月9日，中国联通的一纸公告震动业界：中国联通与中国电信签署《5G网络共建共享框架合作协议书》。因其对通信行业的影响足以和5G牌照发放相提并论，有人将中国联通和中国电信的这一举动列为影响中国5G发展的“重大事件”。

确实，无论从哪个方面来看，中国联通和中国电信在5G网络建设上“共建共享”的举动都有着深远影响。其中之一就是，中国将可能出现两张5G网络。从中国联通和中国电信签署的合作协议来看，中国联通将与中国电信在全国范围内合作共建一张5G接入网络：5G网络共建共享采用接入网共享方式，核心网各自建设，5G频率资源共享。这意味着各自拿了一张牌照的中国电信和中国联通，在未来5G时代只建一张5G网络。那么，另外两家拥有5G牌照的中国移动和中国广电，从目前的情况看，也极有可能只建一张5G网络——因为广电没有实力单独建设一张5G网络。

在6月6日5G牌照发放之前，业界就曾有讨论，5G牌照可能会发放两张。当时业界分析是在中国联通和中国电信有可能合并的背景下得出的结论。若此，两张牌照对应两张网络。当然，工信部最终发放了4张牌照。

如今半年已过，有关运营商建设5G网络的消息也不时爆出，但除了中国移动宣布将在5G网络上大手笔投入240亿元建设5万个基站，联通和电信投入都不足百亿。运营商在5G网络建设资金的“捉襟见肘”，让业界对5G未来的市场预测充满不确定性。而在运营商内部，有关5G

建设也多有不同声音。尽管外界对5G建设充满期待，但对于运营商来讲，在收入下滑、利润负增长的情况下，想要建设好5G网络，无疑陷入到“巧妇难为无米之炊”的窘境。

但5G建设是国家大计，是未来数字经济发展的基础，所以，无论如何建设，5G不能迟缓。但怎么建，钱从哪儿来，都是考验运营商的难题。如今中国联通和中国电信给出了答案，在当前情况下，“共建共享”算是一个最佳的选择。其实在这一合作协议出台之前，三家运营商就有过相关的沟通和交流。中国联通董事长王晓初在半年业绩发布会上就表态，在5G建设上，中国联通与中国电信及中国移动均有洽谈，与中国电信合作的总体想法是“共建共享”，各自维护自己的基站，各自经营自己的品牌和客户群，而与中国移动洽商方向则是漫游方式。

显然，国内5G建设两张网络的格局已定。当前，与其分析建设两张网络对谁利空、利好，不如加紧建设步伐，赶紧建成网络投入商用。古人曾云：与其临渊羡鱼，不如退而结网。现今的情形是，5G发展大方向是确定的，但商业模式和应用场景还充满着不确定性。建几张网不是问题的关键，核心需要解决的是5G商用的落地，否则，一切都是镜中花，水中月。

所以，中国联通和中国电信“合体”建设5G，既是5G发展的必然，也是市场选择的必然。这不是“联吴抗曹”的谋略，而是为了生存的抱团取暖。

**28** 5G · 无线

虽然共建共享带来的深远影响尚有待观察，但是现阶段我国在5G建设方面做的重大调整都是为提升我国5G实力而做出的重要努力。

共建共享 5G向前迈进一大步

关注

- 05 共建共享 联通电信15城分区承建5G接入网
- 06 运营商否认对5G手机进行补贴 这笔费用谁来承担？

评论

- 07 iPhone11发布背后：是创新乏力还是务实创新？
- 08 5G真的可以“拯救”运营商？

运营之道

- 09 寻找新动能 运营商需重拾语音价值

- 12 把握5G时代盈利模式 运营商先“通关”云游戏
- 15 他山之石，可以攻玉
从韩国SK电讯看我国运营商5G发展之路
- 17 中国铁塔能源领域创新再落地 助力5G网络电力保障

智能物联

- 18 当物联网遇到5G，应用百花齐放
- 20 5G由浅入深赋能工业互联网
- 24 中国移动发力智慧城市运营 打造更“柔韧”的城市
- 26 中国联通助力智慧城市业务 打造智慧城市应用示范



35 光 · 承载

当前可调激光器产业链已基本成熟，建议全产业链共同参与，聚焦应用需求，统一产业链，以进一步降低成本，加速推动产业化应用，服务于 5G 网络建设。

5G前传的 25G WDM技术方案探析

5G · 无线

- 28 共建共享 5G向前迈进一大步
- 30 探讨5G网络规划 合理建设5G网络
- 33 5G创新成华为亚太创新日最大亮点 各方推进“科技至善”

光 · 承载

- 35 5G前传的25G WDM技术方案探析
- 39 光传送网多域分段保护技术探讨

云 · IT

- 43 AI、边缘计算加持 共探5G时代数据中心新发展
- 45 网络安全新思路 从DevOps到DevSecOps

广告目录

- | | |
|----|-------------|
| 封二 | 通信世界全媒体广告 |
| 封三 | 通信世界发行广告 |
| 封底 | 新中国成立70周年征文 |



编委会

编委会名誉主任

苗建华 中国通信企业协会会长

编委会主任

顾 昀 人民邮电出版社社长

编委会副主任

赵中新 中国通信企业协会副会长兼秘书长

刘华鲁 人民邮电出版社副社长

编委会委员

蒋林涛 中国信息通信研究院科技委主任

余晓晖 中国信息通信研究院副院长

胡坚波 中国信息通信研究院总工程师

靳东滨 中国通信企业协会通信网络运营专业委员会主任

张明天 中国通信企业协会通信运营专委会常务副主任

杨 骅 TD产业联盟秘书长

李长海 中国工信出版传媒集团总经理助理

张同须 中国移动研究院院长

沈少艾 中国电信科技创新部顾问

张成良 中国电信科技创新部副总经理

黄宇红 中国移动研究院副院长

唐雄燕 中国联通网络技术研究院首席专家

窦 笠 中国铁塔股份有限公司技术部总经理

吕廷杰 北京邮电大学教授

梁海滨 信通传媒副总编辑

刘启诚 信通传媒《通信世界》全媒体总编辑

陈山枝 中国信科集团副总经理

钱利荣 俊知集团有限公司董事局主席

彭俊江 爱立信东北亚区研发中心总经理

王瑞春 长飞公司研发中心总经理

马 斌 腾讯公司副总裁

《通信世界》全媒体中心

总经理/总编辑：刘启诚

策划营销部：

黄海峰 姜蓓蓓 郅勇志

舒文琼 张 鹏

编辑部：

《通信世界》执行主编：刁兴玲

通信世界网执行主编：耿鹏飞

通信世界新媒体执行主编：申 晴

编辑记者：

程琳琳 蒋雅丽 范卉青

孟 月 甄清岚 刘婷宜

羊脂玉 梅雅鑫 田小梦

吕 萌 刘 江 王禹蓉

宋迪娜（实习）

综合部：

主任：林 嵩

美术编辑：

杨斯涵 李曼 张航

网络技术：伍朝晖

编辑部Edition Department：

+86-10-81055621

营销部Sales Department：

+86-10-81055499

发行部Circulation Department：

+86-10-81055598

传 真Fax：

+86-10-81055474(营销部)

+86-10-81055464(发行部)

通信世界网

Website of Communications World

网 址

Website : www.cww.net.cn

主管单位：工业和信息化部

Guided by the Ministry of Industry and Information Technology

主办单位：人民邮电出版社有限公司

Organized by the Post & Telecommunications Press

广告许可证：京东工商广登字20170149号

承印单位：北京艾普海德印刷有限公司

地 址：北京市昌平区马池口镇横桥村南

定 价：15.00元

通信地址：北京市丰台区成寿寺路11号8层

Address: F8, No. 11, Chengshou Temple Road, Fengtai District, Beijing, China

邮发代号：82-659

国外发行代号：T1663

刊号：ISSN1009-1564

CN 11-4405/TP

邮 编：100164

Post Code: 100164

本 刊 声 明

- 《通信世界》授权信通传媒旗下通信世界网为本刊唯一网络发布平台，本刊所有内容将在通信世界网上同时刊登，本刊文章可能由通信世界网向其他合作网站免费提供。
- 向本刊投稿的作者，均应同意上述条件，如不同意请在来稿中特别说明。
- 本刊寄发给作者的稿酬，已含其作品发表在本刊网站及电子版上的稿酬。
- 向本刊投稿的作者应同意授权本刊可以依法维护其著作权等权利。
- 未经本刊书面同意，不得以任何形式转载、使用本刊所刊登的文章及图片。

本刊记者

刘华鲁 易东山 梁海滨 黄海峰

牛小敏 刁兴玲 程琳琳 蒋雅丽

国家新闻出版广电总局

举报电话:010-83138953

共建共享

联通电信15城分区承建5G接入网

根据双方签署的合作协议，联通运营公司将与中国电信在全国范围内合作共建一张5G接入网络，5G网络共建共享采用接入网共享方式，核心网各自建设，5G频率资源共享。

本刊记者 | 范卉青

9月9日，中国联通发布重大新闻，宣布中国联合网络通信有限公司（简称“联通运营公司”）正式与中国电信签署《5G网络共建共享框架合作协议书》。至此，中国联通与中国电信在全国范围内合作共建一张5G接入网络一事，终于尘埃落定。

从预热到牵手，共建方式成共识

中国联通董事长王晓初在今年8月召开半年业绩发布会上就讲过：“政府鼓励运营商在资源上共建共享，因为5G投资非常大，中国联通一定会与某一家或者是多家运营商合作建设5G。”王晓初认为，共建共享5G网络，每家运营商大概可以节省2000亿元的建设开支。

在此之前，中国联通、中国电信两家的合作就有迹可循。2018年5G频段发放时，中国联通、中国电信获得了3.5GHz的连续频段，当时就有业内人士猜测双方共建一张5G网的可能性非常大。面对高昂的5G建设费用，运营商也没底气说“不差钱”，面对优势显著的中国移动，如何在5G时代建成一张可以与之“抗衡”的5G网络，成了中国联通和中国电信共同面对的课题。

根据双方签署的合作协议，联通运营



公司将与中国电信在全国范围内合作共建一张5G接入网络，双方划定区域、分区建设，各自负责在划定区域内的5G网络建设相关工作，本着“谁建设、谁投资、谁维护、谁承担网络运营成本”的原则。据悉，5G网络共建共享采用接入网共享方式，核心网各自建设，5G频率资源共享，双方联合确保5G网络共建共享区域的网络规划、建设、维护及服务标准统一，保证同等服务水平。双方各自与第三方的网络共建共享合作不能损害另一方的利益，而且双方用户归属不变，品牌和业务运营保持独立。

在网络建设区域方面，双方将在15个城市分区承建5G网络，双方将秉持共建共享效益最大化、有利于可持续合作、不以结算作为盈利手段的原则，坚持公平市场化结算，制订合理、精简的结算办法。

节省成本，双方价值最大化

从某种程度上来说，优质的5G网络

都是“钱”堆出来的。与此同时，工信部发布的上半年通信业运行情况统计公报显示，今年上半年，电信业务收入同比下降0.03%，这是4G商用以来电信业务收入

累计值首次出现负增长。运营商和整个通信行业都不得不面临转型带来的阵痛，要在迷惘中寻找光亮。

在业内分析师付亮看来，本次中国联通和中国电信的5G网络共建，分工基

本上考虑了两家的资源优势 and 已投入情况，做到了价值最大化。具体来看，相比之前的中国电信、中国联通4G网络共建共享，此次共建双方提前做了分工，全部接入网都采取一家建设，两家共享的方式，也可大幅减少扯皮，更容易成功。付亮还表示，从长远看，中国电信、中国联通有成立独立运维公司的可能，将进一步减少扯皮，提高效率。

向前追溯，1994年成立的中国联通本身就是改革的产物。王晓初自2015年来到联通后，也一直在努力推进中国联通的改革创新。两年前的混改、互联网化转型以及此次的合作共建都是最好的证明。有中国联通内部人士向记者表示：“在改革创新的路路上，中国联通或许称不上是最成功的，但应该是最坚持的。”

中国联通与中国电信的5G共建共享，国内并没有可以借鉴的模式，双方此次合作开创先河，5G网络建设步伐有望加快。

运营商否认对5G手机进行补贴 这笔费用谁来承担？

当前，三大运营商处于5G基站建设的重压和上半年增量不增收的困境中，手机厂商负重前行，挑起了推广5G终端的重担。

本刊记者 | 吕萌

5G是万物互联互通的时代，5G终端是打开万物互联的钥匙，手机是目前消费者接触最多、使用最多的终端。

近日，有消息称三大运营商原计划在5G商用初期对5G手机进行补贴，但三大运营商均对此表示否认。

手机厂商负重前行推广5G终端

运营商对终端进行补贴在3G、4G商用初期都曾实施过，一种方式是在用户购买手机时绑定运营商指定套餐，可降低手机购机价格；另一种方式是在用户订购套餐时，运营商向用户赠送手机的方式进行补贴。

目前，我国正在销售的5G手机有华为Mate 20X 5G版、中兴Axon 10 Pro 5G版、vivo iQOO Pro 5G版和三星Note 10 Plus 5G版本等，其对应的售价分别是6199元、4999元、3798元和7999元。据产业链内部人士透露，接下来小米、OPPO、一加、魅族等厂商将推出的5G手机，价格将在4000元左右。如此一来，手机厂商负担了5G手机推广的部分费用，给了运营商一定的生存空间。

当前，三大运营商处于5G基站建设的重压和上半年增量不增收的困境中，手机厂商负重前行，挑起了推广5G终端的重担。

纵观全球，我国的5G手机价格已十

分亲民，尤其是vivo iQOO Pro 5G版，售价跌破了4000元。对此，vivo通信研究院总经理秦飞表示，5G初期推广阶段产业链各方均不太成熟，因此vivo以一个合适的价格推出首款5G手机，其目的是尽快让用户进入5G时代，催生各种5G应用。如此一来，相应的5G生态与市场才能进入良性循环，这也是vivo作为头部手机厂商的义务和担当。

在2019年世界电信和信息社会日大会上，BCI通讯研究副总经理孙琦也曾表示：“5G是4万亿~5万亿的产业，这是市场极大的机会，虽然这个市场很大，但是产业链各端都面临着巨大的压力，无论是终端厂商还是运营商，第一步就是要‘抢’用户。”

运营商或以优惠套餐吸引用户

在我国5G网络商用初期，5G手机价格“跳水”的情况下，运营商已不需要通过手机补贴的形式来推广5G手机了。不过据业内资深人士分析，虽然运营商否认了类似的终端补贴手段，但其依旧可以通过预存话费降低购机价格、手机以旧换新、套餐优惠等方式进行促销。

韩国是最先推出5G商用的国家，韩国运营商SK电讯自今年4月3日实现5G商用化后，5G用户仅3个月就突破53万人，更于近日宣布其5G用户数突破了

百万。SK电讯的5G发展依赖于其优惠的5G套餐资费和其5G手机补贴。由于我国5G手机价格的亲民和运营商对5G手机补贴的否认，此处仅分析SK电讯的5G套餐设计。

SK电讯针对促销期间入网的用户提供了优惠政策，如针对中高档套餐用户提供24个月不限速率的完全 unlimited 优惠和24个月手机保险优惠；针对7.5万韩元低档套餐用户赠送24个月每月50GB额外流量；针对9.5万韩元中档套餐用户提供接近24个月每月6000韩元的折扣优惠。同时，SK电讯所推出的5G套餐与4G套餐完全 unlimited 资费差异不大，5G套餐资费甚至相比4G资费有所下降。相同流量的情况下，由4G套餐的10万韩元下降至5G套餐的9.5万韩元，由4G套餐的8.9万韩元下降至5G的8万韩元。

目前，我国三大运营商的5G套餐资费设计均未公布，有消息人士透露，三大运营商将在国庆假期前公布其5G套餐。同时据记者了解，中国电信的5G套餐或将在9月19日召开的天翼展上正式公布，中国移动和中国联通的5G套餐设计或也将于近日浮出水面。

总而言之，5G的发展和推广任重道远，我国5G产业链各端都需要肩负起5G发展的重任，不断前行。

iPhone11发布背后 是创新乏力还是务实创新？

孙永杰

苹果新的iPhone发布了，与这两年的情况一样，由于剧透和友商看似在硬件配置上的领先，iPhone11系列一经发布，立马引来了诸多业内人士和网友的吐槽，依然是那句创新乏力。其实这些吐槽的人士只需要反问自己一句就会觉得自己的这种论点是如此的随意和不堪一击。那就是按照苹果的实力（包括资金和技术等），诸如友商的那些看似领先的硬件配置，苹果是否可以轻而易举地办到？事实究竟是怎样？

既然在iPhone11发布后，有关发布会上苹果与友商芯片性能表现对比上了微博的热搜榜，那笔者就先从芯片看苹果的创新模式。

其实就芯片而言，让笔者稍感意外的是，苹果最新的A13 Bionic并未采用此前业内一直传闻，甚至是独家买断的台积电最新的7nm+EUV制程，而是沿用了去年的7nm制程。即便如此，A13 Bionic相较于前代的A12 Bionic芯片，在CPU上，性能提升了20%，同时能耗降低了30%~40%；神经引擎和上一代一样拥有8个核心，性能提升20%，能耗最多可降低15%。

苹果在决定芯片能效（性能与功耗之比）重要因素之一的制程没有升级的情况下，依然较前代有了大幅提升。那么我们只能将其归为影响芯片能效表现的另一重要因素——架构的创新和系统级的优化。没有比较就没有发言权。试想一下，如果友商没有采用台积电最新的7nm+EUV制程与其前代相比会有怎样的表现？而且唯有这样的对比，才能客观反映出厂商在芯片方面的创新实力。再试想一下，如果苹果的A13 Bionic采用了台积电最新的7nm+EUV制程，加上其在架构与系统级优化的实力，又会怎样？会不会差距更大？当然会！

那么问题来了，业内会问，那为何苹果A13 Bionic不采用台积电最新的7nm+EUV制程？业内有一种说法是友商抢了苹果A13 Bionic的订单，即友商可能给出了更好的条件，就是

为了阻止苹果采用台积电最新的7nm+EUV制程，不过结合早先苹果买断台积电最新的7nm+EUV制程的传闻及苹果自身的实力，这种说法显然很不靠谱。那么只有一种可能——苹果主动放弃了在A13 Bionic采用台积电最新的7nm+EUV制程。

原因何在？一种可能是苹果对于台积电的7nm+EUV制程是否成熟仍没有十足的把握，这符合苹果历来的创新但不尝鲜的策略；另一种可能是苹果认为，从今年其整体的硬件配置（包括上不了5G）和功能上看，其通过自身芯片架构创新和系统级的优化就可以完全满足用户的需求，在节省成本的同时，还降低了风险，何乐而不为。要知道，苹果始终是利润率优先的商业策略。

看完了最热的芯片，再看大家关注的拍照。所幸的是，iPhone11的拍照功能还是得到了部分业内人士的认可，但仍有部分业内人士认为，在摄像头的数量和像素数等指标上，iPhone11 Pro的1200万像素的三摄与Android阵营的友商相比还是落后了不少。

但业内知道，照片成像质量（品质）的高低与摄像头的数量和像素数有关系，但并非完全是正向线性的关系，其中系统、算法和优化的实力也相当重要。而苹果在此方面的实力是公认的。另外，从实用的角度看，在多数场景下的手机观看和分享，不仅让所谓的高像素优势大打折扣，还会增加厂商及用户的成本，对于厂商和用户未必是最优的选择。需要说明的是，即便是高像素，在多数拍照场景下的输出也会大大缩水。

其实有关苹果务实创新的例子在此次iPhone的发布中还有很多，笔者认为这种务实的创新模式对于厂商和用户来说是双赢，对于产业来说，可以将每一个创新通过自身的努力发挥到极致，大大提升产业的创新效率。从这点上看，苹果依然值得我们研究、借鉴和学习。（作者为知名科技评论人）

5G真的可以“拯救”运营商？

蒋雅丽

无论是最近中国联通宣布与中国电信在全国范围内共建共享5G基站的消息，还是运营商将取消终端补贴的传言，都反映出在4G和5G的“换挡期”，通信行业似乎正在忍受缺钱的“阵痛”。特别是运营商公布了2019年上半年经营报告后，行业内外“哀嚎一片”。

无一例外，三大运营商都遇到了营收下滑的“窘境”：中国移动出现营收和利润“双跳水”；中国联通虽然利润有所增加，但开支有所缩减；中国电信营收也有所下降。

通信行业一片寒意，即使业界笑称“地主家也没余粮了”，但运营商仍然需要寻找一件能够御寒的“棉袄”，才有力气去开拓新的“粮田”。从三大运营商在财报发布当天的表态来看，他们都试图通过发力5G来扭转运营商目前的困局，重回“黄金时代”。

中国移动宣布增加投资计划，要用240亿元人民币建设5万个基站；中国联通称保持年初80亿元预计投资不变，但希望联合建网，以全力推进5G业务；中国电信未透露是否增加5G投资，但宣布将于年底建成4万个5G基站。

那么5G真的可以“拯救”运营商？

如今通信行业的人口红利已然消失，流量时代也日渐式微，还有愈演愈烈的市场竞争，对于运营商而言5G或许就是根“救命”的稻草。不过，从现在的动作来看，运营商还并未做好完全充分的准备。

首先，运营商在过渡期间如何找到平衡是重中之重。运营商下半年很难力挽狂澜改变全年营收下降的趋势。在资金吃紧的情况下，为了腾挪资金给5G建设，运营商必须有舍有得。最近一则4G网速降低是运营商“断粮”4G所致的谣言四起，不过很显然，在5G SA还未大面积展开、花费巨大的4G设备投入没有回本之前，4G将与5G长期共存，运营商不可能为了建设5G而放弃4G，例如中国移动就在5G+计划中重点提出要推动5G和4G协同，以满足用户数据业务和话音业务需求。毕竟，“一碗汤”就算倒来倒去也仍然是“一碗汤”。

其次，三大运营商于8月皆推出了5G网络体验服务，并发布了短期的5G免费体验套餐，从其套餐内容来看，基本一致：都于8月推出、9月底结束，获赠流量为100GB，网速高达1Gbit/s，并且不换卡、不换号即可体验。当然，这并非是正式的5G资费制定，但如此默契的行为、没有差异化的定价，与4G套餐相比毫无创新，有业界人士认为是一个不好的讯号。毕竟，2019年上半年财报显示，个人业务增收的下降是运营商收入减少的主要原因，所以不论是在正式步入5G时代之时还是之前，如何改变运营商“基础粮田”的流量和语音业务模式需要被重视起来，尤其是语音业务不能再使用“放养”模式。

最后，原本计划于9月1日推出的正式5G套餐也面临“难产”，具体时间尚不确定。而后，中国联通和中国电信确定要共建共享5G基站，先将技术层面需要攻破难关的问题抛在一边，当之前的最大竞争点——网络质量不再存在后，意味着运营商以后的重点必然要放在“运营”上，也就是服务的差异化，从流量经营向价值经营转变。而5G或将刺激用户更多的消费需求，因此，运营商对5G资费的制定尤为“上心”。

转变传统思维已经是运营商的共识，5G时代的到来也将是运营商“翻身”的大好时机，但是运营商在仰望星空的同时，“脚”该踏在哪块“地”上，仍需要不断探索，也需避免迷途。（作者为通信世界全媒体记者）

编辑 | 孟月 mengyue@xjntong.com.cn



寻找新动能 运营商需重拾语音价值

语音业务是消费者对运营商网络质量判断的重要依据，也将成为携号转网时代运营商留住用户的关键因素之一。

本刊记者 | 黄海峰

2G/3G时代，语音业务受益于移动通信的“人口红利”取得了飞速发展，随着“人口红利”日渐式微，语音业务增长逐渐停滞；得益于智能手机的革新和4G的普及，通信业发展从“人口红利”阶段走向“流量红利”阶段，受OTT应用冲击，运营商语音收入逐渐下滑；随着提速降费的不断深入，运营商网络流量不断增长但收入增长日趋放缓，为此运营商不断拓展新业务领域，从流量经营向价值经营转型。

运营商大力拓展新业务无可厚非，但是语音业务是消费者使用最为普遍的业务之一，作为运营商的“传统手艺”，仍然值得重视和用心经营。

运营商年报数据显示，三大运营商2018年语音收入占比大约都在13%以上。值得注意的是，4G网络受数据业务驱动而建设，换言之，4G的语音业务VoLTE可视是LTE网络上的一个必选的、原生的重要应用。VoLTE网络的部署不是从“0”到“1”的建设，而是在LTE网络基础上的升级部署，以典型网络来看，其VoLTE端到端网络建设和维护成本在整个LTE网络的建设成本中占比小于8%。

因此，若以ROI（投资回报率）来计算，运营商对于4G语音或者5G语音的投资，其回报率是优于其他业务的。所以

说，语音业务仍然是一门划算的生意。

语音业务可以与OTT应用结合

根据腾讯全球合作伙伴大会提供的数据，2017年微信用户月人均成功通话时长为139分钟，较前一年增长114%，即增长了74分钟。而中国电信2017年年度财报数据显示，2017年单用户月平均通话时长为256分钟，较上一年下降8.2%，即减少了23分钟。由此可见，OTT应用的通话增长和运营商语音的下降并非严格的零和博弈。

普通消费者根据不同场合选择合适的应用，OTT应用和运营商语音业务两者相互结合，可以共同满足消费者多样化的通信需求。由于OTT应用使用免费，加之本身具备很强的社交属性，OTT通话多用于非正式、熟人之间、长时间的沟通场景。而运营商语音业务具备天然的全网用户直接可达性，和用户社交无直接关联，多用于偏正式和重要的沟通场合以及需要快速接通的场合。

工信部公布的《2019年上半年通信业经济运行情况》报告显示，2019年上半年，全国移动电话去话通话时长完成11969亿分钟，同比下降6.8%，移动电话通话量降幅趋于平稳。

微信用户数经过前几年的飞速发

展，用户增速也逐渐平稳，用户总数即将饱和，对运营商语音业务的影响逐渐减小。笔者预测，运营商语音业务在未来2~3年内下降趋势会减缓，形成相对稳定的局面。

语音业务是网络 and 用户的纽带

手机号码是运营商和消费者之间建立服务关系的基础。如今，手机号码不但是连接通话双方的标识，同时也和个人银行、电子支付、互联网APP等方方面面绑定在一起，手机号码成为用户的另一个虚拟身份，用户变更手机号码成本高。政府强力推进携号转网，对于消费者而言无疑是好消息，但同时也加剧了运营商之间的竞争。

中国信息通信研究院提供的信息显示，以最近一年的每月数据来看，携号转网用户数变化保持高位状态：2019年6月与上年6月数据相比，同比增长181%；与今年5月相比，环比增长9%；2019年刚过半，携号转网用户数已经超过了2018年全年的数据。

或许很多人认为，为了应对携号转网带来的竞争压力，持续降价才是王道。但是经过之前的流量价格战后，三大运营商在流量费用上已无差距，一味打价格战

没有意义,通过提升服务质量以增强竞争力、降低离网率应该成为主流。

出众的语音业务体验是运营商服务质量的重要指标,会让用户更认可运营商的品牌。按照全球主流运营商商用网络质量评测组织P3-GROUP所定义的网络质量评估方法,总分1000分,其中语音体验占据400分,占比达40%。由此可见,语音作为基础电信业务,对运营商整体品牌和服务质量的影响力极大。

语音业务是刚需,到现在,消费者依旧在频繁使用语音业务。语音业务是消费者对运营商网络质量判断的重要依据,也将成为携号转网时代运营商留住用户的关键因素之一。

综上所述,运营商语音业务量和收入,预计会随着微信等OTT应用用户数的逐渐饱和而逐渐稳定下来;语音业务无论从收入总量还是投资收益比来看,都值得悉心经营;在携号转网势在必行的环境下,运营商通过提升服务质量留住客户,语音业务质量是关键因素和重要支撑。

面向未来,当前最重要的是将VoLTE建设成为服务于万千大众的语音基础网,以优质的体验和视频彩铃等更多创新的业务,驱动用户加速向VoLTE迁移,为实现2G/3G网络的退网清频铺平道路。

如今,随着中国5G商用进程提速,中国已全面进入VoLTE时代。不过,完成网络的部署建设和商用发布只是起点,运营商如何持续经营应用好VoLTE这张网络才是关键。

以体验和终端为两大抓手 加快用户向VoLTE转化

对于运营商而言,发展VoLTE的主要驱动力是把2G/3G语音业务和用户转移到VoLTE网络,实现2G/3G清频退网。VoLTE具备呼叫接通快、音质

好、支持视频通话等优点,需要通话双方都支持VoLTE才能最大程度地发挥作用。因此,加快用户向VoLTE迁移,是VoLTE商用后的首要任务。

然而,发展VoLTE用户和发展LTE用户相比,其发力点和面临的挑战是不同的,重点应从体验和终端两个维度展开。

第一,优质的体验是业务成功的根基。在2G/3G时代,网络的规划和覆盖都以满足语音业务为标准来实施;而在4G商用之时,语音通过CSFB回落到2G/3G来承载,站点规划和网络覆盖都以满足LTE数据业务的应用标准来实施。

由于语音业务是双向实时通信,对网络覆盖的要求也更高。相对于LTE数据业务,VoLTE对网络时延、抖动等指标更为敏感,尤其是在LTE弱覆盖区域容易造成掉话、吞字等问题。因此,必须对LTE网络进行增强和优化以满足VoLTE体验标准。

基于上述原因,中国移动在2016年实施了旨在提升VoLTE服务质量的专项行动“百日会战”,扫清了VoLTE用户发展的障碍,值得借鉴。

第二,丰富的终端是业务发展的助力器。以中国移动为例,通过手机产品白皮书和入网终端规范的形式,早在2017年初,中国移动就对入网手机支持VoLTE做了统一要求,目前早已实现VoLTE终端的全覆盖。

需要注意的是,由于普通用户对高清语音和快速接通的诉求不如4G高速数据业务强烈,因此用户对VoLTE的认知度偏低。消费者愿意主动更换手机、SIM卡,到营业厅开通4G数据业务,以享受高速数据带来的畅快体验。但多数用户不愿意主动为VoLTE业务更换手机,或者不知道如何开通VoLTE业务。

因此,在终端上默认开启VoLTE功能(即“默开”)成为解决上述问题的必然

选择,配合网络侧的自动业务开通,让用户在“无感知”的情况下转换成VoLTE用户,享受更好的通话体验。

着力实施VoLTE互通和漫游 确保全场景VoLTE优质体验

同时,VoLTE互通和漫游也是确保全场景VoLTE优质体验的重要一环。

当前,VoLTE跨网互通通过CS关口局回落,用户体验受到影响。在中国电信和中国联通商用VoLTE之前,中国移动VoLTE用户跨网呼叫中国电信、中国联通用户只能通过回落到CS关口局后出局。

随着三网全部商用VoLTE,各网VoLTE用户快速发展,各网之间的VoLTE用户互通场景显著增多,仍然采用回落到CS关口局的方案明显影响用户体验。第一,呼叫接通时长因为回落增加;第二,语音质量下降,增加关口局网络系统开销;第三,视频通话等业务无法互通。

因此,各网之间互通VoLTE势在必行。今年2月工信部印发《IMS网络互联



互通试点实施方案》，确定湖南、四川为IMS网络互联互通试点省份，试点业务范围包括基本语音业务、补充业务、点对点视频通话、彩铃、电话会议。近日，湖南、四川打通首个VoLTE跨网互通视频呼叫的消息已经传来，相信VoLTE互通的整体进程的推进会更加快速。

同时，根据GSMA的报告，截至目前，全球已经有来自90个国家的超过180家运营商实现了VoLTE商用，而且建设新增VoLTE商用网络的速度不断加快，这为VoLTE用户享受国际漫游服务提供了有利条件。消费者出国后，其传统的语音业务由国外运营商提供服务，消费者在国内开通的基于VoLTE的增值服务（比如视频彩铃、多终端等）很难维持。但是，通过开展VoLTE漫游后，消费者开展的增值服务将会得到更好地保留。

比如，2015年，韩国移动运营商LG U+就与KDDI在日本推出VoLTE漫游商用服务，使得LG U+用户在日本漫游到KDDI的网络上时，可进行高清语音和视频通话；2018年，中国移动携手韩国KT完成了VoLTE国际漫游演示，这意味着国

内VoLTE国际漫游进程迈出了关键一步。

基于VoLTE网络 发展多样化创新业务

由VoLTE引入IMS这张基于IP无差别接入能力和支持多媒体通信能力的网络，加之智能终端的普及和升级，网络和终端的结合，可以催生出更多的创新业务。

一号多终端。eSIM卡技术的发展和应用，使得智能手表这类可穿戴设备具备了独立连接网络的能力，也同时赋予了它们语音通话的功能。三大运营商适时推出了一号多终端业务，以吸引热爱运动的广大用户，使得消费者在进行跑步、健身活动时，只需携带智能手表就不用担心漏接重要来电，获得了高端用户的欢迎。

视频彩铃。视频彩铃业务的实现和推广是令人兴奋和激动的。顾名思义，视频彩铃就是用户在拨打电话时，可以通过手机看到被拨打方设置的一段视频，变“听彩铃音乐”为“看彩铃视频”，而不只是听一段音乐或者“嘟嘟”的回铃音。

在当前短视频应用热度居高不下的背景下，视频彩铃业务无疑极具商业前景。除了传统的收取业务开通费或订阅费用以外，其后向的盈利能力更令人期待。

想象一下，将来用户在抖音、火山等APP上刷到喜欢的短视频，只需要一个点击将该视频设置成自己的视频彩铃，就可以按照通讯录中的联系人分类，将或温情、搞怪、正能量的视频，作为亲人、爱人、好友、同事、领导拨打自己电话时收看的视频。商业模式也可以在运营商彩铃平台、短视频应用和内容创造者之间灵活设定。

更大的市场和前景来自于To B领域。企业可以将企业服务热线或者员工工作电话设置为统一的企业形象推广视频或者企业最新动态视频，这无疑是更精准、更有效的营销传播方式。根据工信部提供的数据，今年上半年，全国移动电话去话通话时长完成11969亿分钟；固定电话主叫通话时长完成614亿分钟。由此可见，这是一个亟待深入挖掘的机会。

据了解，中国移动视频彩铃业务发展迅速，目前预计已有超过3000万订阅用户。例如云南是中国移动视频彩铃推广的重点省份，政府旅游部门和云南移动合作，给政府部门公务人员统一开通视频彩铃业务，并设置成各种精美的云南各地旅游宣传短片。随着开通视频彩铃用户的增加，旅游短片日播放量超过200万次。

除了上述一号多终端和视频彩铃业务外，市场上也已经出现了支持VoLTE通话的多款智能音箱产品，比如华为智能音箱小艺和中国移动和家小荷等，用户形态扩展至更多智能设备。随着全面进入VoLTE时代，由于网络能力和终端能力的升级，传统的语音业务具备了和IoT设备、智能设备以及视频应用结合的可能，这些都会极大地丰富语音业务的形态和应用，期待更多类似创新业务的出现和发展。



把握5G时代盈利模式 运营商先“通关”云游戏

VR 云渲染尚处在起步阶段，需要包括产业政策、行业组织、VR 头显、VR 游戏设备商、内容开发商、运营商、系统设备商等在内的 VR 全产业链通力合作。

中国联通网络技术研究院 | 张伯伟 邓煜 林鹏 李洁 张沛

随着VR硬件逐渐普及到各行各业，全球VR游戏市场规模呈现快速增长趋势。VR游戏市场处于发展初期，C端用户基数小，VR游戏体验馆是当前VR游戏渠道的核心。同时VR体验馆面临着租金贵、设备成本高、故障率高、运营效率低、用户体验差等问题。

当5G时代到来，5G大带宽、低时延、高速率的特点将促进VR游戏行业的快速发展，云渲染技术的普及将会给运营商及整个产业链带来巨大的商业价值，VR游戏前景未来可期。

VR游戏发展前景广阔

VR进入快速发展阶段

VR产业经过长时间的“寒冬期”，在2016年终于迎来一场大爆发，产品逐步推广普及，并逐渐渗入各个垂直行业应用，实现了产业化发展。在该阶段，更多企业、资本涌入VR市场，更多不同层次的设备产品涌现，内容产业和技术支撑更加成熟，用户规模也不断扩大。

2018年，全球VR/AR市场规模超过700亿元人民币，同比增长126%。其中，VR整体市场规模超过600亿元，AR整体市场超过100亿元。据预计，到



2020年，全球VR产业规模将超过2000亿元，其中VR市场1600亿元，AR市场超过400亿元。同时，2017—2022年全球虚拟现实产业规模年均复合增长率预计超过70%，VR占据主体地位，AR增速显著。

从产业结构看，终端器件领域的市场份额占据首位，内容应用市场快速增长，其中工业、医疗、教育等行业应用市场规模将由2018年的8%升至2020年的19%。

在VR终端、设备方面，VR产业在经历了2018年稳步发展以及迎来2019

年5G商用“东风”后，目前进入了新一轮快速发展时期，新技术、新应用层出不穷，用户体验得到了极大提升。现阶段像Pico、创维的最新VR一体机已经配备了4K屏幕，部分终端实现了硬解码全景8K视频的能力。MPEG OMAF架构标准也逐渐开始广泛应用，华为、Intel等企业都实现了基于FOV的8K全景视频体验能力，像Visbit更通过其VVOS等技术达到了全景12K视频观看效果，用户体验得到进一步提升。

在VR应用方面，VR技术从全国两

会、大型体育赛事、演唱会深入到发布会、展会、论坛、民间活动等各种场景，并通过VR头显、手机端等多种渠道传递给广大用户，使老百姓更容易接触、体验到VR内容。

国内外运营商也在借助网络优势发力VR业务。韩国开始5G商用后，SKT、KT和LG U+三大运营商纷纷推出VR业务，如VR社交、VR直播、VR游戏等，通过差异化业务吸引大批用户办理5G套餐，目前韩国5G用户已经超过200万。在国内，中国移动福建分公司在2018年就推出了和·云VR业务，中国电信也以广东为试点区域推动云VR业务落地应用。

VR游戏是VR产业重要业务场景

随着VR硬件逐渐普及，全球VR游戏市场规模将呈现快速增长趋势。全球VR市场规模在2020年将达404亿美元，VR游戏市场规模将达149亿美元。

在头显巨头引领整个VR游戏市场的数年中，VR游戏的C端用户基数一直上不去，VR游戏市场产业生态已初具规模，但商业模式尚未完整构建。VR游戏盈利模式无法单纯复制IAP模式。目前VR游戏没有渠道，没有大规模用户，并且游戏内容匮乏，硬件设备兼容性和可玩性也有很大局限性，用户普及仍然比较缓慢，无法复制手游的免费模式，在盈利模式上尚处于探索阶段。

iMedia Research(艾媒咨询)数据显示，71.3%的受访中国手机网民表示不愿意购买VR产品，价格昂贵为最大阻碍因素。艾媒咨询分析师认为，目前优质设备由于技术限制而导致价格昂贵，内容体验刚性需求小，用户黏性主要分布在重度玩家，现阶段而言，类似线下体验店、网吧等租赁运营模式或将拥有较大市场空间。

研究机构IDC预计，2019年VR游

戏市场增长将达75%，其中，线下体验店游戏收入占整体VR游戏收入超过80%。咨询机构Greenlight Insights指出，全球VR线下娱乐场所将在2019年超过13000家，预计2023年达到24500家。中国线下VR盈利规模将在2018—2023年保持34.1%的年复合增长率，预计2023年达到13亿美元。

目前，全国VR游戏体验馆主要以大型交互设备加盟的体验馆为主，利用大型交互设备吸睛引流。经过线下体验生态调研，发现VR游戏市场处于发展初期，C端用户基数小，玩家趋向于2B2C的线下店模式变现。目前线下店的生态模式主要有3种。

第一种是开发和经营大空间可移动VR游戏的游戏公司，推出直营和加盟。以大型游戏公司为主，如空中网、谷得游戏。

第二种是游戏内容开发商直接或通过内容分发平台对接线下店。有传统手游厂商网易、爱奇艺，也有新兴VR内容商如奥嘉科技。

第三种是VR大型交互设备生产商推出一条龙加盟服务。以广州番禺为中心的幻影星空、玖的、乐客灵境等。

线下VR游戏体验店成为主流业务形态

国内的VR游戏市场处于发展初期，

VR游戏C端用户基数小，用户主要集中在线下VR游戏体验馆。VR游戏体验馆是当前VR游戏渠道的核心。

数据显示，在2017年中国VR游戏线下体验店市场规模达到10.5亿元，增长率超150%。随着VR行业的快速发展、资本的持续投入，预计2021年VR线下体验店的市场规模将达到790亿元，CAGR超过80%。预计到2023年将会有超过10亿人次到线下VR体验店进行消费，市场空间巨大。

针对如此广阔的VR游戏市场，VR游戏内容商、设备商、运营商及互联网等厂家和互联网巨头自然也不会放过这个机会，不断加大战略投入，争取在VR领域抢先布局。

● **国内行业协会。**国家科技体育委员会将VR作为国家级竞技项目培养，将建立健全电竞行业标准，促进产业有序发展。

● **VR游戏开发和经营公司。**正在加大内容制作投入和直营和加盟店推广速度，做大市场。比如，云游控股集团董事长兼CEO汪东风在今年6月25日全球VR电竞生态大会上宣布，未来3年内将拓展1000家下线VR店，服务亿级用户。

● **设备商。**众多虚拟现实设备厂家陆续推出从屏幕、眼镜、内容等VR系列



产品方案,支撑VR获得更加便捷真实的体感效果、全面的虚拟数字生态。

(4)内容商。网易、爱奇艺等互联网厂家计划将VR娱乐打造成用户日常线下娱乐,进一步丰富VR游戏体验店,通过VR赋能线下娱乐,带来新体验,新爆点。

(5)运营商。国内三大运营商从2018年开始VR游戏商用试点并布局VR领域。中国移动福建分公司在2018年已推出了和·云VR业务,中国电信以广东为试点区域推动云VR业务落地应用,中国联通集团也正进行云游戏渲染试点。

线下VR游戏体验店面临多方面问题

VR游戏的发展势头良好,同时也面临着一些问题亟需解决。VR体验馆一般位于繁华商圈,租金相对较贵;体验馆的终端设备比较贵,初期投资大;设备每天测试和检测费时费力,运营效率低,不利于业务规模发展;体验馆的网络受所在区域的物业限制,无法自主优化;跨区对战存在多家运营商专线互通丢包问题。要解决这些问题就需要云化降低准入门槛,节省硬件投资开销,提升游戏运营效率,同时使用5G技术解决体验馆专线受限以及跨区联网丢包等问题。

从VR游戏的用户视角来看,用户普遍认为价格偏高、游戏背包重、头盔重,小辫子影响体验,场景切换时画面会卡顿。这对运营商的网络、编解码技术等提出了更高要求。

由此可见,VR游戏体验馆的用户发展需要与VR游戏内容商、设备商、运营商及互联网等厂家共同协作,提供更优质的体验,才能打造良好的口碑,吸引更多客户,从而在保证用户体验的同时实现盈利。

云渲染将给运营商带来的价值

相比VR本地渲染,云渲染解决方案把渲染和流化能力迁移到云上,再通过运营商网络把渲染流传输给用户侧设备,实现VR影像的显示,如图所示。

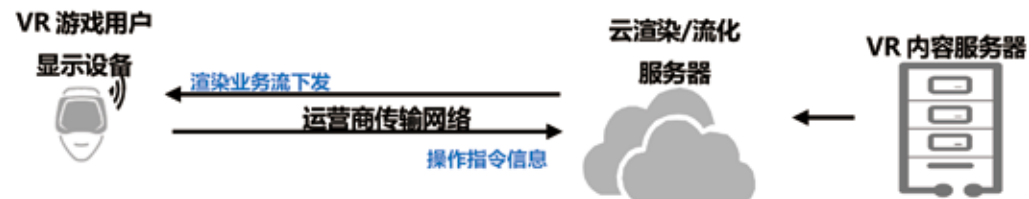


图 VR云渲染解决方案

VR用户进行游戏时,云渲染服务器从VR内容服务器加载游戏内容,用户的游戏操作指令通过网络传输给远端的云渲染服务器,渲染服务器启动实时渲染计算,渲染结果通过编码生成业务流,再通过运营商网络传输给用户侧显示设备。

云渲染最核心的能力是VR业务时延的保障。为满足VR用户流畅的游戏体验,业务E2E时延需要保证在70ms左右,由于云渲染服务器和显示设备的渲染和编解码要消耗一定时间,网络侧的RTT时延一般要求在20ms左右。为满足超低网络时延,5G网络低空口时延、MEC节点下移等手段的引入成为必须,同时要结合合理的网络规划进行时延保障。

同传统的本地渲染相比,VR云渲染将会给整个产业链带来多种商业价值。

第一,传统的本地VR渲染需要在本地购置PC设备,购置成本高、部署周期长、维护复杂,极大地影响了VR业务的快速普及和VR体验馆的开店速度。云渲染可以去除本地PC设备,实现低成本VR游戏馆开店,云端强大的集群服务器可以保障业务渲染质量,同时实现快速业务开通和简化运维,支撑VR业务快速

推广和普及。

第二,通过云化渲染将业务流以无线网络的方式传递给VR头显设备,去除了头显和PC之间的有线连接,在大空间活动VR游戏中也不需要背负PC背包。

增加了用户游戏中自主活动的便利性,消除了负重,大幅提升了用户游戏体验。

第三,云渲染解决方案同步实现了VR内容上云,便于VR内容统一管理。减少了头显、渲染平台和内容之间的适配开发,有效地避免了盗版,支撑内容、头显等产业链关键环节聚焦产品竞争力提升。

第四,云渲染网络架构下更容易实现VR游戏的联机对战,在不同VR体验馆,只要用VR头显接入到游戏网络,就可以随时随地同朋友进行VR联机对战,享受VR游戏的乐趣。

目前中国联通携手华为,基于华为提出的DTPC(Digital Transformation Practice Center,数字化转型实践中心)的方法论,洞悉运营商如何更好地切入VR游戏产业。

基于“飞轮模型”,VR云渲染被视为撬动VR产业进入第一轮自转的重要支点。然而从全球来看,VR云渲染还处于起步阶段,还需要行业组织、VR头显、VR游戏设备商、内容开发商、运营商、系统设备商等VR全产业链通力合作,共同努力推进VR产业规模发展,不断降低边际成本,提升用户体验,真正促进VR产业大爆发。

他山之石, 可以攻玉

从韩国SK电讯看我国运营商5G发展之路

我国运营商可发展具有 5G 特色的业务应用, 以 5G 独有的用户体验吸引消费者。同时三大运营商需加大对内容的投入, 以自制或合作的形式加大内容产出, 以此吸引更多 5G 用户。

本刊记者 | 吕萌

4月3日, 韩国三家电信运营商正式推出5G商用服务, 比美国电信运营商Verizon公司提早了数小时, 也比韩国原定的5G推出日期提前了两天。韩国正式成为全球首个实现5G商用的国家。

韩国科学技术信息通信部9月发布的数据显示, 7月底, 韩国5G用户数比6月净增57万。意味着韩国5G用户数已连续3个月净增超过50万人, 今年内韩国5G用户数突破500万的可能性越来越大。

5G建设是把双刃剑

韩国运营商SK电讯的5G发展可谓是一路高歌, 在5G正式商用后的短短140天内, 其5G用户数已突破了100万。同时韩国科学技术信息通信部发布的数据显示, SK电讯在韩国的市场占有率已突破40%。

截至2019年6月30日, SK电讯的收入为4.44万亿韩元, 营业收入为3228亿韩元, 净收入为2591亿韩元, SK电讯的净收入和营业收入分别环比增长2.4%和0.1%。

SK电讯在韩国5G市场的发展, 也带动了其无线事业部收入的增长。2019年第二季度, SK电讯无线事业部门的营收达到了2.85万亿韩元, 相比第一季度增长了1.3%。自2017年第四季度之后, SK电

讯的营收状况持续走低, 2019年第二季度其营收的反弹受到了外界的格外关注。

然而, 韩国运营商在5G上的成功似乎是一把双刃剑。Strategy Analytics无线网络服务总监杨光表示, 5G启动时成本较高, 虽然拉动了营业收入的增长, 但是也降低了运营商的利润。

以SK电讯为例, 在5G推广初期, 由于宣传规模的扩大, SK电讯的营销费用比前一季多出了近4%, 同时由于5G建设成本的增加, SK电讯第二季度的营业利润降为2752亿韩元, 比前一季度减

少了10%, 比去年同期减少25.3%。预计明年, 韩国的5G建设将从非独立组网(NSA)转换到独立组网(SA), 运营商还需进一步加大5G建设的投资。

尽管如此, SK电讯对下半年的发展仍保持乐观。SK电讯表示, 未来将以5G服务为中心, 改变竞争模式, 争取2019年底5G用户突破200万人。

5G优惠套餐和手机补贴吸引用户

SK电讯自今年4月3日实现5G商用



化后,仅3个月5G用户就突破53万人,但记者发现SK电讯的5G用户数发展严重依赖于其优惠的5G套餐资费和其5G手机补贴。

SK电讯针对促销期间入网的用户提供了优惠政策,如针对中高档套餐用户提供24个月不限速率的完全不限流量优惠和24个月手机保险优惠;针对7.5万韩元低档套餐用户赠送24个月每月50GB额外流量;针对9.5万韩元中档套餐用户提供接近24个月每月6000韩元的折扣优惠。

同时,SK电讯所推出的5G套餐与4G套餐完全不限流量资费差异不大,5G套餐资费甚至相比4G资费有所下降。相同流量的情况下,由4G套餐的10万韩元下降至5G套餐的9.5万韩元,由4G套餐的8.9万韩元下降至5G的8万韩元。

但这也并非完全是出于商业考虑,由于韩国政府要求运营商提供比较低的5G入门门槛,所以三家运营商都设置了较低的5G起步套餐。同时,杨光补充道:“由于现在5G手机还是高端的手机,所以5G套餐资费还是面向高端用户。”

虽然是面向高端用户,但在5G手机的售价上,SK电讯给予了相对高额的补贴。以Galaxy S10 5G为例,SK电讯的

补助最高达63万韩元(约3670元人民币),另一款定价低于Galaxy S10 5G的5G手机V50 ThinQ,SK电讯给予的补助最高达59万8000韩元(约3484元人民币)。经过运营商的价格补贴,最终5G手机的价格只有原本售价的一半,而过去,大部分手机仅优惠10~20万韩币(约582~1165元人民币)。

运营商在5G推广初期配合5G套餐的优惠活动和5G手机购买补贴,激发了不少用户体验5G网络的热情。但是补贴不是长久之计,随着5G用户数量的增长,韩国监管机构对运营商的购机补贴做了限制,2019年6月,韩国5G用户突破百万后,SK电讯开始下调Galaxy S10 5G、V50 ThinQ的购机优惠补助。

AR/VR等视频业务 助力流量使用增长

目前韩国运营商还是以传统的MBB业务为主,同时试图以5G的特定业务,如VR、AR、高清游戏视频等服务吸引用户。AR/VR等高清视频业务带动了流量的增长,对此,杨光表示:“尤其是VR,流量消耗非常大。”

SK电讯透露,与4G相比,5G用户对数据流量的消费有明显的增加,已经开始使用5G网络的用户在4G时期的月平均使用数据流量为20.4GB,切换到5G后,其月平均使用量为33.7GB,较4G时期增加了约65%。

流量的大幅增加也反映在SK电讯的收入上。SK电讯第二季度的财报显示,由于IPTV和超高清用户的增加,SK电讯媒体方面的收入在第二季度展示了数量和质量的生长,该部分的收入达3221亿韩元,同比增长15.2%,环比增长2.1%。

韩国运营商十分注重视频业务的发展。以SK电讯为例,在5G发展初期,SK电讯就提出了在超高清媒体、增强现实(AR)、虚拟现实(VR)、游戏、社交媒体等五大核心领域推出5G服务和内容。

例如,SK电讯推出的一款5G AR应用,将虚拟的飞龙与现实的棒球比赛场地相融合,观众在通过5G网络观看比赛直播时,除了欢呼尖叫还可以通过点击电视或手机上的“欢呼按钮”召唤巨龙,视觉的强大冲击带给观众更好的观赛体验。近日,SK电讯还与微软合作,宣布将开发基于5G的云游戏,同时,SK电讯也将与三星电子合作,开发并商业化全球首批基于5G的8K电视服务。

未来,SK电讯将重点发力媒体业务,通过整合oksusu和POOQ业务在韩国引入代表性的OTT服务,同时将推动SK Broadband与多系统运营商(MSO)t-broad的合并,以创建一家拥有800多万用户的全媒体公司。

他山之石,可以攻玉。从韩国运营商的5G发展之路看中国,杨光建议,我国运营商可发展具有5G特色的业务应用,以5G独有的用户体验吸引消费者。我国运营商需加大对内容的投入,以自制或合作的形式加大内容的产出。



中国铁塔能源领域创新再落地 助力5G网络电力保障

铁塔动力电池回收利用体系不仅可满足铁塔内部需求（尤其是5G网络的电力保障需求），还可为外部业务发展需要的电池及配套能源产品提供稳定、可靠、高质量的生产能力和技术保障。

为5G大规模入网打下良好基础

本刊记者 | 孟月

9月10日，中国铁塔（新乡）动力电池回收与创新中心揭牌暨河南省动力电池回收利用产业联盟大会在新乡市政府举行。这将为动力电池、电动汽车、通信设施等上下游产业提供一个加强沟通交流的平台，也将为5G网络规模建设奠定坚实的电力保障基础。

发力新能源业务

在会上，中国铁塔（新乡）动力电池回收与创新中心发布了中国铁塔第一组自制梯次电池，首组电池的下线，标志着中国铁塔（新乡）动力电池回收体系的正式运营。

近年来，我国新能源汽车规模逐步扩大，动力蓄电池需求强烈且退役量逐年提升，预计2020年，新能源汽车将达到500万~630万辆，超过20万吨动力电池将退役。车用动力蓄电池回收利用问题受到各方的高度重视：2018年工信部等七部委下发《关于做好新能源汽车动力蓄电池回收利用试点工作的通知》；2019年9月10日，工信部节能与综合利用司发布了《新能源汽车动力蓄电池回收服务网点建设和运营指南》，为推动新能源汽车动力蓄电池回收利用向社会公开征求意见。

“中国铁塔是唯一试点企业，在动

力电池梯级利用领域做了大量积极有益的探索。截至今年8月，中国铁塔已在全国30万基站上共计使用梯次电池超过4GWh，相当于10万多辆电动车的电池量，占到了目前市场上退役电池总量的50%，可减少近30万吨的碳排放。”中国铁塔副总经理、铁塔能源公司董事长刘国锋在会上表示。

据记者了解，中国铁塔从2015年10月就开始探索利用新能源汽车退役动力电池进行基站备电。从2018年开始，中国铁塔开始在全国31个省全面推广动力电池梯次利用。尤其值得注意的是，今年6月中国铁塔成立了全资子公司——铁塔能源有限公司，围绕能源经营和动力电池回收利用两条主线开展专业化运营。

“此次成立的动力电池回收与创新中心是铁塔能源有限公司进行全国布局的重要一环。该中心将负责北京、天津、河北、河南、山西、陕西、湖北等7个省市的电池回收、检测加工、需求满足和能源创新工作。”刘国锋表示。

中国铁塔共享的内涵越来越丰富，不断扩展共享的广度和深度。从站址共享到铁塔、机房、电力引入、末端传输、社会资源的综合共享，到基于动力电池等资源社会共享和运维服务等能力社会共享，共享在不断深化和拓展。

据了解，铁塔回收模式是覆盖全产业链的、基于应用的梯次回收利用，而现有电池回收仅限于原材料回收。铁塔动力电池回收利用体系不仅可满足铁塔内部需求（尤其是5G网络的电力保障需求），还可为外部业务发展需要的电池及配套能源产品提供稳定、可靠、高质量的生产能力和技术保障。

中国铁塔首批在全国共成立了4个电池回收利用及创新中心。新乡作为四大区之一，目前已建成中等规模梯次电池半自动拆解及自动化PACK生产线，年吞吐量可达18亿瓦时。此外，该中心已成功试制出首批梯次电池，并全部投放至新乡铁塔5G基站上，为5G网络规模建设奠定了坚实的电力保障基础。

此外，新乡铁塔作为试点，也做了诸多尝试。众所周知，5G基站的功耗要高于4G基站数倍，要建设5G网络，首先要解决电力承载问题。新乡铁塔公司总经理白玲表示：“新乡铁塔利用光伏发电、锂电储能等方式在合适的基站建设‘能源池’（母站），与周边基站（子站）组合成微电网，‘能源池’为微网内所有基站集中供电、集中管理、集中维护，母站采用交、直流两种供电方式为子站提供不间断供电。采用这种方式，一方面一点保多点，实现了资源最佳配置，提升了维护质量；另一方面，在满足当前基站用电的基础上，还适应于5G网络电力承载，为5G大规模入网打下了良好基础。”

当物联网遇到5G 应用百花齐放

5G 与物联网相互促进，随着 5G 进一步发展，物联世界将极大丰富。

本刊记者 | 孟月

2009年，无锡成立了国家传感网创新示范区，2019年，世界物联网博览会成为无锡靓丽的名片。随着过去10年间物联网硬件成本不断下降，行业门槛降低，同时伴随着基础设施不断完善，通信技术快速发展，网络能力显著提升等因素，物联网连接数迅速增长，全球物联网产业规模也随之迅速扩大，物联网产业在经历了概念驱动、示范应用引领之后，已经全面爆发。

5G网络助力物联网深入发展

物联网为人工智能、大数据、云计算等技术融合创新提供了重要平台，正在成为互联网之后又一个产业竞争制高点。而5G、边缘计算、人工智能、大数据等加速迭代和演进，又推动物联网迎来规模化发展的窗口期和新一轮生态布局的机遇期。

“未来5G应用的80%将是物联网。目前，中国5G商用步伐加快，超百万的窄带物联网基站实现商用，连接数达1.5亿，并已建成全球规模最大的窄带物联网网络。”工信部副部长王志军在2019世界物联网无锡峰会上表示。

5G的到来极大地促进了物联网技术的发展。以5G为原点，随着其进一步发



展，物联世界将极大丰富。依托5G网络大带宽、低时延、高可靠的特性以及每平方公里上百万的连接数量，可有效支撑车联网、智能制造、远程医疗等智能设备的即时海量连接，这也是物联网下一步发展的重要节点。

新应用层出不穷

物联网用途广泛，既助力行业发展，又与日常生活息息相关。2019世界物联网博览会展示了许多热点应用。中国电信的“5G+8K”超高清视频直播、中国移动的“5G+智能制造”模拟工厂、中国联通的5G远程医疗急救系统，吸引大批观众驻足体验。“WIoT-PARK”（物联网公园）沉浸式互动体验展区首次亮相，带来

VR看无锡、5G直播、VR蹦极、罗森智慧超市、5G未来餐厅、大健康体检中心等多项体验展览。

5G+车联网

车联网通过把车和车、车和行人、车和基础设施、车和云端、车和交通指挥中心相连，将目的地周边地区的交通实时状况更准确及时

地告知驾驶人，有效提升出行效率。

在博览中心B馆门口，有不少观战排队体验车联网公交。20分钟的车程，体验者感受了道路拥堵标识预警、人行道减速、行人盲区检测、路口碰撞预测等辅助驾驶功能。此外，5G无人驾驶体验区域内的自动配送物流车、自动清扫车和5G远程驾驶也吸引了众人驻足观看。

5G+医疗

中国移动展示的5G远程医疗系统和5G急救车模型，让参会者更直观地感受到“看病”与“治病”的变化。远程实时动态心电图系统、胸痛中心急救管理系统、手持B超等物联网医疗设备摆满了展台。通过医院工作后台、监测及治疗设备、用户

APP, 医生可打破地域限制, 实时获取病患的心电、血压、血氧、脉搏等信息, 及时出具诊疗方案。今年5月, 江苏移动就与江苏省人民医院、江苏省中医院分别签署了5G智慧医疗战略合作协议, 5G急救车就是合作重点之一。5G急救车能将患者的体征、病情评估图像等信息以毫秒级速度传送至医院, 同步交互高清音视频, 可有效缩短院内急救响应时间, 为患者争取更大生机。

5G+工业

在中兴通讯展区, 其5G+工业园区方案利用覆盖园区的泛5G网络, 实现园区内生产设备、表计、摄像头、无人机、机器人等的泛在连接, 并通过物联网平台对它们进行统一管理; 同时通过工单系统对园区内的异常情况进行实时控制, 实现工业园区的可视化综合管控。

在5G+工业机器视觉方案中, 高清摄像头在工业现场采集高清视频信号, 通过5G网络传输到边缘侧进行机器视觉分析, 在MEC进行边缘侧实时控制。机器视觉方案在工业现场有大量应用。如, 在轮毂淬火过程中, 通过高清摄像头进行轮毂淬火的视频采集, 利用机器视觉分析轮毂颜色变化来判断温度是否满足淬火质量要求, 实现机器视觉检测-品质质量判断-工业设备调整的闭环控制流程。

5G+教育

中国联通利用5G+VR, 可提供网络、平台、内容及终端的全套解决方案。结合网络层的关键技术、平台层的分布式部署及多场景访问能力、内容层的全学科优质资源, 以及终端层的多终端访问, 中国联通可以为学习者打造高度开发、可交互、沉浸式的三维学习环境, 真正实现教育部倡导的全时域、全空域、全受众的教学要求。

共谋物联网发展良策

物联网对网络强国、数字中国、智慧社会、数字经济等国家战略具有显著的支撑和辐射带动作用, 成为经济发展的强大驱动力。但随着万物互联时代的到来, 安全问题也随之凸显。

物联网无处不在的连接打破了传统的网络边界, 5G、人工智能新技术的应用, 又加剧了物联网的安全风险。当前, 物联网设备基数庞大, 但安全防护普遍脆弱, 物

联网被攻击事件屡屡发生, 造成设备被控制、用户隐私泄露、数据被窃取, 甚至造成影响基础通信网络正常运行等严重后果。保证安全已成为物联网行业健康发展的前提。

在2019世界物联网博览会信息安全高峰论坛上, 多位专家探讨5G时代的物联网安全实践与发展。专家指出, 当前物联网还需面对3个挑战。首先, 自主创新上, 核心技术虽有一定发展, 但受制于人现状并未根本改变, 攻坚克难之路仍任重道远。其次, 安全可控上, 国外物联网产品虽技术领先, 但预置后门现象频现, 安全防范之事需常抓不懈。最后, 安全生态上, 国内物联网生态虽日渐完善, 但部分关键要素仍握于美西方, 根治痛症之需仍迫在眉睫。

中国信息安全测评中心专家委员会副主任黄殿中表示: “物联网承载科技兴国战略与网络强国梦想, 我们需实现自主发展、主动安全和生态体系构建的升级转型; 实现由‘分块布局’向‘生态体

系’转型; 实现由‘受制于人’向‘自主发展’转型; 实现由‘被动安全’向‘主动安全’转型。”

物联网如何改变世界? 王志军表示, 中国正进行新一轮物联网发展布局, 将着力突破核心芯片、智能传感器、智能传输、



智能信息处理、操作系统等关键核心技术, 从根本上提升产业核心竞争力。此外, 应用先行, 我国将通过规模化发展提升产业竞争力, 通过标志性的应用场景示范推进产业落地, 以及重点支持车联网、工业互联网等领域加快部署, 强化产需对接, 实现规模发展。

作为新一代信息基础设施的建设者, 运营商将在万物智联时代肩负新使命, 创造新价值。中国联通总经理李国华表示, 首先, 运营商将广泛部署5G基础设施, 构建广覆盖、高性能的网络, 实现全程全网; 其次, 运营商将是垂直行业的赋能者, 与不同垂直领域的合作将更加深入, 为企业和消费者提供普惠性服务; 再次, 为实现资源优化与价值重构, 运营商将设计并实践新型商业模式, 寻求合作共赢, 成为商业模式的探索者; 最后, “融合”将是万物智联时代的基调, 运营商将更多承担生态建设驱动者的角色, 与产业各方一道构建生态圈, 实现共享发展。

5G由浅入深赋能工业互联网

工业互联网和 5G 场景相结合，可以创造巨大的价值，同时需要实现多个场景和层次的延伸。

作者 | 吴冬升

5G是驱动工业互联网蓬勃发展的关键使能技术之一，而工业互联网也是加快5G商用规模部署的重要突破口之一，两者相辅相成。到2035年，工业场景将是5G创造的全部经济活动中的最大场景，实现约3.4万亿美元产出，占5G总产出的28%。

5G将从4个方面由浅入深赋能工业互联网，从工业企业OT+IT架构底层向上层逐步延伸、从辅助功能向生产过程控制逐步延伸、从eMBB向mMTC和uRLLC逐步延伸、从5G无线连接技术向5G网络技术边缘计算/网络切片/TSN等逐步延伸。

工业互联网及其体系架构

工业互联网是利用基础科学、工业、信息技术、互联网等领域的综合优势，从大数据应用等软服务切入，注重软件、网络、大数据、安全等要素，促进工业化和信息化融合带动工业全流程、全环节竞争力的整体提升。

为满足工业智能化发展需求，工业互联网迫切需要具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施，5G发展恰逢其时。“5G+工业互联网”将形成新一代信息通信技术与先进制造业深度融合的新兴业态与应用模式。

中国高度重视工业互联网和5G产业发展，聚焦化工、机械、船舶、飞机制造、电力等工业领域，积极推进5G与工业互

联网的融合应用和创新发展。

国际上，“5G产业自动化联盟”（5G-ACIA, The 5G Alliance for Connected Industries and Automation）于2018年中在德国电气和电子制造商协会（ZVEI）基础上正式成立，该联盟旨在推动5G在工业生产领域落地。5G-ACIA组织成员既囊括了传统自动化和制造业代表如博世、西门子、ABB、三菱等，又涵盖了信息和通信技术行业领先企业如DT、Vodafone、中国移动等。

工业互联网体系架构包括“两大联接场景+三大业务闭环+四大应用模式”，如图1所示。



图1 工业互联网体系架构

两大联接场景：工厂内和工厂外全面联接。其中工厂内网络主要采用有线方式，包括单对双绞线以太网、时间敏感网络TSN、工业无源光网络PON、确定性网络DetNet等，5G网络将为工厂无线网络部署提供更大可能性。工厂外网络主要

包括互联专线（实现分支机构或者上下游企业及用户互联）、上云专线（实现工厂与工业云平台互联）、上网连接（实现工厂和互联网连接）等。

三大业务闭环：面向机器设备运行优化的闭环、面向生产运营优化的闭环、面向企业系统/用户交互/产品服务优化的闭环。

四大应用模式：智能化生产、网络化协同、个性化定制和服务化延伸。其中智能化生产包括预测性运维、产品良率、资产优化、虚拟仿真、智能控制、智能管理等；网络化协同包括设计协作、供应协作、制造协作等；个性化定制包括C2B定制、B2B定制等；服务化延伸包括智能服务等。

根据5G-ACIA白皮书《5G for Connected Industries and Automation》，5G应用场景贯穿了工业制造的全过程，覆盖了供应链管理、AGV、柔性制造、生产过程控制、机器协作、库存管理、产品交付管理等各个环节。5G将成为未来工厂的中枢神经，为工业生产带来颠覆性的变化。

5G由浅入深赋能工业互联网

未来工业互联网发展将面临3个典型阶段。

当下依旧处于工业数字化转型阶段，积极探索工业企业数字化深化应用，实现工业企业各项活动全过程数字化集成；2025年进入全面互

联阶段，实现企业全生命周期互联；2030年进入自主智能阶段，实现工况自感知、工艺自学习、装备自执行、系统自组织，如图2所示。

工业互联网平台的发展需要实现工业数字化、工业互联化、工业智能化。因



图2 工业互联网发展阶段

此，工业互联网平台发展也将是个长期的过程。

中国5G于2019年正式商用，通信每一代标准大约有十年黄金发展周期，5G恰好将助力工业互联网实现从工业数字化转型阶段到全面互联阶段，再到自主智能阶段的不断跨越。具体5G将从四个方面由浅入深赋能工业互联网。

从工业企业OT+IT架构底层向上层逐步延伸

工业企业OT（Operation Technology）和IT（Information Technology）底层网络通常是基于有线网络，占比高达90%。随着工业现场环境的复杂化、变化多端、灵活性的趋势，很多的工业通信逐步采取无线传输方式。但在工业领域使用到的无线通信协议和通讯行业相比，存在协议众多、标准缺失、难以互联互通等弊端。

传统工业无线网络包括如下4类：Wi-Fi网络，用于AGV调度、巡逻机器人通信、仓储移动扫码等，但是很明显Wi-Fi覆盖范围小，性能不稳定，尤其是存在非常高的安全隐患；蓝牙、ZigBee、超宽频(UWB)、RFID射频技术等，用于资产管理和定位、传感器数据采集等，但是该类技术通常存在覆盖范围受限的短板；工业无线技术三大标准HART基金会发布的WirelessHART标准、ISA



图3 工业企业分级架构

国际自动化协会（原美国仪器仪表协会）发布的ISA100.11a标准和我国自主研发的WIA-PA和WIA-FA标准均工作在2.4GHz，但是该类技术的产业链相对较窄、价格昂贵；蜂窝网络如2G/3G/4G/NB-IoT，用于车辆远程监控等场景，但该类技术很难适应大带宽、广连接和实时性要求高的场景。

5G网络本身具备的大带宽、广连接、高可靠低时延特性，令5G成为支撑工业互联网的无线网络最佳选项。虽然当前工业通信连接中无线连接占比仅10%，但在未来几年会进入高速发展期。预计到2026年，工业通信连接中无线连接占比将达58%，其中5G将发挥重要作用。

工业企业的OT（Operation Technology）和IT（Information Technology）系统采取分级架构。其中OT系统从下往上包括Level 0级外部仪器、传感器、执行器等；Level 1级控制系统PLC、DCS等；Level 2级监督控制和数据采集SCADA。IT系统从下往上包括Level 3级生产管理系统MES、PMS；Level 4级商业和物流系统管理ERP、MRP、CRM等；Level 5级云计算、数据分析和AI等。5G的无线接入技术和网络技术对OT和IT系统的支撑，将从架构底层向上层逐步延伸。

另外，现有的OT和IT系统分层架构，数据难以跨层交互，存在明显弊端。未来

5G网络技术，尤其是网络切片、边缘计算、TSN等的使用，将加速工业企业OT和IT系统深度融合，从传统的分级架构过渡到基于微服务的新型网状交互架构，如图3所示。

从辅助功能向生产过程控制逐步延伸

当前进行的5G工业应用，大多聚焦在辅助功能上，比如基于5G的远程监控、AR装配辅助、运维和巡检辅助等。

远程监控。例如钢铁生产工厂，生产环境复杂、移动设备多，数据回传设备线路铺设难度大、成本高。另一方面，生产设备监控系统需要根据生产任务，配合产线频繁地进行调整，因此采用有线组网的方式极为复杂，且工期长，可以将生产视频监控数据和设备运行状态数据通过5G网络进行回传，如图4所示。

AR装配辅助。例如飞机制造工厂装配工艺复杂，工人需要经过严格培训认证。而AR眼镜及其后台技术，可实现基于空间定位和物体识别的数模全息显示，应用在飞机装配的辅助装配、线缆端接、支架拆装、虚拟测试等各个环节，可以做到自动识别线缆，然后直观地在连接器上指示这根线缆对应的孔位，工人根据指示直接插入即可。利用该解决方案，原来需要同时工作的3个工人将会



图4 5G远程监控

缩减为1个，装配时间大幅缩短，而装配准确性也会进一步提高，同时整个装配过程会通过视频自动记录在云端，方便后续查验，见图5所示。

AR运维和巡检辅助。例如电站运维远程协作和水利项目巡检，在传统的售后模式下，存在检测数据信息相对孤立，对问题判断准确率低及解决问题效率不高等问题。借助AR远程协助系统，可由经验丰富的技术专家，协助一线运维人员进行“面对面”的远程指导服务。不仅可以帮助工作人员进行设备巡检、故障排查和维修，减少专业人员昂贵差旅费用，还可以节省时间，大幅提升工作效率。同时，还可以对测试输出结果进行主动判别，并逐步扩展到智能专家系统。

基于5G的远程监控、AR装配辅助、运维和巡检辅助等都是起到辅助作用，而并非取代生产过程控制。比如生产过程中经常碰到的机器间控制场景，要实现多控制器/多台独立机器间协助完成一个功能，那么高效率、零停机、低时延和高稳定可靠是刚需，因此目前工厂里基本采用有线网络，而没有采用5G。未来，随着5G网络部署的完善，5G将从辅助功能向生产过程控制逐步延伸。

从eMBB向mMTC和uRLLC逐步延伸

典型的工业应用场景契合了5G三大



图5 5G AR装配辅助

场景（eMBB、mMTC、uRLLC）的需求，5G其他性能如移动性、QoS、安全性等也促进了5G在工业应用场景中的应用。

5G有如下特性。首先是大带宽，5G将支持下行速率达20Gbit/s和上行速率达10Gbit/s；其次是广连接，每平方公里100万连接；第三是低时延和可靠性，可以实现0.5~1ms的时延以及超过99.999%的可靠性；第四是移动性，对于AGV、机器人等在内的移动设备和非固定式产线，5G提供了极强的灵活性；第五是QoS，5G提供了灵活的QoS框架支持在同一网络内的数据流通；第六是安全性，5G具备较高的端到端安全性，支持终端和网络之间的互相认证。

基于eMBB和移动性场景包括基于视觉的照相检测、AGV、云化机器人等，基于mMTC的场景包括海量连接和室内定位等，基于uRLLC的场景包括工业机械远程控制、柔性机械臂等。

基于视觉的照相检测：例如发动机质量检测，传统的生产过程质量检测依赖人工和经验，标准化程度低，人力成本高，且易受主观因素影响，整体效率低，准确度不高。通过产线部署内置5G通信模组的工业相机和边缘计算网关，可以进行移动测量和道边检测。

AGV。例如在智能仓库中，基于单机智能进行视觉导航的AGV单台成本高，不利于大规模应用。而除视觉导航以外

的其他方式均需对AGV工作环境进行改造，灵活性较差，部署和改造困难。另外，Wi-Fi信号容易被干扰，且带宽不足以支撑视觉导航，而激光导航在高密度运行时互相存在干扰。将5G技术应用于AGV，能彻底解决Wi-Fi方案引起的接入受限、切换失败、小车停驶等难题，提升仓库的整体运营效率和稳定性。

云化机器人。例如物流仓储领域，采用无线网络将摆脱线缆束缚，机器人可以装上轮子（或其它装置）随心所欲地自由移动，工厂可以实现迅速且低成本地在不同种类的产品生产线之间转换生产。云化机器人通过5G连接到云端控制中心，通过大数据和人工智能，对生产制造过程进行实时运算控制，由自组织和协同机器人来满足柔性生产的需求。

海量连接。例如汽车生产线，每台发动机都刻上编号和条码，每个工序都通过传感器进行数据检验，并对产品从上线到包装各个环节的所有信息进行记录。通过纳入5G R16标准的NB-IoT技术，可以减少人工干预，及时采集生产数据，合理编排生产计划，生产线人员将大幅减少，作业自动化率和自动纠错防错能力将大幅提升，人均产出效率也将显著提升。

室内定位。室内定位是工业领域的普遍需求，目前室内定位基本是蓝牙、激光、UWB三分天下。从算法上看主要有两类：一类是TOF/TDOA算法，通过光速

乘时间来测距；另一类是AOA算法，通过智能天线判断信源方向，基于场强角度定位，两种算法的精度差不多，都是分米级别。5G使用新型编码调制、大规模天线阵列等，带来大带宽特性，有利于参数估计，为高精度距离测量提供支持；大规模天线技术，5G基站可实现128个天线阵子，为高精度角度测量提供支持；另外，5G将实现超密集组网（UDN），用户信号可被多个基站同时接收，将有利于多基站协作实现高精度定位。通过部署大量5G低功耗定位标签将挑战蓝牙、激光、UWB室内定位地位。

工程机械远程控制。例如针对工程机械，在偏远、有毒、有害等特殊场景作业时面临人员成本高、危险性高等问题，利用5G SA网络大带宽、高可靠、低时延等特性，通过“工程机械驾驶室远程控制台”和“真实工程机械现场实景屏幕”来对远端工程机械进行远程驾驶和操控。

柔性机械臂。通过5G实现对工厂内自动化装备的实时控制，替代有线网络，节省线缆及布线工作量，大大节省生产线调整时间，支持工厂柔性化。控制系统部分功能上移至边缘计算设备（MEC）进行控制，降低单体本身及后续维护升级成本。

5G 3GPP R15版本中制定了基于NSA和SA的eMBB标准，后续版本中才会继续制定mMTC和uRLLC标准。从5G在工业互联网领域业务应用来看，将从eMBB向mMTC和uRLLC逐步延伸。未来5G将有可能去争取工业标准话语权，颠覆工控及部分装备产品形态，如无线机械臂。

从5G无线连接技术向5G边缘计算、网络切片、TSN等逐步延伸

5G涉及的核心技术主要包括无线连接技术和网络技术两大类。在无线连

接技术方面，主要包括Massive MIMO、超密集组网（UDN）、D2D、灵活双工/全双工、新型多址技术、新型编码调制、高频段通信等。在网络技术方面，主要包括网络切片、移动边缘计算、SDN/NFV、C-RAN架构、TSN等。

在工业互联网应用中，核心技术将从5G无线连接技术向5G网络技术边缘计算、网络切片、TSN等逐步延伸。

移动边缘计算（MEC）。利用MEC可将密集型移动计算任务迁移到附近的网络边缘服务器，其涉及网络、计算、存储和安全四大方面核心技术。

以机械制造行业为例，数据开放性差且工业协议标准不统一，存在罗克韦尔自动化的EtherNet/IP、西门子的Profinet、德国倍福的EtherCAT、贝加莱的PowerLink、以及施耐德的ModBus-TCP等多种工业协议标准，各个自动化设备生产商和集成商还会自己开发各种私有工业协议，各种协议标准不统一、互不兼容，导致协议适配、协议解析和数据互联互通困难。另一方面，工业数据采集实时性要求难以得到保证，传统数据采集技术对于高精度、低时延的工业场景难以保证重要的信息实时采集和上传，无法满足生产过程的实时监控需求。

利用MEC，解决多设备接入和协议转换问题。同时，MEC根据典型行业数据接入特点，基于流式数据分析对数据即来即处理，快速响应事件和不断变化的业务条件与需求。

网络切片。网络切片是SDN/NFV技术应用于5G网络的关键服务，一个网络切片将构成一个端到端的逻辑网络，包括无线网络、有线网络、传输网、核心网、业务应用，按切片需求方的需求灵活地提供一种或多种网络服务。

对于工业企业而言，网络切片主要体现三大功能。资源隔离保障了不同业务环

节以及工厂内外部的数据安全与独立；功能定制使得不同环节/场景的特定需求能够以低成本方式得到满足；质量保障则意味着工业互联网在工厂内部的应用高可靠。

TSN。时间敏感网络作为一组位于数据链路层的协议簇，从底层网络架构中改变了普通以太网数据传输的不确定性，将它转变为确定性网络，同时为不同协议网络之间的互操作提供了可能性，将能够快速打通工业通信协议和现场总线，成为OT和IT融合的基础。

显然现有的工业以太网协议EtherNet/IP、Profinet、EtherCAT、PowerLink、ModBus-TCP等不会立刻消失，可喜的是几乎所有工业以太网组织都提供了与TSN设备结合的模式。其中包括罗克韦尔自动化、西门子、ABB、CISCO、施耐德、NI、三菱电机等自动化与IT厂商。

在5G网络上融合TSN服务，关键的问题就是5G网络与TSN的互通。在3GPP R16规划中，3GPP已经开始对5G NR支持工业互联网进行新的研究规划。根据需求规范，对于时间敏感的工业应用场景，可能需要达到0.5 ms的延迟和99.9999%的可靠性。时间敏感网络TSN over 5G NR将在分组分发、自动寻址和服务质量QoS等领域满足工业企业需求，以更好地集成5G和TSN。

当前，5G工业互联网发展也同样存在商业模式不清晰、应用场景碎片化、工业企业和ICT企业跨界融合壁垒高等诸多挑战。通过从工业企业OT+IT架构底层向上层逐步延伸、从辅助功能向生产过程控制逐步延伸、从eMBB向mMTC和uRLLC逐步延伸、从5G无线连接技术向5G网络技术边缘计算/网络切片/TSN等逐步延伸，将有助于5G赋能工业互联网良性发展。

中国移动发力智慧城市运营 打造更“柔韧”的城市

未来要打造可运营的城市，从硬到软，城市需要智慧新高度。要让数据结合创新，从供给侧出发，发展配套设施，打造更加柔韧的城市。

本刊记者 | 程琳琳

“中国移动要做新型智慧城市运营商、解决方案提供商、内容提供商。”近日，中国移动雄安产业研究院主任研究员陈志刚在“2019世界数字经济大会暨第九届中国智慧城市与智能经济博览会”上，分析了我国城市发展遇到的诸多问题，并讲述了中国移动发力智慧城市的目标和多项举措。

“硬脆”的城市难以满足未来发展需求

近年来，中国城市数量快速增长，迎来城市文明新时代。1978年末，我国城市数量为193个，到2019年8月，我国城市数量达到672个，增长到原来的3.5倍。

但是，在城市数量不断增长的同时，相关问题也随之而来。缺乏运营力的城市越来越“硬脆”，“窟窿”越多。媒体曾报道，某市水务集团公司检测显示，出厂水苯含量、自流沟苯含量远超出国家限值的10微克/升，导致某市主城区的4个区居民生活用水停供4天，后经查明系石化管道泄漏所致。

“硬脆”的城市与生态的适应性越来越不兼容，带来了更多的问题。如出现资源“黑洞”：损耗人力，需安排安监、巡逻等；消耗物力，自然资源、时间资源不断被消耗；浪费财力，政府支出加大、私

有财产受到破坏。

“因此，未来要打造可运营的城市，从硬到软，城市需要智慧新高度。要让数据结合创新，从供给侧出发，发展配套设施，打造更加柔韧的城市。”陈志刚表示。

打造可运营的新型智慧城市

可运营的城市本质是可运营的协同生态，改善城市的环境质量、生活成本、健康、就业、社会联系、安全、时间。因此，推动新型智慧城市运营标准建设，迎接高质

量发展时代，要逐步完成以下目标。

在安全方面，要降低犯罪率、意外死亡率、积水次数、火灾次数、应急响应时间；在提升效率方面，要节省通勤时间，节省医疗、政府事务耗费的时间，降低企业注册所需时长，提升公路交通流量，降低机场调度时间，提高ETC客车使用率；在经济方面，要提高人均GDP、基尼系数、企业活力指数、居民正式就业率；在提升体验方面，要提升环境体验和购物便利体验，并提升线上政务、医疗体验；打造数字孪生城市，需要打造视觉城市、数字阴



影、数字诊断、智能预测,开启自主学习、自主优化。

陈志刚也明确了新型智慧城市两大运营目标,即提升运行效率和提高资源价值,实现资源精准配套,达到优政、惠民、兴业的目标。

城市智慧运营要完成五大核心任务,如图1所示。一是在基础设施方面,提升计算、链接、智能,即“算力、智力、链接力”三力;二是在数据方面,深度分析和挖掘隐藏在海量数据中的“商品”信息;三是业务方面,融汇多个业务领域,全方位满足客户的个性化需求;四是在产业方面,汇聚垂直行业应用,建

立产业生态,多维度为企业提供价值;五是在城市建设方面,通过与政府及企业整合,将城市的自然和精神资源实现高效运营。

中国移动全面发力智慧城市建设

在陈志刚看来,可以采用3个新模式开展智慧城市建设,分别是大城市群的雁阵模式、大型城市的履带模式和中小型城市的同心圆模式。如图2所示。

中国移动在发力智慧城市方面可谓不遗余力,早早布局。早在2018年,中国移动就发布了中国移动“城市超脑行动计划”。据了解,中国移动“城市超脑行动计划”是基于中国移动5G网络、边缘计算、大数据、人工智能等核心优势能力,赋能城市全域感知、智能触达、数字运营和智能决策,有效助力城市管理和数据协调,打造完善的城市神经网络和大脑系统。

雄安新区的智慧城市建设将打造成全国标杆。中国移动表示将与产业链各方充分发挥各自优势资源和能力,在“云、管、端”3个层面同时发力,打造地上地下全通达、多网协同的泛在无线网络,构建城市物联网统一开放平台,推动智能传感器标准化发展,努力将雄安新区建设成信息网络泛在化、规划管理信息化、基础设施智能化、公共服务普惠化、社会治理精细化、产业发展数

字化、政府决策科学化的智能城市。雄安新区规划适度超前布局基础通信设施,将适度超前建设全域覆盖的智能感知网络,构建城市大脑。中国移动“城市超脑行动计划”将有力推动智慧雄安建设。

总而言之,中国移动积极运营智慧,赋能城市,将从5个方面全力打造新型智慧城市运营商,助力我国智慧城市及智慧城市群建设。

一是树立新理念。坚持以人民为中心的发展思想,深入践行新发展理念,积极参与各级党委政府新型智慧城市规划与顶层设计,打造新型智慧城市发展和建设新模式,促进新型智慧城市整体发展。

二是采用新技术。深入推进“5G+”计划,加强5G+4G协同发展,促进5G与人工智能、物联网、云计算、边缘计算等新信息技术紧密融合,为智慧城市建设构建安全、高效、智能的信息通信基础设施。

三是打造新平台。以大数据为核心,建设新型智慧城市“超脑”平台,开放数据、网络和计算等能力,实现技术融合、业务融合和数据融合,对城市交通、环保、应急指挥等场景实现智能分析与决策,消除数字壁垒和信息孤岛,赋能新型智慧城市建设。

四是丰富新应用。围绕交通、医疗、工业、农业、能源、金融、教育、视频娱乐等重点领域,提供更多更丰富的智慧城市应用,打造绿色低碳、宜居宜业的

城市环境,满足人们美好数字生活需要。

五是构建新生态。深化开放合作,做“最容易合作的企业”,与合作伙伴共同开展商业模式创新、价值创造,构建可持续、共赢、可信的生态系统,助力新型智慧城市创新发展。



图1 智慧城市运营的五大核心



图2 智慧城市建设3个新模式

中国联通助力智慧城市业务 打造智慧城市应用示范

中国联通将始终以坚定的信心和决心，在 5G 技术应用于智慧城市建设上大胆探索，构建 5G+ 智慧城市生态共同体。

中国联通智能城市研究院 | 夏俊杰 郭中梅 孙亮

5G 将人与人的连接，拓展到万物互联，5G 已逐步成为赋能各行业数字化转型的关键基础设施。在 5G 网络的支持下，智慧城市场景化应用不断变革。中国联通作为国家信息化建设的主力军，正积极履行“联通世界，创享美好智慧生活”的使命，致力于成为“智慧城市一体化综合服务商”。如今，中国联通正以混合所有制改革顺利实施为契机，加速布局基于 5G 网络技术的智慧应用。

5G 智慧城市建设构想

在 5G 智慧城市建设方面，中国联通将秉承“合作共赢、协同发展”的理念，全面贯彻落实聚焦创新合作战略和“五新”联通发展目标，充分发挥在 5G、智慧+等方面的优势，以“践理念、赋能力、智应用、兴平台、优生态”作为 5G 智慧城市建设主线，打造领先的智慧城市端到端服务能力，推进城市信息化向新型智慧城市发展，帮助城市治理更加高效、产业发展更加强劲、生活服务更加便捷，促进经济社会高质量发展。

践理念，即坚持顶层设计引领，践行以人为本理念。智慧城市是以服务于“人”为本质的，中国联通将始终坚持“以人为本”的发展理念，积极参与智慧城市顶层

咨询，从战略层面构建“千城千面”的智慧城市特色发展模式，引领智慧城市建设方向，满足人民对美好生活的向往。

赋能力，即建设新一代信息基础设施，夯实智慧城市根基。中国联通将深耕智能基础设施建设，大力推进 5G 引领的新一代信息基础设施升级，进一步推动 5G 与新技术深度融合，打造一个计算无处不在、网络包容万物、连接随手可及、宽带永无止境的“新智能环境”，为智慧城市建设奠定基础。

智应用，即创新 5G 行业应用，提升智慧城市“智商”。中国联通将充分发挥 5G 网络优势和混改效应，在中国联通整体战略布局的牵引下，稳步实施“领航者计划”，通过“25121”五大

目标，积极推进面向 5G 时代的行业应用创新，加速推动 5G、人工智能与城市千行百业深度融合，实现 5G 助力智慧城市善政、兴业、惠民，全方位提升城市智能化水平，满足人们美好城市生活的需求。

兴平台，即打造“智能城市ⁿ”平台，

赋能智慧城市ⁿ次方场景。以云网一体化数字设施为基础，以大数据、物联网、人工智能、安全、可信云等城市引擎为支撑，以城市运营管理平台为核心，围绕楼宇、社区、园区等场景，提供广泛的业务使能能力与一体化的运营管理服务，并根据不同场景特色需求，推出定制化的智能城市ⁿ解决方案。

优生态，即共建数字智能生态，共赢智慧城市新未来。面对广阔的智慧城市市场，中国联通将进一步深化开放合作，携手产、学、研、用、金等伙伴，建立“1+N+X”数字智能城市生态共同体，围绕重点研究领域打造联合实验室，在标杆项目、标准体系、咨询服务、解决方案、创新产品、运营服务等方面开展深度合作，共同探索未来城市发展新模式，共筑智能城市产业新生态，助力智慧城市创新发展，如图所示。



图 “1+N+X” 数字智能城市生态共享

积极推进5G智慧城市建设

中国联通以城市发展战略为引领，依托新一代信息技术，构建了 5G+ 新型智慧城市解决方案——五位一体“智能城市中枢”。同时，持续增强网络能力，

加快推进云计算、大数据、物联网等建设与布局,将创新业务的支撑保障能力打包整合,形成支撑服务智慧城市体系的综合能力。

网络资源方面,积极持续推进网络优化改进、升级提速,全方位铸造匠心网络,积极布局5G网络建设。目前,中国联通已率先开通国内40个城市的5G试验网络,为合作伙伴提供广阔的试验场景,推进5G应用孵化及产业升级;与雄安新区管理委员会签署战略合作协议,推动雄安新区通信与信息化建设,并发布了粤港澳大湾区一体化智能精品网产品,服务粤港澳大湾区发展。

大数据方面,率先聚合了全网数据资源,建立了集中统一的大数据平台,形成了PB量级的数据资源,沉淀形成了在数据、平台、应用3个层面六大能力,全面服务于智慧城市建设。

云计算方面,建设了“M+1+N”的云数据中心体系,具备强大的云服务能力,通过多云融合与“云光慧企”专项行动,为用户提供便捷的云应用和云网一体化的场景服务。

物联网方面,持续推进“物联网平台+”生态战略,以平台为核心,以应用为牵引,以信息安全为保障,聚合产业生态资源,打造了领先的全球化端到端服务能力;加速NB-IoT布局并稳步推进eMTC网络能力提升,全国已有300多个城市具备了快速接入NB-IoT网络的能力,完成广东、长沙、厦门等地的eMTC外场试点。

中国联通智慧城市应用示范

近年来,中国联通依托信息技术优势,在5G助力智慧城市政务治理、产业经济、民生服务等领域开展了大量实践,并取得了丰硕成果。

善政: 服务政务效能提升

当今新一代信息技术飞速发展,依托数字技术打造一体化电子政务体系,实现政府协同治理已成为大势所趋。中国联通抓住时机,聚焦政务领域,从最基础的电子政务云、通信网到一体化政务大数据平台、基础应用支撑,再到社会治理、政务办公等全品类的政务应用,中国联通能够为各级政府提供端到端的全生命周期的电子政务解决方案。在汕头,中国联通为推动5G与政务服务的创新应用与深度合作,与汕头市政务服务中心联手打造“5G+政务服务”体验区,助力群众办事“毫秒办”,让群众切身感受5G智慧政务的便捷。

兴业: 促进产业转型升级

中国联通致力于推动各行各业转型升级,紧跟产业互联网发展步伐,聚焦政务、医疗、教育、旅游等热点领域,成立了12家产业互联网子公司,并打造16个产业互联网产品基地,在全国范围内持续推动项目落地。在青岛港,中国联通携手爱立信、青岛港和振华重工成功实现了基于5G连接的自动岸桥吊车控制操作、抓取和运输集装箱,这是全球首例基于5G网络覆盖,在实际生产环境下操作远程吊车的实践。

惠民: 带来便捷服务体验

让群众切身感受到智慧化带来的便利,把推进智慧化与提高公共服务水平结合起来,是智慧城市建设追求的主要目标。中国联通从用户需求出发,以民为本,将智慧服务渗透在生活的方方面面,全方位改变百姓生活。2019年6月26日,在MWC19上海展“移动互联创新先锋奖”评选活动中,中国联通“5G移动卒中车”与“5G+超远程虚拟仿真实验”两项应用成果分获“移动健康”与“移动教育”领域移动互联创新先锋奖。目前,两项成

果均已成功落地应用。

全面助力智慧城市业务

为深入智慧城市领域,系统构建智慧城市能力体系,中国联通在雄安注册成立了集团直属研发咨询机构——中国联通智能城市研究院。该院以构建智能城市领域高端咨询服务能力为目标,聚焦顶层设计/规划咨询、技术方案创新、产品研发,立足雄安,服务全国,放眼全球。在MWC19上海展期间举办的“中国联通5G创新成果发布会”上,该院发布了智慧城市产品服务体系,即以“智慧城市全链条规划咨询服务”为引领,“智能城市⁺平台”为抓手,全面助力联通智慧城市业务取得新突破。

一直以来,中国联通高度关注并致力于新型智慧城市的建设与发展,已与国内200多个重点城市开展了智慧城市方面的业务合作,打造了一大批典型的信息化应用产品和解决方案。2018年6月28日,在MWC18上海期间,中国联通正式发起成立了新型智慧城市产业联盟,并加入国家智慧城市标准化总体组、雄安新区智能城市创新联合会、智慧城市生态产业圈,参与中美青年菁英项目等,充分发挥电信运营商在产业链中的中坚地位和纽带作用,汇聚各方力量,共同推动城市治理、城市管理、公共服务创新,打造产、学、研、用相结合的智慧城市工作平台。

路漫漫其修远兮,吾将上下而求索。中国联通将始终以坚定的信心和决心,在5G技术应用于智慧城市建设上大胆探索,构建5G+智慧城市生态共同体,以领先的技术、创新的产品、丰富的应用,助力营造智慧城市美好的城市环境、创新的产业发展、便捷的服务体验和高端的生活品质,共同助力我国数字经济和城市智能化蓬勃发展。

共建共享 5G向前迈进一大步

虽然共建共享带来的深远影响还有待观望，但是现阶段我国在 5G 建设方面做的重大调整都是为提升我国 5G 实力而做出的重要决定。

本刊记者 | 程琳琳

天下大势，合久必分，分久必合。在电信业经历了多次调整与改革，确立了三足鼎立的局面之后，目前业界又出现了新的动态——中国联合网络通信股份有限公司（以下简称中国联通）和中国电信股份有限公司（以下简称“中国电信”）制定了共建共享建设5G网络的路线。这次调整虽然有点突然，但还是在行业的意料之中，这让5G网络早日建成有了更大的可能性。

双方签署共建共享合作协议

2019年9月9日，中国联合网络通信股份有限公司发布公告，称中国联合网络通信有限公司（简称“联通运营公司”）与中国电信股份有限公司签署《5G网络共建共享框架合作协议书》（简称“合作协议”）。

根据合作协议，联通运营公司将与中国电信在全国范围内合作共建一张5G接入网络，双方划定区域、分区建设，各自负责在划定区域内的5G网络建设相关工作，谁建设、谁投资、谁维护、谁承担网络运营成本。5G网络共建共享采用接入网共享方式，核心网双方各自建设，5G频率资源共享。双方联合确保5G网络共建共享区域的网络规划、建设、维护及服务标

准统一，保证同等服务水平；双方各自与第三方的网络共建共享合作不能不当损害另一方的利益；双方用户归属不变，品牌和业务运营保持独立。

在网络建设区域上，双方将在15个城市分区承建5G网络（以双方4G基站（含室分）总规模为主要参考，北京、天津、郑州、青岛、石家庄等北方5个城市，联通运营公司与中国电信的建设区域比例为6:4；上海、重庆、广州、深圳、杭州、南京、苏州、长沙、武汉、成都等南方10个城市，联通运营公司与中国电信建设区域的比例为4:6）。

联通运营公司将独立承建广东省的9个地市、浙江省的5个地市以及前述地区

表 中国联通与中国电信共建5G网络建设区域

15个城市分区承建5G网络	北方5个城市	北京、天津、郑州、青岛、石家庄	中国联通与中国电信建设区域比例为6:4
	南方10个城市	上海、重庆、广州、深圳、杭州、南京、苏州、长沙、武汉、成都	中国联通与中国电信建设区域比例为4:6
独立承建	广东省	除广州、深圳外9个地市	中国联通独立承建
	浙江省	除杭州外5个地市	
	北方8省	河北、河南、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、山东、山西	中国电信独立承建
	广东省	除广州、深圳外10个地市	
	浙江省	除杭州外5个地市	
	南方17省	前述地区之外的南方17省	

之外的北方8省（河北、河南、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、山东、山西）；中国电信将独立承建广东省的10个地市、浙江省的5个地市以及前述地区之外的南方17省，详情见表。

双方将秉持共建共享效益最大化、有利于可持续合作、不以结算作为盈利手段的原则，坚持公允、公平市场化结算，制订合理、精简的结算办法。

合则两利，斗则俱伤

关于此次合作，之前早有迹象。此前在8月14日的中国联通半年报沟通会上，中国联通董事长王晓初就表示，由于5G投资非常大，政府鼓励运营商之间在资源上共建共享，中国联通正分别与中国移动、中国电信就5G网络合作进行谈判。

如今尘埃落定，中国联通和中国电信确立了共建共享的合作路线。其实中国联通和中国电信合作建设5G网络一直都有较高的现实性，因此双方合作也在意料之中。

首先，5G投资大，建设周期长。5G频段高，覆盖范围小，而且在室内覆盖方面，靠传统室外照射室内的方式进行覆盖，将存在较大难度。工信部通信科技委副主任、中国电信科技委主任韦乐平曾

表示, 5G频段高、基站多、基站贵、功耗高, 相较4G, 5G投资将会大幅增加。为了达到5G的指标要求, 5G基站建设的数量将至少是4G基站的两倍, 5G基站的成本也超过4G基站的两倍, 功耗则是4G基站的3倍, 单从基站建设角度, 5G投资大约是4G的1.5倍, 投资周期可能超过8年。因此对于2019年营收增长乏力的中国联通和中国电信而言, 在短时间内如此大规模地投入5G建设, 是十分艰巨的挑战。

其次, 中国联通、中国电信频谱资源接近, 频谱资源共享有利于降低建设成本。中国电信频谱专家表示, 如果可以在一个设备上开通两条载波, 就能节省一个发射单元, 大大降低设备投资。另外, 中国电信和中国联通分别拥有3400~3500MHz和3500~3600MHz频段各100MHz的频谱资源, 共享后, 两者的5G频谱带宽扩大到了200MHz, 可以有更多的资源进行网络质量的优化。

最后, 此次合作协议的制定, 综合考虑了两家的网络建设实力。独立电信分析师付亮表示, 分工基本上考虑了两家的资源优势 and 已投入情况, 做到了价值最大化。

因此, 此次中国联通和中国电信的5G网络共建共享, 对双方而言都十分有利。中国联通认为, 与中国电信进行5G网络共建共享合作, 特别是双方连续的5G频率共享, 有助于降低5G网络建设和运维成本, 高效实现5G网络覆盖, 快速形成5G服务能力, 增强5G网络和服务的市场竞争力, 提升网络效益和资产运营效率, 达成双方的互利共赢。

关于此次双方的共建共享, 行业专家纷纷表示看好。全球移动通信协会高级顾问、原中国移动董事长王建宙表示: “共享5G频率, 共建共享5G接入网, 此举意义重大。我相信, 无线网络的共建共享将



成为移动通信行业的趋势。”工信部通信科学技术委员会秘书长张新生也表示, 个人支持这种共建共享的方式, 这能够加快我国5G建设的步伐。

对未来市场发展的影响尚未可知

此次中国联通和中国电信签署合作协议, 对双方而言是重大利好。业界也有人讨论, 是否会对未来5G时代的竞争格局产生影响。对此, 多位行业专家表示, 对未来市场竞争格局影响不大。

中国联通和中国电信的5G网络共建共享采用接入网共享方式, 核心网各自建设, 5G频率资源共享。由于5G基站数量成倍增加, 因此双方共享接入网, 能够有效降低5G投资水平, 但是核心网各自建设, 可以保证多项业务独立运行。另外, 双方用户归属不变, 品牌和业务运营保持独立, 也可以在业务提供方面保持各自的独立性, 存在一定的竞争。关于中国联通和中国电信的共建共享能否与中国移动形成强有力的竞争, 付亮表示, 对中国移动没有太大影响, 电信+联通<移动的格局还将继续。

总而言之, 中国联通和中国电信的共建共享在短期内对运营商控制投资规模、加快5G推出的速度是有利的, 但是也有

行业专家对此提出了自己的担忧。

Strategy Analytics无线网络服务总监杨光表示, 在国际市场上, 监管机构普遍对有源共享持谨慎态度, 规定了比较严格的进入和退出机制, 既能促进新技术的部署又能保证长期的市场竞争。同时他表示, 共建共享引发的一系列问题值得行业思考。

首先是对市场竞争的影响, 传统意义上, 网络是运营商竞争能力的基础, 如果长期共享是否会导致运营商丧失差异化能力有待观察。其次是对运营商内部技术能力的影响, 在无需某运营商部署网络地区, 其网络技术团队如何保持必要的技术能力是值得探讨的问题, 如果不能保持技术能力将会对该运营商未来的技术和设备选型造成影响。最后, 共建共享对网络设备市场也会产生一定影响, 共享必然会造成整个网络设备市场缩水, 而现在国内市场发展对于华为、中兴的重要性愈发上升, 国内市场缩水是否会对他们的长期经营带来影响还尚未可知。

因此, 共建共享可能带来的深远影响还有待观望。但是现阶段我国在5G建设方面做的重大调整都是为提升我国5G实力而做出的重要决定, 共建共享让“5G改变社会”的梦想距离现实更近了一步。

探讨5G网络规划 合理建设5G网络

在进行网络规划时要充分考虑 5G 网络特点与实施中的难点，注重 5G 网络技术与核心网技术、承载网技术的融合，合理应用动态网络切片，实现 5G 无线网络的有效规划。

上海邮电设计咨询研究院有限公司 | 邢志宇



5G网络与4G网络相比，在数据传输速率、端到端时延、接入用户容量等能力方面有极大的提升。基于5G网络系统，诸如智能驾驶、AR远程医疗、VR互联游戏、物联网等不同等级的业务可以在同一gNodeB下完成通信；可以支持用户设备端与互联网边缘的有效连接，以提高整个网络的使用效率；有效利用移动通信中高频段频谱资源。这些特点4G网络尚不具备，也决定了5G网络规划设计与4G网络不同。

5G网络特点分析

5G网络通过切片满足不同业务场景需求，这与4G简单地将无线资源划分业务等级不同，5G切片是业务承载所需的端到端的物理或虚拟资源的整合，包括带宽资源、传输资源、核心资源，构成逻辑上

的“专网”。如5G可将较小时隙长度的无线资源分配给对时延敏感的业务，切片的优势就在于可根据业务选择每个切片所需的特性，例如低时延、高吞吐量、连接密度、频谱效率、流量容量和网络效率等。

为实现切片，5G核心与承载基于NFV/SDN，传统核心网功能更靠近网络边缘。新结构下，边缘计算能力及综合业务区范围大小都成为考虑重点。

5G业务是面向场景的。建网初期多用于流量热点区域的大带宽接入场景（相当于4G场景的主要应用，速率远高于4G），逐渐满足多样化的行业需求，如智能制造对大连接的要求，无线医疗、云VR/AR对稳定速率的要求，车联网对低时延、广覆盖、高移动性的要求。不同业务对网络的要求是多样的，某些业务可能需要两种甚至三种以上基本网络能力。

5G规划站点选择

5G使用的频谱与现有移动通信系统相比，存在频率高、波长短、空间损耗大、绕射能力弱、多径效果不明显等特点。频谱特性使得5G基站覆盖范围进一步缩小，同时高频段的穿透损耗相对较大，室外基站对室内业务的吸收会减弱，由宏基站、小微基站、室内分布系统组成的超密集异构网络更加普遍。无线环境对5G信号的影响更明显，因此站址选择及天线挂高、方位角、功率设置等工程参数仍是规划的重点。

室外宏基站

5G无线网络的规划建设要与城市规划紧密相连，需要科学合理的城市规划建设的支持，需要对城市人口疏密度、布局等进行准确判断和科学预测，结合链路预

算对不同场景单站覆盖的判定进行站点规划, 此外还需进行仿真效果验证分析, 如图1所示。

根据5G网络覆盖需求特点, 将采用高中低不同频率部署方案满足不同场景

因此5G时代室内网络覆盖的需求将进一步凸显。传统的室分技术在5G网络的应用面临的挑战更大, 如何处理好新型室分技术的应用及实施策略, 将是规划的重点所在。



图1 室外宏基站建设规划

需求, 仿真预测主要考虑采用中低频进行广度和深度覆盖, 对信号强度和上下行速率进行预测分析, 同时考虑采用高频对热点区域的上下行速率预测分析, 目前传播模型可选用3GPP 38.901 NLOS模型。

室外小微基站

超密度异构网络主要是在宏基站覆盖盲点中布放大量微基站接入点, 来满足覆盖要求。对于宏基站盲点, 应充分利用灯杆、电线杆、监控杆、水泥杆等社会资源, 采用小微基站对这些弱覆盖区域进行点覆盖部署, 目的可能仅为解决一层楼或一处街角的覆盖, 如图2所示。

室内分布系统

5G具有高频段的特性, 空间损耗和穿透损耗明显增加, 4G时代通过室外宏基站覆盖室内方式的应用将面临限制,

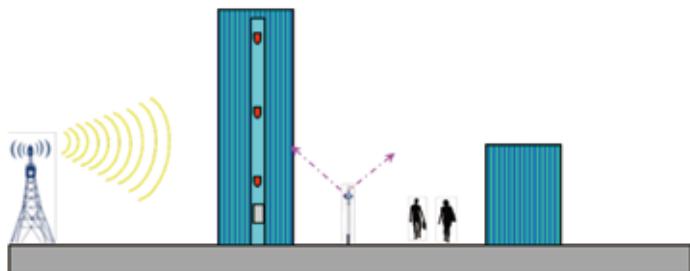


图2 室外小微基站建设图示

5G网络规划的重点难点分析

5G设备频率高, gNodeB网络覆盖低于eNodeB, 超密集无线异构网络建设方案将成为5G基站主流组网方案, 结构继续沿用4G基站模式, 以CU/DU+AAU、CU/DU池等方式为主。大规模阵列天线端口多, 因此有源天线应运而生。目前国内主要设备厂家爱立信、中兴、华为均采用天线与射频处理单元一体化的方式, 将设备安装在铁塔支撑杆上, 机房安装空间要求降低, 室外安装要求提高。

站址布局规划

5G时代, 4G、5G网络共存的局面将持续很长时间。与当前4G网络相比, 5G网络对天线安装要求高、基站能耗大, 塔杆建设难度增加, 同时基站的覆盖范围进一步弱化, 站点需求量增加。不同场景下

的宏微协同使得站址选择更加困难。5G站址可优先部署在重点商区、有需求的工业区; 5G宏基站站距可视无线情况控

制在200~300米; 优选分布式基站(CU/DU+AAU), 降低机房对网络部署的限制; 视纤芯资源情况考虑CU/DU集中放置。

基站及配套规划

充分利用已有站址资源, 重点梳理旧站的室外安装空间和基站市电, 在已有物理站址基础上统筹考虑5G新站址布局。5G基站建设规模远超过以往网络, 考虑到整体社会资源利用情况, 各运营商基础设施应进一步共建共享, 同时探索非传统通信设施的综合利用, 如市政路灯杆、警务监控杆、交通指挥杆等非通信系统的塔杆利用。

5G设备功耗大, 按照主流设备厂商的平均数据, 一个3小区宏基站的功耗可达到4.5kW, 如果4家5G运营商共站址单站仅设备功耗便接近20kW, 加上电池充电及空调等其他交流功耗, 现有物理站址很少能具备如此高的市电引入要求。

室内分布系统改造

对于存量无源室分系统, 其器件支持频段范围为800~2700MHz, 不能涵盖全部5G频段, 改造现有系统需要更换耦合器、天线等器件, 改造成本和难度较高, 物业协调困难, 整改周期长, 另外以原有室分天线的点位设计, 高频段5G系统的覆盖效果将受到影响。因此需研发支持新频段、满足数百兆赫兹宽频能力的室分器件和天线馈线产品。同时, 现有室分实现高阶MIMO难度大, 无源室分系统要实现高阶MIMO技术时, 需要布设相应路数的多路馈线, 设计、施工复杂程度和实施成本均会大幅增加。

对于存量光分系统, 由于光纤和电源线集中布放、均可利旧, 主要需对接单元AU和远端设备RU进行替换。Massive MIMO通道数大幅提升, 需要通过射频模块与天线的融合设计来实现, 而光纤分布系统要求射频模块和天线分离, 因此光分

系统将无法支持Massive MIMO技术。

增加新型有源室分系统是5G室分的可行方案。5G有源室分可连接更多的天线，覆盖范围更大；可有效支持MIMO技术，提升速率；多设备节点组网，扩容升级方便；基本不使用无源器件，降低了物业协调和施工难度；可实现从信源接入至末端的全面监控。

CU/DU集中局站规划

5G基站BBU基带部分拆分成CU和DU两个逻辑网元，PDCP层及以上的无线协议功能为CU，RLC层及以下的无线协议功能为DU，CU/DU分离的目的是可将多个CU集合成C-RAN。CU/DU分离产生中传，消耗纤芯资源，因此建网初期视纤芯资源情况CU/DU可以合设，随网络演进具备分离能力。

CU可集中放置在汇聚机房或综合接入机房，机房电源配套、电池备电时间、综合柜安装空间需提前规划。按每综合业务区2~4平方千米，大约产生20~40个CU简单推算，需3个标准综合柜。同时考虑到20~40个CU回传承载需求，机房内需部署100G波分设备。

传输配套规划

按NGMN (Next Generation Mobile Networks, 下一代移动通信网) 带宽规划原则，单站峰值速率=单小区峰值速率+单小区均值速率×(N-1)，

表 传输容量需求规划

5G低频速率计算	取值
频谱资源	100MHz
基站配置	3cell, 64T64R
频谱效率	峰值: 40bit/Hz, 均值: 7.8bit/Hz
宽带计算考虑	10%封装开销, 5%Xn接口流量, 1:3TDD上下行配比
小区下行峰值速率	$40\text{bit/Hz} \times 100\text{MHz} \times 1.1 \times 0.75 = 3.3\text{Gbit/s}$
小区下行均值速率	$7.8\text{bit/Hz} \times 100\text{MHz} \times 1.1 \times 1.05 \times 0.75 = 0.676\text{Gbit/s}$
单站下行峰值速率	$3.3\text{Gbit/s} + 2 \times 0.676\text{Gbit/s} = 4.65\text{Gbit/s}$
单站下行均值速率	$3 \times 0.676\text{Gbit/s} = 2.03\text{Gbit/s}$



单站均值速率=单小区均值速率×N，按典型3小区蜂窝计算，单站下行峰值速率为4.65Gbit/s，单站下行均值速率为2.03Gbit/s，见表。

按每DRAN接入环12站，其中1站达到峰值，11站均值计算，接入环带宽约为 $4.56 + 11 \times 2.03 \approx 27\text{Gbit/s}$ 。结合4G发展经验，发展期实际流量低于规划流量。5G初期，10GE环组网可满足流量需求，但需要具备可扩展50GE能力，按需向50GE演进。

5G初期IPRAN网络汇聚及核心层上行链路将采用N×10GE，对中继光缆的纤芯需求将比4G时代增加N倍，对光缆纤芯需求量巨大。在光缆纤芯充足时优先采用裸纤方式进行承载，在纤芯不足或长距离传输时可采用WDM/OTN网络为IPRAN设备提供波长级连接。

为应对新业务的发展，长远考虑应引入综合业务接入区的概念。一个综合业

务接入区由一个综合接入机房、若干光交箱、连接光缆构成，每个光交箱内都有直通综合接入机房的端口（经过其他光交箱不成端）和可用于跳接的端口（经过其他光交箱成端）。综合接入机房之间由主干光缆连接。主干接入光缆组网要遵循“主干稳定、配纤灵活”的原则，以大芯数光缆为主，满足中远期的各类业务需要。

结论

在经历了计算机技术与互联网技术洗礼后，人类迎来了移动互联网5G技术变革。5G网络将给教育、医疗、工业和农业等行业带来发展机会，人们的生活和社会面貌将发生极大改变。为了满足高速率、低时延、大连接的目标，5G技术和网络结构较当前网络有很大调整，在进行网络规划时要充分考虑5G网络特点与实施中的难点，注重5G网络技术与核心网技术、承载网技术的融合，合理应用动态网络切片，实现5G无线网络的有效规划。

编辑 / 程琳琳 chenglinlin@xintong.com.cn



邢志宇，毕业于沈阳理工大学电子信息工程专业，学士学位，主要从事无线网络网络规划和设计工作。

5G创新成华为亚太创新日最大亮点 各方推进“科技至善”

在全球范围内，20个国家、35个运营商已宣布5G商用，另外33个国家已分配5G频谱，5G离我们越来越近。

本刊记者 | 黄海峰

5G作为连接一切的技术，在万物互联中构筑着智能世界的底座。而5G的发展正好处在全球各行各业数字化转型的关键时期。人类工业化发展走到今天，正在从过去的机械化、电力化，走向自动化、数字化、智能化。

“5G技术的到来恰逢其时。一方面，5G可以在传统连接的基础上提供广联接、大带宽、低时延能力，为不同应用提供切片，这一全新的功能，使它可以适配各种复杂的行业应用场景。5G的先进性正在催生丰富的应用。与此同时，5G、AI、IoT、云的融合应用正在改变着人与自然，让世界更加美好。”在近日举办的第五届“华为亚太创新日”（以下简称创新日）上，华为公司董事、战略研究院院长徐文伟如此表示。

通信世界全媒体记者在现场看到，本届创新日围绕“创新使能亚太数字化”的主题，来自亚太各国和地区的政府、产业界、学术界代表200余人共同探讨5G创新技术和应用、可持续发展及科技与人文自然等热点话题。

全球5G商用提速：华为发力创新2.0

在全球范围内，20个国家、35个运营商已宣布5G商用，另外，33个国家已分配5G频谱，5G离我们越来越近。亚太区

设总数将达到13万座（中国移动5万座，中国电信与中国联通各4万座）。

华为等产业链企业也在支撑全球5G加速发展。徐文伟表示，在全球范围内，

华为已获50多个5G商用合同，发货20多万Massive MIMO AUU，其中28个合同来自欧洲、11个来自中东、4个来自美洲、1个来自非洲、6个来自亚太。

华为在5G

领域实现领先，源自多年来对5G创新的高度重视和持续投入。华为无线产品线CMO彭红华介绍说，华为在2009年开始5G研究，推动5G端到端系统商用化，至今累计投入了40亿美元。

目前华为已经在芯片、材料、算法、天线、散热等多个领域进行5G关键技术创新，奠定了5G极简网络、极致体验的基础。而且，华为向3GPP贡献了超过2.1万个5G NR提案，占比超过20%，为全球第一，换算为A4纸厚度有10米之高。

走在创新第一线的华为，还在考虑未来十年的技术创新。徐文伟介绍，华为过去的成功来自工程创新、技术创新、解决方案创新，华为创新的核心是帮助客户商用成功。

但目前产业发展遇到瓶颈，随着5G的到来，香农定律达到极限，芯片领域的



华为公司董事、战略研究院院长 徐文伟

域的5G部署走在世界前列。据悉，韩国是全球首个5G规模商用的国家，从4月初5G放号至今，已发展了超过200万5G用户，现阶段韩国已成为全球5G商用标杆。

全球移动通信系统协会(GSMA)大中华区总裁斯寒表示，到2025年，全球超过一半的5G连接将来自亚太地区，占比54%左右，中国将成为最大的5G市场。预计到2025年，全球移动运营商将投入1.3万亿美元用于网络建设，其中75%都将用于5G；亚太地区对5G网络建设的投资预计将超过5000亿美元，超过世界上其他区域市场。

中国建成5G大规模试商用网，三大运营商分别在北京、上海、广州、深圳、成都等城市建网，实测最大下行速率高达1Gbit/s。截止到今年7月，全国范围内已建成5G基站3.8万座，预计到2019年底，中国5G基站建

摩尔定律遇到极限，所以创新需要从1.0走向2.0，从创新到发明。而未来创新工作的开展，必须是开放式创新，包容式发展。

创新2.0的核心是大学，华为通过资助大学、与大学研发力量深度合作，大量投入基础技术的研究。徐文伟还向观众介绍了华为鲲鹏920处理器。在此次大会上，华为规划在成都建立的鲲鹏生态基地正式揭幕。

科技至善：新技术融合应用 开启美好智能世界

来自政府、行业组织、学术界等嘉宾分别从政策制定与监管、行业数字化等多个角度展开阐述，分享了创新科技如何助力文博产业和自然生态保护，提供了“5G+AI”赋能千行百业的生动案例。

比如利用图像识别和光学字符识别等AI工具，StorySign应用将流行的儿童书籍翻译成手语，为聋哑儿童提供了阅读书籍的机会。

在哥斯达黎加热带雨林中，Rainforests公司部署的太阳能雨林监听设备覆盖了2500平方千米的雨林区域。借助华为云的海量数据存储和智能分析能力，对纷繁复杂的雨林音频进行实时处理和精准识别，第一时间分辨出电锯和卡车的噪音，阻止盗伐行为。

帮助弱势群体，保护地球，实现人与自然和谐发展，是社会各界关注的热点话题。对此，与会嘉宾普遍认为，5G、云、IoT、AI的融合应用正在塑造一个万物感知、万物互联、万物智能的世界，智能世界正在朝每个普通人、每个大小企业、每个行业走来。科技至善，世界正在变得更加美好。

应用创新：三大运营商探索丰富的5G行业应用

记者看到，在此次大会内场和外场，三大运营商联合华为等产业合作伙伴，共

同展示了5G+VR、5G+8K视频、5G+无人机、5G远程医疗和5G急救车等多种创新行业应用。这些应用为来自亚太多国的嘉宾和媒体展现5G的重要价值。

一方面，5G可以增强消费者体验。通信世界全媒体记者在现场看到，运营商利用安装在数公里外熊猫基地的360度VR全景摄像头，通过5G网络，将国宝大熊猫的一举一动即刻实时回传到会场内的VR眼镜上。

另一方面，5G进入千行百业，将催生更多行业应用，并大幅提升效率、降低成本。比如创新日活动现场展示的5G救援车，以5G网络为基础，以急救车为载体，配合人工智能，利用AR、VR和无人机等技术、应用打造出全方位医疗急救体系。

除了在会场展示的应用外，观众还可在外场的5G网络上体验多种创新应用，包括高新南区的5G立体组网精品网络体验车、成都二环的5G公交、第三人民医院的远程医疗等。

在此次大会上，中国信息通信研究院副院长王志勤表示，从国内5G应用探索看，消费级市场应用集中在高清视频、AR、VR等方面，无人机、机器人等产业也在拥抱5G，而工业领域则集中在工业互联网、电力以及远程医疗方面。

网络创新：四川移动发布5G 立体组网

此次大会上，四川移动联合华为发布了4G+5G协同立体组网方案。该方案由基础覆盖容量层、容量体验层和价值场景室内覆盖组成，可以更好地实现5G无缝覆盖。

仔细研究5G立体组网方案，可以发现其是为运营商的建网需求量身定制的。第一，5G立体组网方案基础覆盖容量层（底层网）是以宏基站为主的连续覆盖和容量网络，满足基本的覆

盖和容量吸收，主要用于室外普遍的业务承载。

第二，5G立体组网方案容量体验层（中层网）是以杆站等简易站为主的非连续覆盖和容量网络，针对特定场景的容量释放，满足体验一致性需求的网络。针对宏站边缘区域或流量高地，主要应用集中在道路、高层建筑、居民区、大型集会、风景区等地区。

第三，5G立体组网方案价值室内覆盖层（室内网）以室内数字系统为主的室内价值场景建网，吸收室内产生的流量，提供优质的用户体验，并通过千兆速率、低时延等网络能力为5G新业务提供保障，主要面向交通枢纽、购物中心、医院、酒店/办公楼、园区等室内场景。

在5G立体组网方案发布时，中国移动研究院副院长黄宇红介绍，中国移动提出5G+4G战略是为了能够快速部署5G，同时保证现有4G网络的体验。因为4G+5G协同立体组网能够基于现有2.6GHz频谱资源，实现不增加5G站址的情况下，做到4G和5G共覆盖，在5G初期用户不多的情况下，兼顾4G和5G用户两者的上网需求。

而谈及立体组网方案的实现，彭红华重点介绍了华为在无线领域的三大创新方案，即Massive MIMO、智慧杆站（Easy Macro与Book RRU）以及DIS（室内数字化系统）。这三大创新方案已经在中国市场广泛部署，帮助运营商实现5G高速率，解决“补忙和补盲”问题，支撑室内数字网络部署。

今年以来，四川移动与华为已经在新南区域、远洋太古里、天府软件园、大熊猫基地、地铁10号线、成都华尔道夫酒店、宽窄巷子和都江堰等区域开通了5G网络，提供给用户5G千兆网络的体验。

5G前传的25G WDM技术方案探析

当前可调激光器产业链已基本成熟，建议全产业链共同参与，聚焦应用需求，统一产业链，以进一步降低成本，加速推动产业化应用，服务于 5G 网络建设。

中国联通网络技术研究院 | 王光全、沈世奎

5G的发展离不开光通信的支撑。随着5G的发展，目前5G前传成为业界关注的热点话题。

5G前传需求

5G前传网络中将主要采用eCPRI接口，在100MHz频谱、64T/64R天线和下行16流/上行8流的配置下，eCPRI接口需要25G速率。在更宽无线频谱资源下，5G前传需要多个25G接口。

在5G网络建设中，光纤直驱是前传主要的解决方案，但是在密集城区等5G优先覆盖的区域，存在光纤资源剩余但不足直驱的场景，需要采用其它技术方案来解决CRAN模式下的AAU拉远。波分复用(WDM)技术通过光波长复用，以波长来连接AAU，可以在单根光纤复用多个波长，大大降低前传对光纤资源的消耗。可用于5G前传的25G WDM技术存在多种方案，包括DWDM、CWDM和LAN-WDM等，如图1所示，本文将重点探析和比较这些WDM技术方案。

基于WDM技术的移动前传建网方式

基于WDM技术的移动前传方案，根据设备型态差异，主要分为有源型、半有源型和无源型3类组网方式，如图2所示。

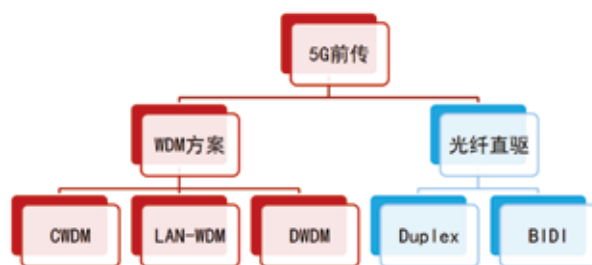


图1 5G前传技术方案

全有源型，局端和远端均为有源设备，专业界面清晰，便于多业务综合承载接入，但需考虑远端设备的安装和供电；半有源型，局端为有源设备，远端简化为WDM光模块和无源合分波器，需确认WDM光模块能安装在业务设备上；无源型，局端和远端均为无源，简化为WDM光模块和无源合分波器，需确认WDM光

模块能安装在业务设备上，且专业界面不清晰。从网络建设和运维角度，更倾向于前面两种建网方式。

基于DWDM技术的5G前传方案

DWDM技术

DWDM技术根据激光器工作波长分成固定波长和波长可调谐，如图3所示。波长可调谐技术目前已在10G/40G/100G网络广泛应用，难点和挑战在于实现低成本，满足城域接入层海量且成本敏感的应用场景。实现可调激光器的技术方案众多，包括DFB阵列、

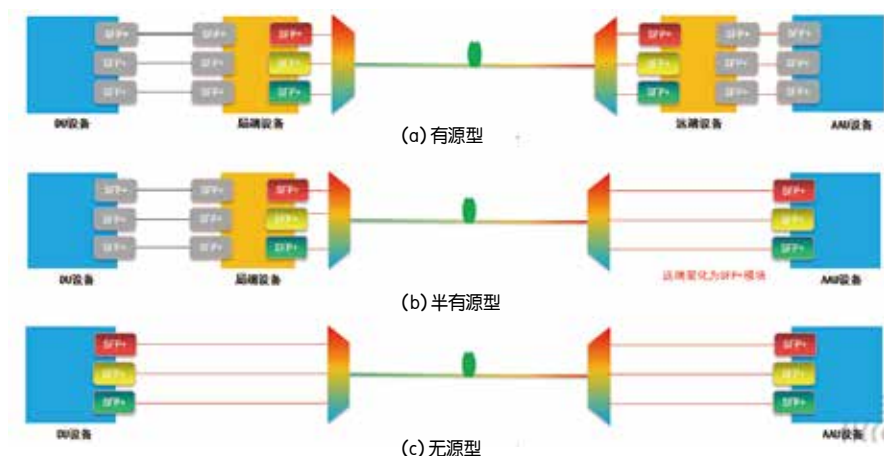


图2 基于WDM技术的移动前传建网方式



图3 25G DWDM技术方案分类

DBR、DS DBR、MG-Y、SG DBR、VCSEL、ECL、硅光微环腔和V形耦合腔等，采用温度控制、电流控制和机械控制等方式。

当前已经实现的低成本可调光模块，包括宽带全C波段可调谐和部分C波段窄带可调谐，其中窄带可调方案成本优势明显，已有多家光模块和光器件公司发布了相关产品。

G.698.4/PAB-WDM方案

基于可调谐DWDM光模块的G.698.4（前G.metro）方案，又称为波长自适应接入型波分复用（PAB-WDM, port-agnostic bi-directional WDM）技术，其最大优势在于

端口无关特性、尾端模块波长自适应（免配置）、速率自适应，且可管可控。基于光层调顶技术，实现了头端设备（HEE）与尾端设备（TEE）间的管控和消息通道（HTMC/THMC），用于对远端可调光模块的波长速率自适应和管控，实现系统级简洁有效的OAM机制，如图4所示。

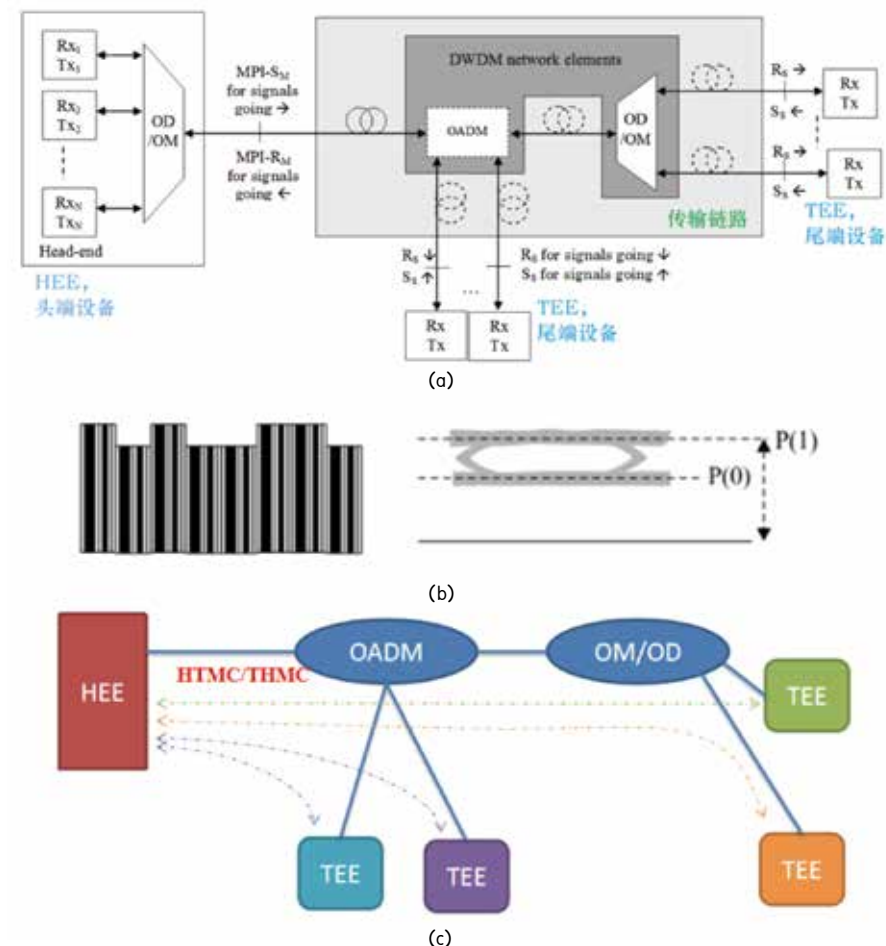


图4 G.698.4/PAB-WDM前传方案

在2019年7月ITU-T SG15日内瓦全会上，基于中国联通、中国电信、德国电信、意大利电信及KDDI等运营商提出的25G DWDM前传应用需求，以及中国联通和爱立信等单位提交的25G DWDM详细测试结果，ITU-T SG15启动了G.698.4标准v2.0版本（25G速率）制定工作。

25G CWDM技术方案

ITU-T G.694.2标准规范了CWDM波长，从1271nm到1611nm，波长间隔20nm，共有18个波长。但ITU-T G.695标准规范的25G CWDM应用代码，最大通道数量为4，使用1271nm、1291nm、1311nm和1331nm共4个波长，中心波长偏差范围 $\pm 6.5\text{nm}$ ，工作距离为2km。

随着数据中心100G CWDM4光模块大量部署，符合数据中心环境使用和商业级CWDM4的激光器有较多应用，主要是1271nm、1291nm、1311nm和1331nm，这4个波长产业链比较成熟。CWDM激光器在不加TEC温控下，温度漂移较大（典型值 $0.1\text{nm}/^\circ\text{C}$ ），难以满足标准中 $13\text{nm} (\pm 6.5\text{nm})$ 波长精度要求。业内也在考虑基于DML辅助加热器（heater）或用TEC温控，来保证中心波长稳定性。但用heater或TEC会增加CWDM方案成本。

对于更长波长（1351nm、1371nm等），DML激光器存在色散受限问题，色散代价较大，导致10km光纤传输功率预算不足的问题，业内考虑用EML或APD来解决。同样由于色散限制，1371nm后的CWDM波长只能采用EML。采用EML/APD方案并增加TEC辅助控制波长稳定性的CWDM方案，并没有明显成本优势。

在网络维护上，采用CWDM光模块用于5G前传，无法实现对于远端光模块的有效管理。且存在波长识别困难、管理

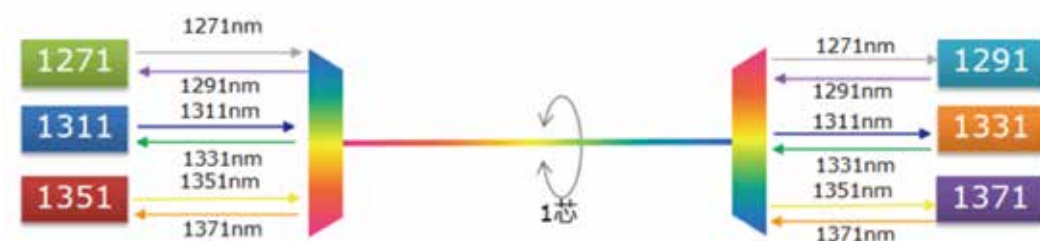


图5 基于25G CWDM的前传方案

繁杂，不便于维护管理等难题。

当前基于CWDM的前传方案如图5所示，室外应用工业级工作温度及色散代价引起的功率预算不足等问题均未解决，大量应用部署将会导致较大风险。

25G LAN-WDM技术方案和标准化

ITU-T G.959.1标准规范了4通道的25G LAN-WDM技术，使用波长分别为1295nm、1300nm、1304nm和1309nm，通道间隔为800GHz；同时也规范了8通道的50G LAN-WDM技术，前4波中心波长与25G LAN-WDM相同。IEEE 802.3规范了LAN-WDM接口，包括100G LR4、200G LR4和400G

LR8。当前已标准化LAN-WDM波长汇总见表1。

LAN-WDM波长激光器工作在O波段，色散代价小；采用TEC温控，可满足工业级应用要求。随着数据中心和运营商网络100G LR4光模块大量部署，商业级LAN-WDM4激光器有较多应用，主要是1295nm、1300nm、1304nm和1309nm这4个波长，相应DML产业链比较成熟；其它波长DML产业链不成熟，主要是EML方案。目前LAN-WDM前传应用，波长方案较多，除了ITU和IEEE规范的4波和8波外，业内也存在不同的波长规划；常用的6波方案是LR4的4个波长，再加上1286nm和1291nm两个波长。也有建议将波道间隔从800GHz缩小为

400GHz，以获得更多可用波长，但均无标准化。

采用LAN-WDM光模块用于5G前传时，可通过G.698.4标准规范的光层调顶方式形成管理消息通道，实现对远端光模块的管理，否则将无法实现对于

远端光模块的有效管理。但LAN-WDM方案采用固定波长激光器，即使采用了调顶方式的远程管理，仍然会存在波长识别困难、管理繁杂、维护管理不便等难题。

总结

在5G网络建设中，在光纤资源充裕场景，优先选择单纤双向的光纤直驱；在剩余纤芯不足，尤其是密集城区较大规模BBU集中的场景下，WDM技术将是纾解城域接入层光缆纤芯紧缺、降低建网成本的首选手段，如图6所示。

同时5G前传网络规模大，建设成本敏感，海量接入层设备/光模块的维护成本也将至关重要，如图7所示，低成本、高效接入和可管可控的WDM技术将是优选。

表1 LAN-WDM波长标准汇总

通道	中心频率 (THz)	中心波长 (nm)	波长范围 (nm)	IEEE 802.3			ITU-T G.959.1	
				400G LR8	200G LR4	100G LR4	100G	400G
L0	235.4	1273.54	1272.55–1274.54	✓				✓
L1	234.6	1277.89	1276.89–1278.89	✓				✓
L2	233.8	1282.26	1281.25–1283.27	✓				✓
L3	233	1286.66	1285.65–1287.68	✓				✓
L4	231.4	1295.56	1294.53–1296.59	✓	✓	✓	✓	✓
L5	230.6	1300.05	1299.02–1301.09	✓	✓	✓	✓	✓
L6	229.8	1304.58	1303.54–1305.63	✓	✓	✓	✓	✓
L7	229	1309.14	1308.09–1310.19	✓	✓	✓	✓	✓

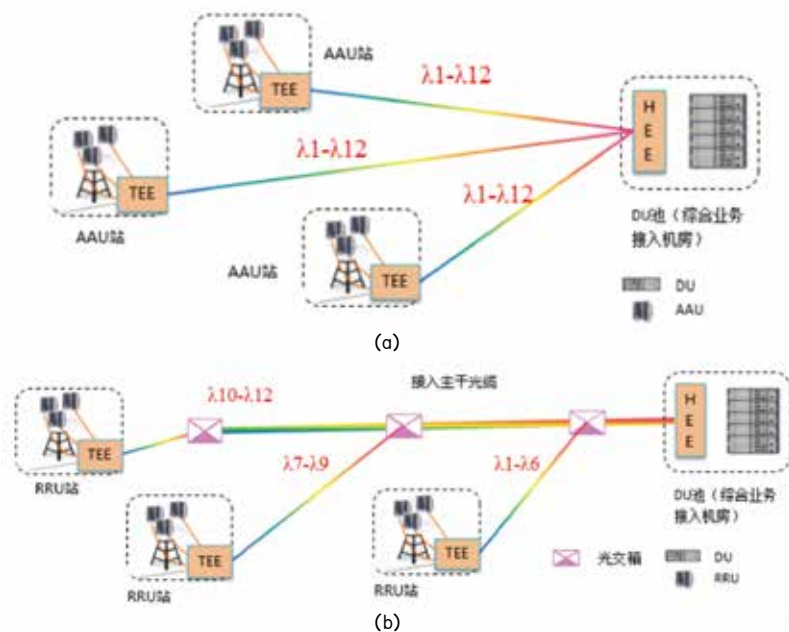


图6 基于WDM技术的移动前传应用示意

表2 不同25G WDM前传方案比较

特性	25G 可调DWDM	25G LAN-WDM	25G CWDM
标准化	ITU-T G.698.4/ YD/T 3551-2019	--	--
系统容量	12波/20波	当前4波,可扩展到9波	4波, DML可扩展至6波, EML方案扩展至12波
波道间隔	100GHz/0.8nm	800GHz/4.4nm	20nm
激光器类型	EML	DML/EML	DML/EML
组网拓扑结构	星、链、树	星	星
传输距离	10km, 更长距离需要 DCM和OA	10/20km	10km
温度规格	工业级	商业级, 可支持工业级, 需要产业链支持	商业级, 可支持工业级, 需要产业链支持
功耗	2.5W	1.5W/2.0W	1.5W
是否波长可调	是	否	否
波长无关	是	否, 需要区分波长	否, 需要区分波长
远端可管理	是, 通过光层调顶的消息通道	当前不支持, 可通过光层调顶的消息通道	否
备品备件管理	优, 归一化模块型号	差, 需要备份所有波长	差, 需要备份所有波长
产业链	优	差, 需要所有波长, 现有激光器芯片产业链扩展	差, 需要所有波长, 现有激光器芯片产业链扩展
系统建网方案	有源, 半有源	半有源, 无源	无源
传输网管	需要	半有源需要, 无源不需要	不需要
成本	建设成本高, 维护成本低	中, 短波长需要采用EML方案, 维护成本高	低, 长波长采用EML方案后, 成本与LAN-WDM类似, 维护成本高

WDM技术是光纤直驱外的首选解决方案,但需要在CWDM、LAN-WDM和DWDM方案中选择一种。应用于5G前传的几种WDM技术方案汇总见表2。

从表2可看出, 基于低成本可调谐激

光器的波长自适应25G DWDM技术, 系统容量大, 光模块型号归一化, 且远端可管可控, 建设和运维简单, 在统筹综合考虑网络建设成本和维护成本时, 是较为合适的解决方案。当前可调激光器产业



图7 移动前传综合成本考虑

链已基本成熟, 建议全产业链共同参与, 聚焦应用需求, 统一产业链, 以进一步降低成本, 加速推动产业化应用, 服务5G网络建设。

光传送网多域分段保护技术探讨

建议运营商在应用 OTN 多域分段保护应用中，采用的产品应支持 ITU-T G.798(2012)Amd.3 和 G.873.1，以避免级联误倒换影响业务质量。

中国电子科技集团公司电子科学研究院 | 袁苏文
中国联通网络技术研究院 | 满祥银

近年来，我国运营商正在大规模建设基于OTN的精品专线网络，组网范围跨越省际干线、省内干线和城域传送网，乃至一直延伸到城域接入层。

OTN网络的多域分段保护应用场景和问题分析

OTN网络多域分段保护应用需求分析

我国OTN现网广泛应用的是符合ITU-T G.873.1的ODUK线性保护技术，即子网连接保护（SNCP），具体又分为支持固有监视的SNC/I、支持非介入监视的SNC/N和支持子层监视的SNC/S，分别通过段层监视（SM）、通道监视（PM）和串联连接监视（TCM）的开销监测来触发保护倒换，从而实现OTN网络的分层分段保护。

运营商为了提升端到端专线业务

的网络可靠性，一般将OTN的线性保护分段配置，以实现业务抗多点故障。具体来说，一般采用OTN骨干网和城域网为大客户提供端到端的TDM或以太网专线服务，并且在OTN骨干网和城域网的各域内分别配置单域的网络保护机制。图1给出了一个典型的OTN多域分段保护级联的组网应用场景，两个城域的OTN网络通过骨干OTN网络互连，构成了端到端业务传输的组网拓扑结构。每个OTN网络都配置了ODUK SNCP/S保护，两个城域OTN网络是由不同设备商的传输设备构建的。运营商对OTN多域保护组网方案的一个重要原则是希望每个单域中的保护倒换与其他域中的保护交换独立，并且出现故障时对业务的保护倒换时间满足小于50ms。

OTN网络的多域保护级联问题分析

2013年12月，中国联通在OTN干线精品网中发现OTN多域分段保护存在保护联动问题，对图1所示的OTN多域保护级联方案进行了测试验证，发现大多数供应商的设备不能满足不同域OTN保护机制独立的基本要求，在一个域发生保护倒换时，可能会引发下游OTN域发生意外的保护倒换动作，即OTN网络中存在多域保护级联的联动问题。中国联通和多家OTN设备供应商经过一年多的协调努力，也未从根本上解决OTN的多域保护联动问题，原因是每个供应商都有自己的OTN多域网络级联保护的解决方案，来防止意外的保护倒换和相关问题。于是，中国联通联合中国移动、中国电信和华为公司，在2015年6月向SG15全会提交了文稿C1357，希望SG15 Q9课题开展相

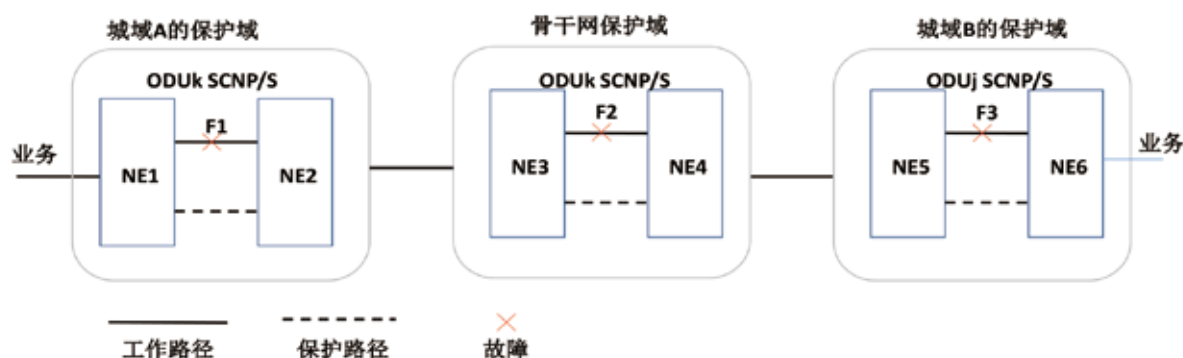


图1 OTN多域分段保护级联的应用场景示意图

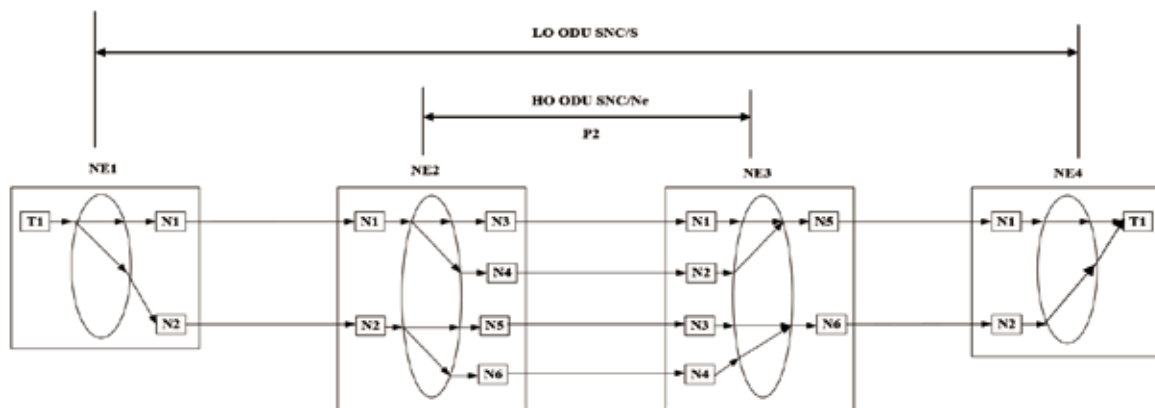


图2 OTN嵌套保护的功能模型

关研究,并找到统一的标准化解决方案。

OTN保护倒换的联动问题不仅发生在OTN多域保护的级联场景中,而且在OTN嵌套保护场景中也会发生。图2是OTN嵌套保护的功能模型。由于端到端OTN网络一般由几个不同供应商的OTN网络域组建而成,因此有必要对OTN多域的级联保护和嵌套保护的互通机制进行研究。否则,端到端的OTN级联和嵌套保护问题在没有相关国际化的情况下无法彻底解决。

经研究发现,造成多域保护联动的的主要问题是上游OTN域发生保护倒换时,产生的OTN-LOF告警向下游节点透明传输,触发了下游OTN网络发生保护倒换。因此,需要研究如何避免和解决OTN-LOF向下游节点的透明传输问题。所观察到的LOF告警传递行为可能是由OTN系统的CDR和/或维护信号造成的,如何正确实施SNC/S或G.798中的描述有可能解决问题,因此需要多方联合开展相关技术解决方案研究和标准化工作。

OTN多域保护联动问题的技术方案

G.709中增加保护开销的方案

针对OTN多域保护的联动问题,

2015年6月,华为公司向ITU-T SG15 Q9提交了C1323文稿,建议在G.709的第15章中引入一个新的保护开销,将保护信息传输到下游,通过该开销过滤掉透传告警避免级联倒换,会议认为G.798中有相关的内容描述该问题,并认为通过一个简单的拖延定时器(hold-off timer)可解决该问题。对于文稿C1323的提出增加保护开销的技术方案,ITU-T未采纳。

解决瞬间告警传递导致联动倒换的可选技术方案

2016年2月,华为公司和中国联通联合提交了C1794文稿,描述了联动倒换问题及建议的解决方案,进一步推动Q9来研究解决OTN保护联动问题。该文稿指出,当上游保护段的光纤中断时,时钟的输入和输出会出现失锁现象,保持频率偏差加上频率变化在 $\pm 20\text{ppm}$ 以内是非常困难的。当超出了频率容限时,OOOF和/或STAT缺陷(AIS/LCK/OCI)将可能被下游设备发现。

为了实现本地恢复和快速切换时间,有以下潜在的解决方案。

- 将以下信息从一个恢复域传送到另一个恢复域,即上文G.709中增加保护开销的方案。

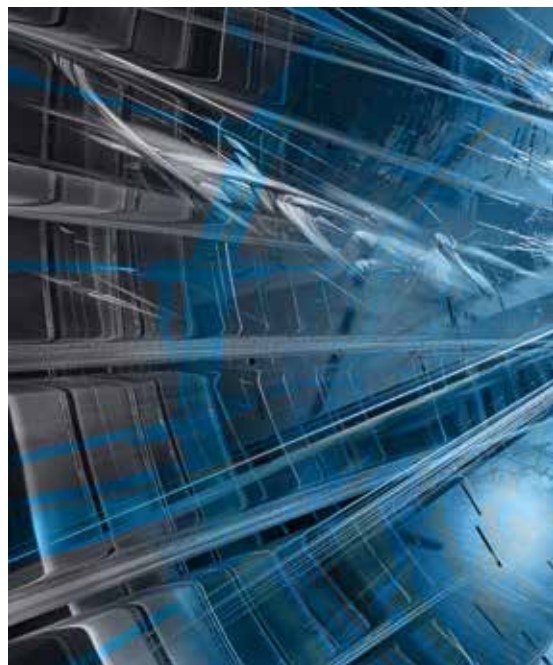
- OOF抑制AIS。

在数据信号处在OOOF条件下,dOCI、dAIS和dLCK状态不应被改变。也就是说,dOCI、dAIS和dLCK被OOOF抑制。

- 时钟的缺陷用作一个TSF条件:
aTSF $\leftarrow$ CI_SSF或dCLOCK或XXX。

如果时钟输出错误,并且持续时间长于clockDTh,则应宣布dCLOCK。如果时钟输出是正确的,且持续时间长于clockCTh,则应清除dCLOCK。

aTSF可用于将时钟切换到本地时钟



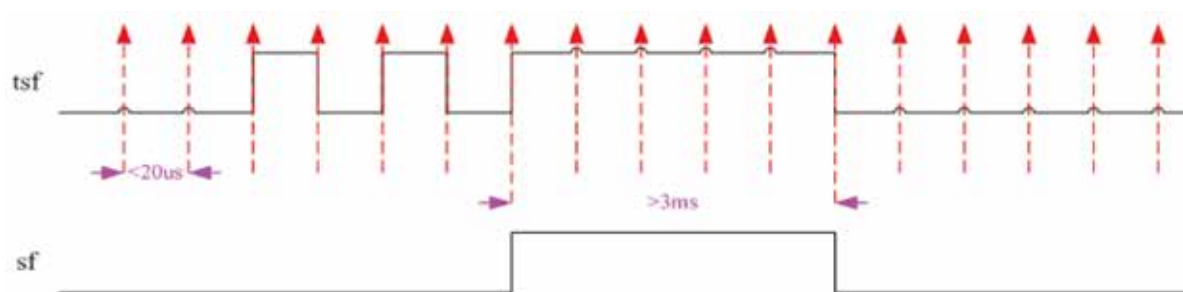


图3 应用新定时器的示意图

并触发aAIS。

- STAT的接受处理优化：X连续帧，X应为31及以上。

ITU-T G.798的8.8节，在状态信息（STAT）的接受处理过程中，如果在X个连续帧中的PM/TCM开销（字节3，比特6到8）中接收到一个新的、一致的值，则接受新的STAT值（AcSTAT）。X应由3改为31。

- 一个新的定时器

如图3所示，定义一个新的小定时器，类似于拖延定时器，但不要使用两次机制。应使用非常小的采样间隔（例如小于 $3 \times 1.168 = 3.504 \mu\text{s}$ ）。当保护中出现一

个或多个SF或SD条件时，将启动新的定时器。在此期间，新的SF/SD状态在非常小的间隔内被采样，一旦发现处于正常状态，定时器将被取消，并且信号的正常状态被传递到保护。只有当定时器超时后，信号的SF/SD状态才能通过保护和触发保护开关。

Ciena公司在2015年10月的Q11中间会提交了文稿WD11-30，也针对STAT缺陷检测进行了研究。STAT字段的检测标准目前在G.798中被定义为3帧，有可能导致错误检测缺陷（AIS、LCK或OCI）。结果将是不期望的系统行为。该文稿也建议Q11考虑将G.798

的8.8节STAT的接受标准增加到X=10或符合健壮性标准的其他值（长于OOF），或者考虑使用！OOF状态验证STAT。并且建议在G.798的6.2.1.4.1节增加：在数据信号处于OOF条件（信号失效之前）情况下，dOCI、dAIS和dLCK状态不得改变。

经过2年多的努力，在2016年9月的SG15全会，G.798终于通过了新的增补文件3，并在2017年1月正式发布为G.798（2012）Amd. 3，对8.8节的STAT接受处理进行了修订，将100G信号对应的OTUCn和ODUCn的X值规定为15，ODUK的X值仍为3。

基于持续滤波器解决联动倒换的方案

在2016年5月慕尼黑召开的Q9中间会议上，阿尔卡特朗讯公司的美国专家提交了文稿WD09-12，分析了C1794文稿中提出的4个方案，目的是避免ODUK SNC/S保护域由于该域上游发生事件而产生联动倒换，并提出了与G.798保持一致性的另一个替代方案。

当ODUK SNC/S的头端节点接受新的FAS位置时，它将插入与该新位置相关联的TCM开销。然而，按照上面所述的FAS接受行为，尾端节点在其实际位置找到TCM开销，将需要 $(N+1) \times 7$ 帧。因此，在TCM开销错误访问期间，存在错误检测缺陷dAIS、dOCI、dLCK和dLTC的风



险。这些缺陷只有三帧的持续性和三比特的检测模式。

在2016年9月ITU-T SG15会议上,阿尔卡特朗讯公司提交的文稿C1916以及中国联通联合华为公司提交的文稿C2059,都描述了连续滤波器(Persistence Filter)的使用。C2059文稿建议在G.873.1中添加使用连续过滤器机制的选项,目的是避免过早声明信号失败,来避免ODUK SNC/S保护域的联动倒换,并对连续滤波器的使用效果给出了测试验证结论:当过滤器功能关闭时,在级联保护应用中约11%存在不需要的联动倒换;当过滤器功能开启时,进行了2207次保护倒换测试,都没有发生联动倒换。

2016年9月的ITU-T SG15会议同意使用C1916和C2059中所提出的10ms作为连续滤波器的验证间隔,并采纳了G.873.1中新增了一个章节规范SF持续定时器。2017年6月全会,通过了G.873.1的修订版本,新增了9.15节SF连续定时器,相关内容规定如下所述。

可以使用SF连续定时器来协调跨级联ODUK SNC/S保护域的保护交换机的时序。该定时器用于防止下游ODUK SNC/S保护域,由于级联配置中的任何上游保护域的保护倒换或由于未受保护的入口的信号失效条件而倒换。

每个传输实体的信号失效的活动状态(例如SF=ODUKT_AI_TSF)只能在相关输入端被发现永久存在的情况下,被报告给保护控制过程(或后续延迟定时器进程)持续过滤器在验证间隔的持续时间。验证间隔的持续时间不得超过10 ms。

连续滤波器(Persistence Filter)和拖延定时器(Hold-off timer)的主要区别在于以下方面。

拖延定时器:告警触发后,在拖延定时器所设置的时间结束时刻再进行一次检测,如果仍然有告警,则确认告警有效而触发倒换。可以看到,这种机制对于告警在两次检测点之间的状态并没有进行监控。

连续滤波器:对于告警采用持续监控的方法,告警触发后,在连续滤波器所设置的时间段内连续进行监控,如果在此期间始终有告警,才确认告警有效而触发倒换。基于连续滤波器的机制,可以有效去除“异常短暂告警”。一般而言,连续滤波器机制可以存在于拖延定时器机制之前。

联动倒换问题大多发生在一个域发生保护倒换过程中,向下游传递了“异常短暂告警”,从而引发下游OTN域发生意外的保护倒换动作。因此,连续滤波器的使用是解决OTN网络中多域保护级联发生联动问题的有效方法之一。

连续滤波器机制有效解决了OTN级联保护的问题,但还没有解决保护嵌套问题,因此需要在B100G网络部署中研究解决嵌套问题的机制。Q9会议讨论认为该问题已经清楚,对于嵌套场景中的联动倒换问题,当前最有效的机制是设置拖延定时器。虽然拖延定时器可能会导致业务保护恢复性能的恶化,但也注意到,若嵌套机制发生在距离较远的不同位置,在不同层间(不同网络技术)传递恢复信息会非常困难,导致外层无法快速倒换。

中国联通和华为公司联合向2017年6月SG15全会提交了文稿C153“级联保护”,指出Q9之前的会议讨论结果基本解决了级联保护问题,但未彻底解决OTN保护嵌套场景中的问题。该文稿建议扩展G.873.1(同时需要修改G.709中的开销格式)来最小化OTN嵌套场景中的倒换时间,且该方案并未使用拖延定时器。

Q9会议认为该方案只是解决了一个特殊场景,难以通用化,并且还需要解决以下问题。

- 当节点A检测到SF信号,需要等待节点D和节点G间的SNC是否响应,因此仍需hold-off定时器解决该问题。

- 在某些场景中,外层的保护机制可能与内层的保护机制不同,因此文稿提议的方案需要在这种场景下支持转发新型APS消息,过于复杂。

- 文稿并未讲清多重嵌套时的解决方案,文稿使用了两层嵌套场景,但实际应用中可能会更多层的嵌套。

- 强制倒换(FS)和锁定(Lockout)请求并未包含在新提议的开销字节当中。

综上所述,2016年9月发布的G.798(2012)Amd.3和2017年6月通过的G.873.1修订版已解决了OTN级联保护的联动问题,但是还无法彻底解决保护嵌套场景中的误倒换问题,因此呼吁国内运营商和设备商后续进一步研究和提供解决方案,避免未来B100G OTN中仍然存在这样的问题。

小结

以上对我国运营商OTN干线网发现的多域分段保护联动问题、测试结果和技术解决方案进行了汇总分析,推动了G.798中修订STAT检测条件和G.873.1新增了SF持续定时器的相关规范,可基本解决OTN多域级联保护的联动问题的出现,但还不能彻底解决保护嵌套应用场景的多次倒换问题。

建议运营商在应用OTN多域分段保护应用中,采用的产品应支持ITU-T G.798(2012)Amd.3和G.873.1,以避免级联误倒换影响业务质量。



AI、边缘计算加持 共探5G时代数据中心新发展

未来几年，在5G、人工智能、物联网等新兴技术加持下，IDC行业将持续增长，迎接下一个产业爆发点。

本刊记者 | 梅雅鑫

数字经济浪潮下，数据中心IDC正成为重要的基础设施。随着5G时代的到来，移动互联网、视频、网络游戏等垂直行业客户需求呈几何级增长，用户数据存储量加大，国内数据中心需求迎来快速增长。

中国IDC圈研究中心5月发布的《2018—2019年北京地区IDC市场分析报告》显示，全球IDC市场在2018年规模达6253.1亿元人民币，同比增长23.6%。可以预见，未来几年，在5G、人工智能、物联网等新兴技术加持下，IDC行业将持续增长，迎接下一个产业爆发点。

未来，数据中心将会成为企业竞争的资产，商业模式也会因此发生改变。随着

数据中心应用的广泛化，人工智能、网络安全、边缘计算等也相继出现，更多的用户都被带到了网络 and 手机的应用中，人们也可以通过不断学习积累提升自身的能力，这是迈向信息化时代的重要标志。

AI助力数据中心实现智能化运维

当前，数据中心的业务随着AI技术的不断演变，新的技术会不断融入到数据中心中。“随着数据中心的复杂性、异构性的增加，数据中心的维护未来一定会引入智能化，包括通过人工智能的技术和其他新的技术，使得数据中心的管理更加智能化。”中国电信北京研究院副总工程师杨

明川如是说。

杨明川认为智能化的数据中心有两个含义：一方面是数据中心如何基于海量数据，利用人工智能进一步优化数据中心的运营；另一方面是数据中心会越来越多地承载大数据业务，承载人工智能训练以及应用的场景，在这个场景下，数据中心自身需要适应新的智能化业务需求。

杨明川认为，数据中心的智能化运维需要做好3个方面的工作，主要是保障数据中心运营的可靠安全、延长设备寿命、最大限度地降低数据中心的能耗。

“比如，基于AI的运维实现无人值守、无人管理；通过AI实现磁盘故障的自动化预测和提前发现；通过深度学习技术实现数据中心节能等。”杨明川强调，数据中心的能耗非常高，需要从不同方面降低数据中心的能耗，未来随着新技术的出现，尤其是AI、5G等新技术的出现，对

降低能耗的要求越来越强烈，因此，需要人工智能技术的引入。“此外，通过把一些类似于数字孪生的技术引入到数据中心的管理和运维之中，也有助于进一步提升智能运维的水平。”杨明川说道。

在杨明川看来，高性能、低能耗是数据中心发展永恒的主题。随着计算的要求越来越高，尤其是AI的发展，高性能的计算会持续对数据中心提出新要求，比如如何提升计算能力、存储容量、网络效率？同时，提升性能和降低能耗是比较矛盾的命题，如何找到一个非常好的平衡点，去平衡能耗和性能之间的需求？这些都需要业界进一步探讨。

“随着新技术、新需求的出现，技术的融合将成为推动未来数据中心发展的动力，但是新一代的数据中心还有大量的工作要做。”杨明川如此表示。

边缘计算与5G 加速新型数据中心发展

5G在为消费者带来革命式体验升级的同时，也将对数据中心的需求产生变化。云计算推动了超大型数据中心的发展，而5G将加快边缘计算并带动模块化、低成本的边缘数据中心发展。中国移动研究院网络与IT所所长段晓东表示，未来数据中心的发展将主要围绕5G和边缘计算展开。尤其是随着目前5G和工业制造发展，边缘计算已经成为热点话题，而想要在本地实现计算就需要数据中心的支持。

但多种场景的部署需求也意味着未来的数据中心在形态和功能上都将发生改变。段晓东认为，边缘计算导致资源池下沉，定制化硬件导致云计算呈现分布式发展态势。在制造业，计算耦合要求更高，不仅是分布式，还有可能是嵌入式，比如在大型工厂的每个边缘节点可能都需要计算能力，形成泛在计算能力。

目前，中国移动正在从3个方面推动

边缘计算发展。

第一，中国正在以场景为中心，超前储备面向边缘接入的站点资源。

第二，研发多元化的硬件平台体系。段晓东认为，边缘计算平台可分为两个，一个是面向IaaS层的基础设施管理平台，另一个是边缘计算SaaS层、PaaS层能力调度平台。目前这两个平台，中国移动都已经完成初步开发工作，希望能够和更多的合作伙伴一起构建良好的生态平台。

第三，嵌入式边缘计算设备，如重点推动适用边缘场景的OTII服务器。今年6月，三大运营商与英特尔等合作伙伴一起发布了第一款OTII硬件的参考模型，希望推动硬件设备能够满足边缘场景的需求。

数据中心发展以“绿色”为先

数据中心的发展在一定程度上代表了数字经济发展的走向，因此数据中心绿色环保的要求变得越来越高。今年初，工业和信息化部、国家机关事务管理局、国家能源局联合印发《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》，明确提出要建立健全绿色数据中心标准评价体系和能源资源监管体系，打造一批绿色数据中心先进典型。《意见》还提出，到2022年，数据中心平均能耗基本达到国际先进水平，新建大型、超大型数据中心的电能使用效率值达到1.4以下的明确要求。

9月9日，国际环保组织绿色和平与华北电力大学联合发布的《点亮绿色云端：中国数据中心能耗与可再生能源使用潜力研究》报告指出，2018年中国数据中心总用电量1608.89亿千瓦时，占中国全社会用电量的2.35%，超过上海市2018年全社会用电量。照此预计，2023年中国数据中心总用电量将达到2667.92亿千瓦时，未来5年将增长66%，年均增长率将达10.64%。

当前，数据中心的发展建设处于高速发展期，再加上各地政府部门给予新兴产业的大力扶持，都为数据中心行业的发展带来了很大的优势。例如可以通过云计算技术对电力使用的功率进行限制，在遭遇停电时将允许以低功率继续运行，可为电力企业的正常运行提供有效的保障。还可以利用数据中心指定备份计划，对服务器的操作进行拓展，就不需要通过关闭和重启服务器操作。

不难发现，建设绿色的数据中心是当务之急。工业和信息化部信息通信发展司处长黄业晶在“2019开放数据中心峰会”表示，目前我国数据中心产业发展取得了一系列成绩，产业规模快速增长，产业布局不断优化，产业能效持续提升。他肯定了开放数据中心委员会在技术创新、产业引领方面的重要作用，对于未来数据中心的发展方向提出了产业发展的几点建议。

一是加强基础设施建设，引导数据中心布局优化。持续优化国内网络架构和布局，提高我国数据中心整体的网络联通能力。持续更新全国数据中心应用发展指引，引导用户合理选择数据中心资源，优化整体产业布局。

二是加大人才培养，提升数据中心的运营能力。随着数据中心产业规模的高速增长，数据中心的运维管理水平成为产业核心问题。希望开放数据中心委员会能够进一步发挥作用，帮助企业做好数据中心的人才培养，提高运维人员的总体水平。

三是支持数据中心企业走出去，提高国际竞争力。面对全球产业的激烈竞争，我国数据中心企业亟需加强全球化的发展和布局，借助我国提出的“一带一路”等倡议，推进沿线国家数据中心建设和服务，增强全球市场的竞争力。

网络安全新思路

从DevOps到DevSecOps

持续且专注的自动化安全对 DevSecOps 的实现至关重要。将安全自动化融入到软件开发生命周期中，通过自动化的方式减少安全漏洞检测和响应的时间，降低成本的同时也提高了应用程序的安全性，从而加速产品的交付速度。

中国信息通信研究院 | 车昕

近几年，“客户隐私数据泄露”“恶意软件”“勒索病毒”“网络漏洞”等安全事件层出不穷，安全被推到了风口浪尖上，成为客户当前最关心的问题。网络攻击问题已经成为仅次于极端天气和自然灾害的第三大全球性威胁。

据统计，各类安全事故造成的经济损失高达数千亿美元，而且这个数字还在逐年上涨。如何将安全手段与DevOps相契合，使安全也能跟上持续交付的速度，成为当下企业最应重视的问题之一。

DevSecOps的由来

传统意义上的DevOps只是开发、测试和运维之间的协作，安全被排除在外。随着云计算和大数据的高速发展，频繁的交付变成了一把双刃剑，持续交付客户需求的同时也不可避免的带来更多风险，许多安全和合规监测工具并未跟上快速迭代的步伐，安全性已然成为各大企业发展战略的关键部分。

Gartner于2012年的一份报告中首次提出DevSecOps的概念，这份报告中的内容显示，提倡信息安全专业人士需更主动地融入到DevOps的实践中。后续的几年，他们持续将各类安全技术

纳入其推崇的顶级技术之列，不断强调DevSecOps的重要性。

据DevSecOps社区2018年的调查显示，实践DevOps成熟度较高的企业在软件开发生命周期中集成安全的可能性是未实践DevOps企业的3.38倍，在自动化应用程序安全分析的投资比2017年增加15%。调查还显示，有31%的被调查企业在过去的12个月中发现了与开源组件或依赖项有关的漏洞，但其中仅有不到一半的被调查企业对其使用的开源或第三方组件有明确完整的清单。

由此可见，实践DevOps成熟度较高的企业虽然已经开始集成部分安全监测，但仅有少数企业能够成功实施，如何着手将信息安全集成到软件开发的全生命周期中成为企业关注的重点。

SecDevOps、DevSecOps、DevOpsSec、Rugged DevOps傻傻分不清

将安全集成到DevOps中，从字面上有几种不同的解读方式，分别是SecDevOps、DevSecOps、DevOpsSec和Rugged DevOps，这几种解读方式到底有什么区别？

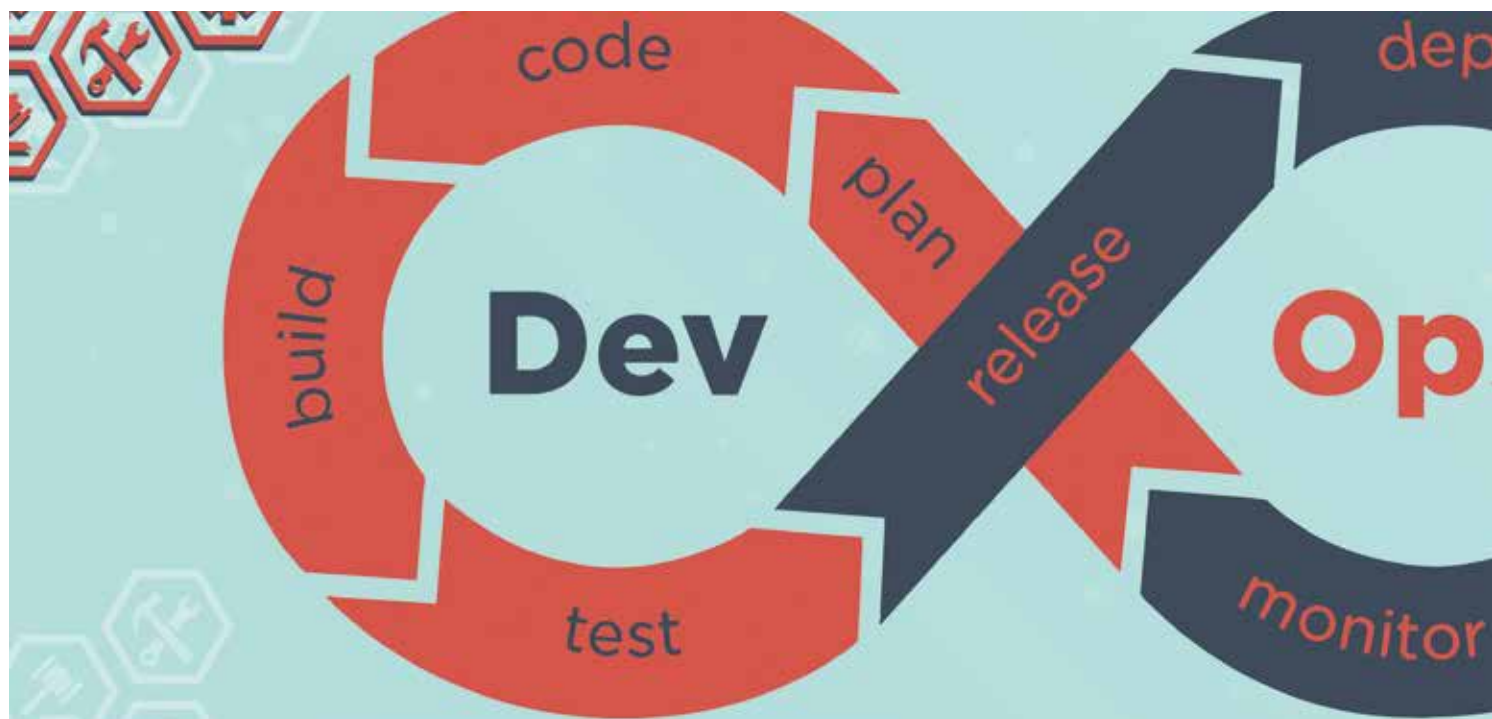
SecDevOps，信息安全被放在事前考虑，在项目开始之前并考虑到安全要求，编码过程中同步完成漏洞筛查，将安全纳入到持续集成和持续部署的管道中，并在自动化测试套件中创建自动化安全测试集，以确保整个产品周期内的信息安全。

DevSecOps，由Gartner提出，从字面意思来看，信息安全被放在事中考考虑，安全位于开发完成后和部署发布之间，开发阶段并没有添加足够的安全措施，更加依赖后续的自动化安全测试保证产品安全。

DevOpsSec，从字面意思看，指的是将安全放在事后考虑，整个产品开发周期结束后再进行安全检查，发现漏洞后及时修补。

Rugged DevOps是一种软件开发方法，优先考虑确保代码在软件开发生命周期内的安全，更常见于云环境中的软件开发部署。

笔者认为不必纠结于各种解读方式的字面意思，将安全开发最佳实践植入到开发过程的每个阶段，将安全解决方案作为核心开发过程的一部分，并通过自动化的方式集成到持续交付中，使软件开发生



命周期中的每位成员都具备足够的安全意识，这才是安全的DevOps所关注的焦点，目前网络搜索次数最多的解读方式是DevSecOps。

集成安全到DevOps中

目前大部分企业中开发、运营和安全的比例是100:10:1，安全人员仅占开发人员的1/100。相对于开发工程师、网络工程师、运维人员和QA等，安全人员的要求相对较高，需要跨专业并且有比较大的知识广度才能胜任。通过增大安全人员的配比来实现DevSecOps显然是不可能的，最重要的是让每个研发人员和运维人员都具备安全方面的意识，自己成为安全方面的专家，具体可以从以下几方面着手。

DevOps的成功离不开开发、测试和运维之间的协作，识别安全漏洞和潜在风险同样离不开所有参与者的协作。企业首先要改变DevOps潜在的文化，将安全集

成到持续交付反馈环节中，确保安全性和其他软件开发考虑因素一样紧密集成。

早在软件开发的源头就启动安全设计，将安全实践纳入到软件框架设计中，在功能或服务级别构建威胁模型，及时发现存在于系统的潜在威胁并寻求解决方案，并利用其应用程序框架和安全库中的功能来防止注入式攻击等安全漏洞。

DevSecOps社区2018年的调查显示，有48%的企业已经了解并关注安全在研发过程中的重要性，但却没有太多的时间和精力用于安全检查，由此可见自动化安全策略实施的重要性。自动化是实现DevOps持续交付流水线的必备条件，将安全策略集成到持续集成、持续交付管道中，并作为标准工作流的一部分，开发工程师无需在安全上花费额外的时间和精力，自动化运行所有的安全检查，比如自动化漏洞管理、自动化的合规性扫描等。

保证问题的透明度，确保团队每个成员都了解正在发生的事情，积极与团

队分享个人所了解的安全知识、新的安全漏洞及安全工具的使用，提前预防类似问题的发生。

目前有很多开源工具用于从源代码分析到部署后持续监控的安全检查，覆盖了软件开发生命周期的全过程。比如使用静态应用程序安全分析工具，用于扫描源代码和二进制文件并提供及时反馈；使用动态应用程序安全测试工具，测试应用程序运行时是否存在已知的漏洞等。

随着安全攻击手段的变化，安全技术也在不断升级，需要安全的持续改进和针对变化的不断调整。DevOps的模型是一个从需求到产品上线的闭合性反馈环，持续监控并反馈生产过程中每一个缺陷和漏洞，并利用这些数据进行不断学习和改进，持续提供对安全隐患的洞察反馈。

开展安全实践培训，提高团队成员的安全意识和安全文化，帮助他们更熟练地使用和运行安全工具；并赋予团队成员足够的自主权，确保团队成员能够根据问题做出必要的决策并持续改进。



实现DevSecOps的关键技术

将安全检查集成到持续交付之前，需要对以下几点有清晰的认知：目前的工作流程、DevOps持续交付流水线使用了哪些工具、源代码和组件的存储方式、代码提交之前和提交之后的步骤、代码如何从提交过渡到测试、代码如何部署到生产环境、产品经过哪些测试、目前已经在哪些环节集成了安全监测。

了解了以上内容，接下来需要分析在每个阶段如何集成安全检查和安全管理，通过将安全检查映射到设计、提交构建、测试、部署等工作流程中，以安全可靠的方式交付产品。

设计和编码阶段

从图中看到，安全向左移动，更早期地进入设计和编码阶段，将安全集成到框架设计中，以几乎不可见的方式对开发人员执行安全校验操作，让开发人员能够轻松地编写安全的代码。在编码阶段需要安全人员和开发人员之间的密切合作，通过使

用强大的应用程序安全知识和软件设计技能，以安全和易用的方式为开发框架构建安全保护。

适合添加到设计和编码阶段的安全检查和控制包括以下内容。

一是构建默认安全的开发环境。使用参数化查询来阻止SQL注入，隐藏或保护应用程序免受XSS攻击所需的输出编码工作，实施安全的HTTP标头，并提供简单安全的身份验证等功能，这些安全功能都可以集成到默认的开发框架中。

二是建立轻量、迭代模型，可进行威胁建模和风险评估，从攻击者的角度发现软件安全问题，预先进行风险评估，在软件设计阶段以内置的安全性来开发软件，更有效地识别应用程序设计和架构中的缺陷。

三是IaC (Infrastructure as Code)，通过使用源代码定义基础架构的方式，把基础设施、工具及对基础设施的管理作为一个软件系统，将安全策略直接编程到配置中，通过相同类型的持续交付管道进行持续验证和变更，发现安全问题时能够快速安全地修复漏洞。

四是实施代码依赖项检查。如使用

开源的检查工具进行依赖项检查，有助于安全漏洞的发现。

五是同行代码评审。在进行软件开发过程中的安全管理时，人们往往重点关注来自外部的安全威胁，如网络渗透、黑客攻击等，却忽略了来自内部的安全威胁。同行代码评审借助同行之间的丰富编程经验，以此发现防御性编码等常见错误，降低代码内部威胁的风险，提高代码整体质量。

提交阶段

提交阶段的安全检查集成在持续交付流水线中，一般由代码更新自动触发进行。代码提交构建后自动执行自动化测试，并快速反馈测试结果。适合在此阶段中包含的安全检查包括5种。

一是代码编译和构建检查，建立强力执行的质量门禁体系和组织级代码质量规约，确保这些常规步骤没有任何错误或告警，无任何新增阻断。

二是增加构建软件组件分析 (SCA)，自动识别第三方组件中可能带来的合规性问题和安全风险，除此之

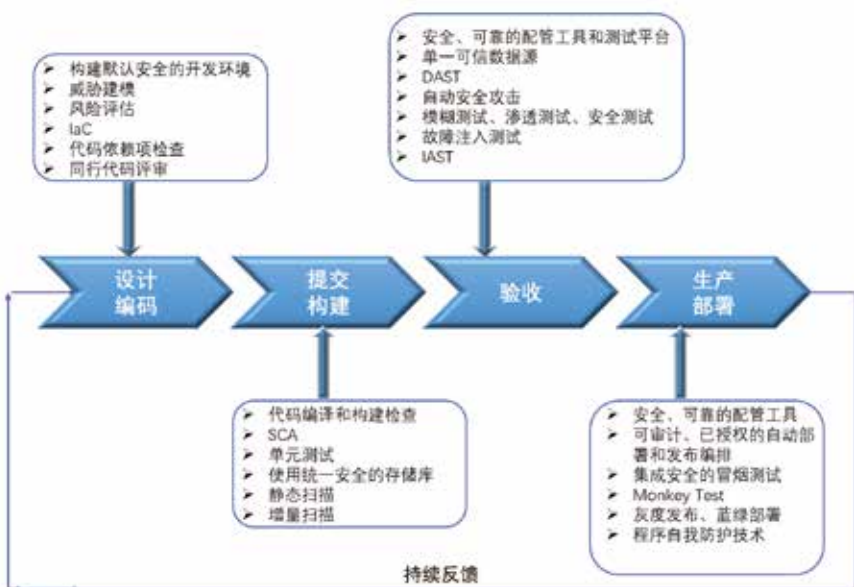


图 实现DevSecOps的工作流程

外,还可以识别出组件的版本,确认是否需要更新。

三是集成单元测试,至少保证80%以上的代码覆盖率。

四是对二进制文件进行签名并使用统一安全的存储库,保证文件的单一性。

五是运行静态应用程序安全测试和增量扫描,通过扫描源代码及二进制文件以发现可能的安全漏洞,通常SAST花费的时间较长,而增量扫描适合测试更改过的代码,扫描时间快,更加适合持续交付管道。

验收阶段

代码的成功提交将触发持续交付流水线下一阶段的自动化验收测试。代码被部署到验收测试环境中,执行自动化功能性和非功能性验收测试,这些测试通常会分布在不同的测试服务器上并行执行,验收阶段的后期集成少许手动测试和探索性测试等时间成本较高的测试。此阶段的安全检查和测试主要包括以下多方面内容。

- 使用安全、可靠的配置管理工具和自动化测试运行维护平台,如Ansible、Chef、Puppet、Salt或Robot Framework等安全性较高的工具,确保测试环境的安全可靠。

- 使用单一可信数据源,自动从安全的二进制工件存储库中部署最新的构建制品。

- 动态应用程序安全测试(DAST),对运行中的应用程序进行实时的针对性安全扫描,限制代码易受攻击的引入。

- 集成安全功能的自动化功能测试和集成测试。

- 使用安全工具进行自动安全攻击,通过设置特定的条件设计攻击场景,编写攻击步骤,然后解析输出,检查返回

值以确定通过或失败。

- 模糊测试,介于渗透测试和自动化测试之间,通过向目标系统提供非预期的输入并监视异常结果,以此发现软件中隐藏的漏洞。

- 安全测试,站在防护者和开发者的角度思考问题,通过分析系统架构,找出系统中所有可能被攻击的角度后进行的完备性测试,尽量发现所有可能被攻击者利用的安全隐患。

- 渗透测试,良好的渗透测试具有探索性和创造性,与持续交付中的大多数自动化测试不同,渗透测试以攻击者的角度看待和思考问题,旨在捕捉设计、编码和配置中的相同类型的错误。

- 故障注入测试,选择性地使软件的某部分失效并验证系统是不是会正确回复而且不会丢数据。

- 增加交互式应用安全测试(IAST),在测试和质量保证阶段反馈漏洞信息并迅速提供补救方案。有效的交互式应用安全测试可以为DevOps团队提供识别安全漏洞的能力,并可以与持续集成、持续交付无缝衔接。

生产部署阶段

通过验收阶段的代码在手动或自动的审核批准后进入生产部署阶段,正式发布给用户之前需要额外的安全检查。

同样需要安全、可靠的配置管理工具和环境;使用已授权、可审计的自动部署和发布编排;集成安全功能的“冒烟测试”,保证代码的更改按预期执行,不会影响版本的稳定性;Monkey Testing模拟用户操作,用毫无规律的操作使用被测系统,测试系统的稳定性;生产环境中的问题监控和积极反馈,运维人员在发现问题时迅速上报给开发人员,缩短故障修复时间。

采用灰度发布、蓝绿部署,在保证用户体验的前提下实现平滑发布;采用

应用程序运行时的自我防护(Runtime application self-protection)技术,运行时利用软件内部的信息和网络信息来检测和阻止攻击,缩小安全测试和网络边界控制所留下的差距。

对DevSecOps未来发展的一些思考

持续且专注的自动化安全对DevSecOps的实现至关重要。将安全自动化融入到软件开发生命周期中,通过自动化的方式减少安全漏洞检测和响应的时间,降低成本的同时也提高了应用程序的安全性,从而加速产品的交付速度。DevSecOps应将所有的安全检查自动化作为目标,最大程度消除人为干扰。目前市场已有很多开源的安全工具帮助企业实现安全自动化。

建立实时、持续的反馈环可以帮助开发人员快速、全面地了解产品安全方面的漏洞。通过将安全检查数据添加到持续测试中,促进从测试到开发人员的反馈循环,并在反馈中提供有关需要修复的实际问题的清晰描述,减少误报,确保有价值的反馈,有关安全的详细反馈信息可帮助开发人员了解威胁并确定修复优先级,以此减少平均故障检测时间(MTTD)。通过从生产环境到研发环境的反馈循环,让每一位研发人员都能了解到系统的实际运行情况,并利用反馈数据不断进行安全威胁的洞察和持续改进。

机器学习和人工智能将为研发人员提供强大的技术指导和实时反馈,有助安全漏洞的持续反馈和监测。将机器学习等人工智能技术纳入到研发中,通过提高漏洞识别速度和减少误报率来降低安全审核时间,迅速进行根因定位,还能深入了解其他机器的运作方式,以此帮助安全人员了解网络攻击者的心理,提高系统漏洞的预防功能。



这是一个信息爆炸的时代，这是一个信息碎片的时代

我们如何看清行业趋势，把握未来机会

通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

一本有着20年历史的ICT行业权威媒体

我们有资深的专家作者
我们有勤奋的编辑记者

我们的秉承

| 全面报道 | 专业解读 | 深度分析 |

欢迎订阅《通信世界》，有你，我们才能做得更好。
一刊在手，尽知行业大势

510元/年

邮发代号：82-659

▲两种订阅方式:

1. 邮局订阅:

凭邮发代号82-659，在全国各地邮局（所）订阅

征订热线：010-81055346

2. 发行部订阅:

填写订阅回执单或者拨打征订热线提交订阅信息订阅

邮箱: guozhenlei@ptpress.com.cn

▲付款方式:

1. 银行汇款

户名: 北京信通传媒有限责任公司; 开户行: 中国工商银行北京体育馆路支行;

账号: 0200008109200044661

2. 邮局汇款

地址: 北京市丰台区成寿寺路11号8层 (100078);

收件: 北京信通传媒有限责任公司发行部

每月5、15、25日出版
2019年共34期 15元/期



微信订阅更便捷



新中国成立70周年

“我与通信的故事”及“通信记忆”图文征集活动

为庆祝中华人民共和国成立 70 周年，通信世界全媒体特组织以“我与通信的故事”及“通信记忆”为主题的图文征集活动，面向信息通信行业从业者和社会各界人士征集相关作品。

作品主要围绕庆祝中华人民共和国成立 70 周年重大活动，讲述自己或家人长辈与通信行业之间的精彩故事，用图片、文字等形式展示通信人在新中国成立 70 年以来的艰苦奋斗、自强不息、勇攀科技高峰、无私奉献的精神面貌。

征集内容

“我与通信的故事”：文章请采用记叙文的形式，要求主题明确、行文详实、言之有物、以小见大，字数不超过 2500 字。

“通信记忆”：摄影作品请用 JPG 格式，不小于 1M，老照片可适当降低要求，作品附详细说明文字。

征集时间

2019 年 7 月 1 日~9 月 10 日

参与方式

来稿请发送到 chenglinlin@bjxintong.com.cn,

并在邮件标题中注明“新中国成立 70 周年”征文。征文提交时，请务必注明作者姓名、工作单位、联系地址、联系电话和电子邮箱。

展示形式

组委会将在通信世界新中国成立 70 周年特刊、通信世界网、通信世界公众号、通信世界矩阵号上分别设置“新中国成立 70 周年”专栏，陆续刊登优秀征文来稿。

奖励形式

通信世界全媒体将评选出一等奖、二等奖、三等奖、优秀奖，奖励现金或等值奖品。