

2016年08月 >>
第75期

CloudRAN 用弹性架构拥抱 不确定的未来



扫描体验移动阅读



HUAWEI CONNECT 2016

华为全联接大会

Shape the Cloud

塑造云时代

2016年 8月31日 - 9月2日
中国 · 上海 · 世博中心



主 办：华为技术有限公司
企业沟通部

主 编：高先瑞 (sally@huawei.com)

编 辑：潘 陶 米雪苹 薛 桦
曹智慧 陈雨虹 许胜蓝
姚海飞 Gary Maidment

美术编辑：周书敏

本期编委：邱 恒 王宇峰 孙 逊
陈以昉 赵志鹏 郝应涛
宋晓迪 张福鹏 刘 祯
张 华 丁江波 余 璐

发 行：王芬芬

电子版请访问 www.huawei.com 阅读或下载
索阅、投稿、建议和意见反馈，请联系
华为技术有限公司企业沟通部

Email: HWtech@huawei.com

地 址：深圳市龙岗区坂田华为基地 H1

邮 编：518129

电 话：(0755) 89241255, 89241660

传 真：(0755) 89241674

出版物登记证号：粤 B 第 10148 号

版权所有 ©2016 华为技术有限公司，保留
一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意，任何单
位和个人不得擅自摘抄、复制本资料内容
的部分或全部，并不得以任何形式传播。

无担保声明

本资料内容仅供参考，均“如是”提供，
除非适用法要求，华为技术有限公司对本
资料所有内容不提供任何明示或暗示的保
证，包括但不限于适销性或适用于某一
特定目的的保证。在法律允许的范围内，
华为技术有限公司在任何情况下都不对因
使用本资料任何内容而产生的任何特殊
的、附带的、间接的、继发性的损害进行
赔偿，也不对任何利润、数据、商誉或预
期节约的损失进行赔偿。

(内部发行 免费赠阅)

还内容以体验，给联接以自由



时代在变换，人类正在全面向移动互联网构筑的数字世界迁移，带来人类历史上最大的一次“全球性移民”。移动互联网深刻改变了我们的生活习惯、社会效率，甚至商业逻辑，它在给全球移动运营商带来前所未有的机遇的同时，也带来了一系列挑战。

首先，如何开拓新的无线数据业务，继续保持移动宽带业务的持续增长？其次，未来移动网络的演进目标是什么？第三，如何为未来网络的变化做好各种准备，并进行投资保护？

针对这3个问题，全球移动运营商和华为共同展开了思考和探讨。

第一，实现未来的联接自由。联接创造价值，自由联接创造更大的价值，未来，我们还要持续在带宽、联接能力以及业务能力上全面进步。在高清视频、VR/AR、自动驾驶等应用火热的当下，我们如何为业务带来极致体验，同时使能业务创新，给予我们的用户和业务最大的自由？

第二，面向未来，扩展运营商的商业边界。未来，人与人、人与物、物与物互联的复合商业模式，将构建一个全联接的世界，从而极大地扩展移动运营商原有的商业边界，持续开拓其业务新蓝海：一方面，需要重新定义无线商业模式，从单纯提供联接到提供平台和网络能力开放；另一方面，需要重新定义无线商业空间，从服务于人的联接扩展到家庭联接和垂直行业联接。

第三，实现无线网络架构的持续演进，用确定性的规则面对不确定的未来。未来的业务、流量，也许都是我们现在无法预测的。移动运营商需要重塑其整个网络的商业能力，一方面要加强基础能力建设；另一方面则要解决好网络技术的次第演进，包括3G、4G、4.5G和5G等多代技术的战略定位与共存问题。

基于这些思考，我们通过针对业务进行解决方案创新，例如视频体验优化解决方案实现了更好的基础体验；通过向无线家庭联接、物联网、无线集群网的延伸，实现从B2C到B2B的业务扩张；通过引入全新的基于云技术的下一代接入网络架构CloudRAN实现网络弹性，支撑持续演进……通过这些举措，我们希望还内容以体验，给联接以自由，最终实现构建全联接世界的美好愿景！

华为无线产品线总裁 邓泰华

封面文章

CloudRAN 用弹性架构拥抱不确定的未来

以云化基础架构为依托，CloudRAN在融合SingleRAN的同时重新切分了无线管理框架，提供原生的多联接能力和弹性部署架构，帮助运营商迈向全联接的未来。

P04



专家论坛

走向MBB2020 CloudRAN使能无线 演进之路

从提供联接到提供平台和能力，从服务人扩展到家庭和行业，CloudRAN将支撑移动运营商持续提升网络价值，演进网络的联接能力。

P10

热点聚焦

4.5G，迈向5G的必由之路

4.5G可以提前为5G培育新的业务应用、用户行为、商业模式和产业链，还可以为5G的到来提前进行网络架构的调整。

P14



热点聚焦

WTTx掘金宽带“最后一公里”

WTTx可以规避最后一公里的挖沟布线难题，具有更短的上市时间、更快的用户发展速度和更短的投资回收周期，为破解宽带最后一公里这个“老问题”提供了行之有效的“新办法”。

P18



热点聚焦

NB-IoT：运营商蜂窝物联网的“强心针”

NB-IoT在深度覆盖、低功耗、低成本和海量联接能力上非常好地匹配了LPWA市场的诉求，成为运营商蜂窝物联网市场竞争和运营转型的“强心针”。

P22



产业视点

从体验出发，构建以视频为中心的移动网络

P24

MBB开放互联：拓展运营商商业边界

P28

产业视点

LiTRA宽带集群，公共安全新选择

P31

数字化，室内全联接世界的新基石

P33

运营探讨

4.5G闪耀中国移动“东方明珠”

中国移动的4G网络建设取得了举世瞩目的成果，而上海在这场4G建设的高潮中，通过持续创新，借助4.5G技术高点，成为中国移动4G闪亮的东方明珠。

P36



运营探讨

Etisalat移动视频网：黄沙吹尽，精品始到

P40

WTTx：为斯里兰卡插上腾飞的翅膀

P42

解决方案

敏捷建站：加速释放MBB增长新空间

P44

天馈现代化：超越天面藩篱，释放MBB潜能

P48

解决方案

SON，网络自动化的中流砥柱

P50

MBB Core云化演进之路

P53

技术前沿

探秘5G新空口技术

P56





杨超斌

华为无线网络产品线
首席营销官

CloudRAN

用弹性架构拥抱不确定的未来

以云化基础架构为依托，CloudRAN在融合SingleRAN的同时重新切分了无线管理框架，提供原生的多联接能力和弹性部署架构，帮助运营商以确定的无线接入网发展战略，通向一个全联接的未来。

文/杨超斌 华为无线网络产品线首席营销官



在移动互联网大潮的推动下，各种未曾想象的新型业务正纷至沓来，将承载到移动公网之上——无论是高清视频、VR/AR、自动驾驶和实时工业控制，还是随时随地的高速云内容访问、十倍百倍于人人连接的万物互联应用，甚至要求苛刻的公共安全业务等，都已经确定将成为未来无线网络的关键应用；而随着网络能力的开放和移动边缘计算（Mobile Edge Computing, MEC）的普及，创新的移动互联网商业模式也还在层出不穷。

因此，最大化移动网络的价值，构建面向未来的移动接入网，以应对未来业务创新的挑战，无疑是未来2~3年中移动网络的最大课题。把充满不确定性的“黑天鹅”，装入未来联接一切的“咖啡杯”，是新的无线架构必须实现的目标。

持续演进，应对未知的未来

无线接入网架构的演进大体经历了两个历史阶段。第一阶段是传统无线接入网架构时代，不同的运营商采用不同技术建网，需要单独的设计、单独的硬件和独立的运营队伍，不仅灵活性差，而且成本较高；第二阶段则开始于2007年，华为推出了SingleRAN解决方案，采用单一接入平台实现了不同制式的融合部署，用统一的硬件、射频、传输、网管、基带和主控同时支持不同的制式（例如GSM、WCDMA、CDMA2000和LTE等）。SingleRAN解决方案极大地降低了无线接入网的投资和维护费用，从而成为了当前无线网络架构事实上的业界标准。

面对未来，华为无线如何迎接挑战？

未来10年将是无线通信上风起云涌的10年，无论是4.5G还是正在标准化的5G，从网络建设到移动应用，这10年都将迎来一个全新的移动互联世界。这远不仅是从4G向5G演进的一场技术更迭，更是在数字化转型大背景下运营商基础互联能力的重构，是无线网络走向业务互联、开放重构的新阶段。面向未来，来自多方面的需求都在呼唤一个全新的网络架构，以满足多样化的业务和商业模式对网络灵活性以及在多频段和多制式的复杂异构网络中提供更快速的联接和随

时随地的一致体验的迫切要求。

多样化的业务和商业模式带来的需求

在多样化业务方面，无论是面向个人消费者的数据通信业务，还是面向垂直行业的虚拟网络业务，甚至要求高可靠、实时和安全的城市公共安全监控与调度业务，都要能承载到移动运营商的网络上，并且随着MBB网络的发展，未来碎片化的业务和需求仍将层出不穷。所以，未来网络需要具有灵活和统一的架构，以支撑不同用户和业务的快速交付，同时又能够快速扩容以弹性支持业务扩展；此外，运营商还需要一个开放的网络，通过各种联接能力和网络信息的开放，与合作伙伴共同促进业务的发展、开辟新的商业模式，以及拓展运营商的商业边界。

更快的联接速度对网络的需求

从3G、4G到未来的5G网络，联接速度的提升始终是客户的核心诉求。未来多频谱、多制式会长期共存于同一张网络中，包括4G、4.5G、5G甚至WiFi，多联接技术可以使用户从目前单一制式、单一频段和单一站点的接入，变成多制式、多频段和多站点的同时接入，从而极大地提升用户的接入速率、使用户极致的网络体验。但目前以站点为中心的无线网络显然无法对此提供有效的支持，这就需要天然就支持多联接技术的全新的网络架构。

日益增长的极致用户体验对网络的需求

用户希望能享受到无处不在、万物互联的网络，以及由此带来的极致体验。而随着MBB的发展和后续大量的高频段频段的发放，无线接入网将由扁平向立体、由蜂窝网向异构网演进，用户的移动体验会面临严峻挑战；与此同时，更高频段的使用和更密集站点的部署也会不断增加小区的干扰，据计算未来LTE小区的平均干扰交叠区域会由现在的35%提高到80%，严重的网络干扰会成为用户体验的巨大障碍。因此，未来移动网络如何支持大区域的协同并提供有保障的用户体验也是网络架构需要解决的问题。

面对充满未知的未来，华为无线是耽于

未来全新的网络架构，需要满足多样化的业务和商业模式，对网络灵活性以及在复杂异构网络中提供更快速的联接和随时随地一致体验的迫切要求。

CloudRAN架构6大创新特性

1 云化架构

引入云架构的硬件和软件体系，包括功能虚拟化、资源云化、架构分布化、能力层次化和协同弹性化等一系列系统性云化能力。

2 跨制式多联接

将所有接入技术统一到一个平台，包括传统的4G、4.5G乃至未来的5G技术，以及WiFi等各种非授权频谱下的接入技术。

3 弹性网络

新网络分层标准将从网元维度转向功能维度，根据业务发展的需要实现灵活、快速和弹性的功能部署。

云架构已成为未来网络的基础，华为也明确提出了全云战略——“All Cloud”。CloudRAN在无线接入网上完整地引入云理念，补齐了全面云化的最后一块拼图，这是无线领域前所未有的基础创新。

SingleRAN的成功？还是该如何继续“孕育下一代汗血宝马”，以达成移动通信网络的历史使命？CloudRAN就是在这些内因和外因的共同促发下应运而生的。

以云技术重定义移动网络架构

为了应对未来技术融合的复杂性、业务的多样性和商业模式的碎片化，华为提出了全新的移动网络架构——CloudRAN，以云技术为基础重新设计了整个无线管理架构，把资源管理、多技术联接和架构弹性转变成新架构下的原生能力，以更好地应对未来的不确定性。

云化架构

CloudRAN通过引入基于云架构的硬件和软件体系，构建了以业务驱动和用户体验为中心的弹性网络，联接4G和5G，以拥抱未来MBB和垂直行业领域业务的多样性。

云架构已经成为未来网络的基础，华为也已明确提出全云战略——“All Cloud”，其中包括了整个网络端到端的云化，但众所周知，无线接入网是其中最困难的一环。华为推出CloudRAN，在无线接入网上完整地引入云理念，补齐了全面云化的最后一块拼图，这是无线领域前所未有的基础创新。

CloudRAN全面改造了无线接入网络，包括功能虚拟化、资源云化、架构分布化、能力层次化和协同弹性化等一系列系统性云化能力。其中，CloudRAN通过硬件的资源池化实现了资源的最大化共享；同时，借鉴互联网公司的技术架构，CloudRAN的软件架构通过全分布化具备了弹性能力，实现了故障的灵活处理和资源的灵活调度；此外，CloudRAN还实现了全自动化的业务部署、资源调度和故障处理，所有工作不再需要人工干预。

跨制式多联接

CloudRAN新架构将使能多联接能力，以应对技术上多制式、多频段和

4 通用虚拟化容器

引入了新的移动云引擎，承担起资源管理与调度的实体部署位置，也为5G的端到端切片能力提供加载与管理。

5 能力开放

通过虚拟化容器，无线基站可以更容易地开放其网络能力；同时从较单一的API调用，向复合API、场景化和互联网化的能力开放不断演进。

6 移动边缘计算

可在需要的场景下灵活部署核心网网关、业务网关、Cache和应用服务器等，使业务开展更加贴近基站、贴近用户，使能移动边缘计算。

多层融合的复杂性；同时使终端从单联接走向多联接融合，使能用户的极致体验。

当前，主流手机终端虽已具备了多制式接入能力，但只能工作在单联接状态。而多联接能力是不可避免的发展趋势，整个无线业界都在推动其进程。而且多联接的部分标准已经制定完成，诸如TDD LTE与FDD LTE间的双联接（Dual Connectivity）、LTE与WiFi的多联接聚合（LTE WiFi Aggregation）等，此外，未来5G和LTE的多联接也已在业界达成共识。CloudRAN能够将所有的接入技术统一到一个平台下，并以多联接的方式为用户提供极致体验，传统的4G、4.5G乃至未来的5G技术，以及WiFi等各种非授权频谱下的接入技术，都将成为新架构下接入能力的一部分。

在CloudRAN架构下，多联接技术的锚点选择问题也得到轻松解决。锚点是业务分发的使能点，高层的数据在这里被统一管理和分配，并最终通过不同的空口技术管道在终端处还原，实现技术、频谱和硬件资源的最大化利用，提升运营商的总体资产效率。

CloudRAN带来空前的多联接能力部署的统一，在SingleRAN基础上再一次重新定义了无线接入网的部署能力。

弹性网络

与分布式基站的设计初衷类似，CloudRAN通过新的分层结构实现了分布与集中的均衡，所有网络功能按需配置和管理，以应对商业模式的碎片化和垂直行业业务的“野蛮生长”。

CloudRAN的新网络分层标准将从网元维度迈向功能维度，依据资源管理的差异为传统上垂直管理的无线架构体系增加基站水平层的细分功能，而且这些功能可以按需配置，即实现网络功能的原子化，以达到最佳的协作效果，根据业务发展的需要实现灵活、快速和弹性的功能部署。

基站的原子化需要同时考虑增益和技术代价。如果将基站水平层分成实时和非实时两部分，将会更加适应多样化的网络环境，也更容易实现多联接、多载波和多流等技术。原则上，实时部分更加靠近基站可以实现超低时延，并在前端完成对数据的复杂计算，节省后期的处理时间；而将非实时部分集中则可以实现多维度无线制式的管理和业务分发的统一；再通过弹性的架构，由业务本身来自自由选择实时和非实时部分部署的层级，即可实现从以网络为中心的部署转向以业务为中心的部署。

通用虚拟化容器设计

CloudRAN将使能管理能力的开放，以更好地服务垂直行业。华为在新架构中引入了新的功能单元移动云引擎，不仅承担起资源管理和调度的实体部署位置，而且通过能力开放和资源开放的管理也为未来5G所必须的端到端切片能力提供加载和管理，这是CloudRAN又一鲜明特征。

移动云引擎是针对无线能力进行了优化的虚拟机，可以运行在专用平台和COTS通用平台上，承载于Cloud OS和COTS的云基础设施之上，其具备电信级的容灾能力以及原生云架构的按需部署、灵活扩容和特性独立升级等特点。

能力开放：创新业务的温床

未来，电信网络的一个重要功能就是要使能网络能力的开放。运营商未来必须参与到互联网产业链中去，通过货币化网络能力来实现双边商业模式的转型。无线接入网更加靠近用户，网络信息也更加准确，其能力的开放可以为运营商带来更大的商业价值。在CloudRAN新的云化架构下，通过虚拟化容器，无线基站可以更容易地开放其网络能力，例如脱敏后的用户地理信息、网络优化参数、QoS、计费、用户网络上下文信息以及业务API等等，这些价值数据和接口可以被OTT和垂直行业等利用，产生许多创新业务。

CloudRAN的能力开放将会从较单一的API调用向复合API、场景化和互联网化的能力开放不断演进，帮助运营商在进一步拓展个人和家庭市场的同时，拓展如传统企业、垂直行业和互联网等更广泛的领域，以提升运营商在数字经济生态中的生命力和驱动力。

使能移动边缘计算

CloudRAN可以在需要的场景下灵活部署核心网网关、业务网关、Cache和应用服务器等，使业务开展更加贴近基站、贴近用户，使能移动边缘计算，实现节省传输、降低时延和优化

处理等功能；同时，各功能实体可以共享计算和存储等资源，使业务开展成本较低，从而大大促进边缘计算的创新。

由于服务运行尽可能接近了终端设备，这样就大大降低了时延。可以对网络实际状态进行快速反馈，以改善用户体验，还可以减少网络其它部分的拥塞。并且，由于靠近用户并与无线设备更加紧密集成，CloudRAN更容易获取流量信息、无线信息和终端设备位置信息等，从而实现大数据分析，创造出更多创新的商业模式。

使能极致体验，惠及万千行业

CloudRAN架构可以应用在无线网络的各种环境和场景，以应对未来无线网络演进过程中的各种不确定性，使无线网络成为经济社会发展的核心基础设施与创新的关键推进器。

网络资源共享，提升社会效率

不同运营商的网络传输资源千差万别，各个国家的光纤到站率也不尽相同。要实现网络资源的按需分配，其前提是需要实现资源的共享，其中包括基带资源以及计算和存储资源的共享等。CloudRAN架构可以最大程度上适配当前的网络环境，让运营商网络可以根据资源效率最优化的原则实现基带、存储和计算资源与业务的灵活适配，从而满足不同用户和不同业务的最佳体验。

提升频谱效率，增强运营收益

CloudRAN架构将非实时管理单元集中部署，使不同制式、频段、站点和层级的技术可以通过更大范围间的时间、频谱、空间和各种处理能力等多维度协同，将干扰变成增益；还可以通过多基站和多用户的MIMO协同提升系统容量，并且显著提升小区边缘的用户速率，提供有保障的用户体验。这些都将大大提升运营商的频谱使用效率。同时也支持根据部署条件来自动选择不同的协同等级，最大化运营商的资产价值。

实现超带宽极致体验

通过CloudRAN原生的多联接并发能力，用户终端可以接收到多个技术的信号，也可以同时跟多个基站联接。例如，未来支持WiFi在未授权频段上运行，而LTE在授权频段上运行，通过多联接技术同时联接到WiFi和LTE，或者用户同时联接到LTE与5G、宏站与小站上等等，这些多联接能力都将使用户感知速率显著提升。此外，CloudRAN还支持超大带宽的载波聚合、快速协同和均衡调度等功能，实现超越Gb/s的下行速率，满足人们观看视频和VR/AR等极致体验的诉求。

引入业务多样性和业务创新能力

在CloudRAN架构下，可以根据业务的异同灵活引入边缘计算能力。例如，视频业务可以通过CDN下沉有效节省系统的传输资源，从而缩短时延，保障用户的极致体验。

在CloudRAN架构下，也可以基于网络能力开放让开发者充分挖掘网络能力的价值，实现与业务的匹配，从而获取商业价值，使能业务创新。例如，脱敏的用户位置信息可提供给商家进行选址或者广告推送等，农作物的物联网监控信息则可提供给相关机构进行农作物收成预测等。

在CloudRAN架构下，还可以根据业务需求特点以及站点、机房和光纤资源的分布进行实时/非实时资源的按需部署，保证业务体验，同时最小化网络部署和运营成本。未来的几种典型应用场景可以说明业务对网络需求的差异性以及CloudRAN架构下的部署策略。

传统语音业务：对业务的带宽和时延要求不高，因此可以部署常规的CloudRAN架构，即实时功能部署在站

点侧，非实时功能和WiFi接入控制点（AC）部署在中心局（CO）机房的移动云引擎中。

视频和VR/AR业务：对带宽和业务体验的连续性均有很高要求，因此可以采用光纤（Dark Fiber）直接连接站点和CO机房的移动云引擎，并在移动云引擎中部署缓存服务器（Cache），使业务更贴近用户，以降低时延并提升用户体验。

车联网业务：自动驾驶/辅助驾驶和远程控制等场景对网络有着极为苛刻的时延要求，因此需要将RAN的实时处理和非实时处理功能单元部署在更加靠近用户的站点侧，并在移动云引擎中部署相应的服务器（V2X Server）和业务网关，进而实现业务的快速响应，满足其近乎苛刻的时延要求。

抄表类业务：对于大多数MTC场景，网络中交互的数据量较小，信令交互的频率也较低，物联网网关可以放到移动云引擎中，信令直接处理，不需要大量信令往返于无线和核心网。

从这些具体应用场景可以看到，CloudRAN在最大化网络价值的同时，也为最终用户体验（例如视频和VR体验等）带来了进一步提升；此外，CloudRAN也可以更好地服务于不同的行业，提升行业效率。CloudRAN势必会给运营商带来更大的商业价值。

相信随着万物移动互联时代的到来，CloudRAN带来的价值将越来越显而易见。正如行业“大拿”凯文·凯利（Kevin Kelly）所言，“我们现在最重要的一个趋势就是‘开始’，它是一个过程，我们现在所创造的新的东西，实质上只是处于开始的阶段”。CloudRAN，正迎接一个全联接的移动时代的到来。☑

CloudRAN 架构可以应用在无线网络的各种环境和场景，以应对未来无线网络演进过程中的各种不确定性，使无线网络成为经济社会发展的核心基础设施与创新的关键推进器。



王宇峰

华为MBB营销
支持部部长

走向MBB2020

CloudRAN使能无线演进之路

从单纯提供联接到提供平台和网络能力开放，从服务人扩展到家庭和垂直行业市场，移动运营商需要持续提升网络的商业价值，演进网络的联接能力。而这其中最关键的支撑就是CloudRAN。

文/孙逊 丁江波 余璐



移动产业正在迈向MBB2020这个关键的阶段。当然，MBB2020并不是一个确定时间点的确定网络，而是未来5~10年移动网络的商业与解决方案愿景。2015年年底，华为提出了MBB2020演进之路，包括了移动网络商业能力的持续演进路径以及相应网络支撑建设的过程，希望与运营商一起持续提升网络的商业价值，演进网络的联接能力，打造面向未来的移动产业环境。这其中最关键的支撑就是CloudRAN。华为将如何通过CloudRAN这一桥梁联接起4G和5G、实现MBB2020的商业理想？为此，本刊近期就大家关心的问题采访了MBB营销支持部部长王宇峰。

扩展移动网络的商业新边界成为必然

《华为技术》：MBB2020首先是一个商业愿景，其与运营商现在的目标有什么主要不同？

王宇峰：下一个5年，将是基础联接能力发生巨大变化的5年，而移动运营商需要拓展现有的业务范围和推出创新的商业模式，以获得新的收入来源。随着无线技术的快速发展，很多以前无法承载的业务也可以承载到移动网络上了，因此需要重新定义无线网络：一方面，需要重新定义无线商业模式，从单纯提供联接（Connectivity as a Service）到提供平台（Platform as a Service）和网络能力开放（Infrastructure as a Service）；另一方面，需要重新定义无线商业空间，从服务于人的联接（Business to Customer, B2C）扩展到家庭联接（Business to Household, B2H）和垂直行业联接（Business to Business, B2B）。

家庭联接B2H：一个很有意思的现

象是，如果运营商针对家庭开展业务，例如提供家庭成员共享套餐、家庭固网与移动业务绑定等，用户的离网率是最低的。因为联接一旦从个人扩展到家庭后，用户的粘性就会大大增加。运营商可以利用无线网络为B2H市场提供家庭宽带接入，以获得更多的收入，并且为智慧家庭和智能家居业务的开展提供良好基础。

垂直行业联接B2B：物联网是另一个万亿级市场，运营商应该扩展联接到万物互联，通过低功耗广域网（Low Power Wide Area, LPWA）技术将蜂窝物联网占比从目前的6%提升到50%，以赢取物联网红利；此外，移动网络还能扩展到以前高封闭但高回报的领域，例如公共安全。现在的无线网络其能力和水平完全能够兼顾高安全等级和高质量需求的专业应用，且具有广覆盖、低成本和快速引入新业务等优势。因此，B2B业务的深入将开辟运营商收入的新蓝海。

《华为技术》：在这些新的市场领域，移动运营商是否也具有独特的优势？

王宇峰：移动运营商在这些新的商业场景中具有不可替代的巨大优势：

在家庭宽带领域：无线家庭宽带接入具备快速占领市场的能力。传统固网覆盖比较有限，挖沟新建部署困难且成本高昂；而MBB只要找到站点，就能覆盖几十平方公里并提供峰值1Gb/s、平均30Mb/s的高速业务。根据ITU的调查报告，全球固网宽带的平均价格1.7倍于移动宽带。因此，无线家庭宽带业务本身更容易得到普及，比如像农村、固网覆盖的边界等地区都能很快完成覆盖，并将为期6年的ROI缩短到2年。

正因为看到这个新兴市场的巨大潜力，从日本、加拿大、澳大利亚、挪威

和沙特阿拉伯等发达国家，到中国、菲律宾、印度尼西亚、阿曼、巴西和尼日利亚等发展中国家，很多运营商纷纷开展移动家庭宽带业务，取得了巨大的经济与社会效益。

在蜂窝物联网领域：无论是在系统安全和广域覆盖，还是QoS保障和生态成熟等方面，运营商网络都具有天然优势。一个好的物联网网络应满足4方面的需求：第一是网络安全可靠；第二是可以实现无缝的网络覆盖；第三是容易形成一个成熟的生态系统；第四是终端需要足够便宜。从这4个方面来看，基于蜂窝网络的物联网联接技术可以完全满足。

无线网络技术天然具备安全和广覆盖的优势，而生态链上也很容易形成合力以加快生态系统的成熟，终端的价格也会降低到一个合理的区间。从目标市场来看，预计2020年LPWA将占据蜂窝物联网市场的70%，联接规模达20亿，LPWA将成为运营商扩大蜂窝物联网联接规模的关键。

未来，物联网将会成为移动运营商收入的下一个增长引擎。当然，从目前物联网在领先运营商总体收入中的占比情况来看，其相比语音和数据等主要业务依然偏小。根据Verizon的最新财报，其物联网相关收入占比还不到1%。不过就联接数和收入增长速度而言，物联网已成为最快的增长点之一。根据AT&T的统计，其2015年物联网相关收入相比2014年增长了44%，沃达丰目前每月新增的物联网联接数也达到了75万。因此短期看来，物联网虽然还不足以成为运营商的主要收入来源。但长期来看，其必然会在运营商收入中占据举足轻重的地位。

网络演进目标是重塑无线网络商业能力

《华为技术》：移动运营商未来将

基于 CloudRAN 架构可以帮助运营商更好地提升最终用户的体验、更好地节省整个网络部署和运维的 TCO，也可以更好地挖掘未来除了人与人通信之外其它新的商业机会。

面对众多新的商业机会，其网络能否提供足够的支持？

王宇峰：移动运营商要抓住这些战略机会，就需要重塑其整个网络的商业能力。这分为两个层面，一方面要加强基础能力建设，这是一切商业价值实现的基础。面对网络流量的大爆发，必须有效解决容量瓶颈，利用好频谱、规划好站点方案、充分利用创新、并实现室内的数字化，这些是与技术无关的部分；另一方面就是要解决好网络技术的次第演进，包括3G、4G、4.5G和5G等多代技术的战略定位与共存问题。

增加空口容量

增加空口容量的3个基础建设指的是站点、频谱和室内数字化。其遵循如下公式：网络容量=站点数×空间增益（小区数和MIMO等）×频谱数。那么，提升网络容量可以采取的措施分为：

首先，积极建设新站点：采用众包模式积极获取杆杆站、墙面站等新站点，加快微站点建设，实现精准投资。

其次，解决方案创新：通过新的解决方案分裂更多的扇区，增加空口的并行数据流，提升投资效率。

第三，积极获取频谱：到2020年，MBB频谱需求总量将达1340~1960MHz，这意味着大部分国家将有600~800MHz新增频谱的必要。如果还不够，就要按需引入非授权频谱。

频谱是一种资产，其有管制的要求和发放的节奏，获取频谱是一个长期过程。运营商可以适当按需引入非授权频谱，进行容量的补充：首推采用LAA模式，即LTE授权辅助接入。LAA是LTE-Advanced的一项技术，利用LTE授权和非授权频谱的载波聚合为用户提供更高的速率；其次是LWA，通过LTE与WiFi聚合能有效利用存量WiFi设备。这两种方法都能充分发挥运营商的优势，在实现网络性能保障的同时，更能够实现对网络资源的统一管理。

从使用场景来看，频谱主要将应用于室内，因为室内产生了移动流量的80%，但现在其中70%都是通过室外站穿透照射提供服务，这大大降低了频谱效率，所以需要特别关注室内能力的

提升。可以采取的措施包括：

首先，通过室内数字化实现容量的成倍增长，极大降低每Bit的成本。例如2016年巴展期间，华为在展厅部署的LampSite站点较展馆DAS系统有16倍下行和9倍上行的流量提升。

其次，数字化将带来室内网络的可管理、可扩张和体验可控。

第三，室内数字化还能够提供位置信息、容量信息和业务信息，实现业务创新。

多代技术的演进与共存

面向未来，随着物联网技术的发展，不同的行业都将实现向数字化和智能化的转型，实现运营效率的提升与产业的升级。但是不同行业对移动网络的需求差别很大，从社会经济价值的最大化角度出发，如果能最大程度利用好运营商的现网资源，满足不同行业的需求，无疑将是最理想且能实现多方共赢的一种方式。

首先，运营商网络需要持续演进，从4G到4.5G：4.5G就是5G技术4G化，通过4G网络的演进来提升现有网络的价值，实现网络资源的最大化利用。在最大程度保护运营商现有投资的前提下，加速新技术的商用；同时，4.5G可以通过网络能力的提升培育新的商业模式，为5G的到来打下基础。例如，2016年窄带物联网技术（NB-IoT）就将启动商用部署进程，此外车联网也是4.5G的下一个重要目标市场。

其次，5G是无线网络的未来，这已是确定的中长期演进目标：5G能带来更高的速度（>10Gb/s）、能提供超短的时延（<1ms），以及更全面地使能更多的垂直行业应用，成为跨行业的融合点。但即使对于最具创新性的运营商来说，5G在2020年之前也不会商用，而5G的大规模商用则更是来日方长。

第三，商业回报决定GSM/UMTS可能在某些区域长期存在：一个技术是否具有生命力，是由其商业回报来确定的。GSM是长期的语音和普遍接入能力的基础网，未来GSM会作为一张薄网长期存在，解决漫游用户和已有低端用户的承载；而UMTS会成为基础的数据接入网，主要是因为其成熟和低廉的产业链支撑，还会持续地带来长久的商业回报。

而且UMTS的演进仍在持续，可以用极低的投资提升网络的能力。

CloudRAN，从现在到未来的坚实桥梁

《华为技术》：您之前谈到的商业成长空间以及网络战略发展思路都令人期待，但是具体的解决方案应如何进行？

王宇峰：面向未来复杂的商业目标，结合无线网络本身的特点，无线接入网架构下一步应如何演进？华为给出的答案就是全新的CloudRAN架构。相比过去以站点为接入能力中心的简单模式，CloudRAN带来了完全不同的网络能力：

首先，将云技术引入到无线接入网，支持不同空口技术的接入。对运营商而言，现在基于4G网络预先进行网络架构的现代化改造，未来当5G到来时，就可以无需再调整其网络架构。也就是说，CloudRAN不仅是针对现在的4G，更是针对未来的5G进行优化设计的，运营商基于此架构进行部署，一方面可以在4G上获取更好的网络性能；另一方面，当5G到来时只需进行简单的空口升级就可以支持。

其次，CloudRAN可以提升最终用户的体验。当前手机只能接收一种信号、与一个基站联接，未来其将可以接收多个信号、与多个基站相联，这就意味着手机的速度可以成倍提升。

第三，未来移动网络不单服务于人与人，还要服务于人与物之间的通信。CloudRAN可以支持不同业务的灵活部署，满足各种服务的QoS要求。

《华为技术》：运营商如何才能从现在的SingleRAN基础的网络演进到CloudRAN架构？

王宇峰：无论是从2G到3G、3G

到4G，还是4G到5G，空口技术都会发生本质的变化。SingleRAN站点将与CloudRAN共存，共同实现网络向5G的平滑演进。

首先，通过SingleRAN可以实现无线接入技术的融合，实现共射频、共基带、共传输和共网管。

其次，通过CloudRAN可以实现面向未来的架构演进，使无线网络功能云化、软件架构分布化、业务部署和资源调度自动化。目前，5G的空口还在定义当中，有很大的不确定性。而网络演进，架构先行，运营商需要用确切的架构来应对不确定的未来，这样等到5G新空口定义完毕，空口升级就能更有效地完成。

第三，SingleRAN是属于单站级别的解决方案，在一个基站站点上利用一套硬件来支持不同的制式，未来这种模式仍将长期存在；CloudRAN则是网络级的解决方案，SingleRAN存量设备可以通过软件升级来支持CloudRAN，从而促使整个网络从SingleRAN向CloudRAN演进。

《华为技术》：CloudRAN的部署将面临哪些挑战？其商用进程和时间表如何？

王宇峰：CloudRAN架构灵活，可以匹配不同的应用场景。众所周知，运营商的传输网络条件和质量千差万别，如何在不同的传输网条件下部署CloudRAN是一个很大的考验。华为提供了一套完整的解决方案，网络功能单元分层设计，实时部分和非实时部分可以根据业务特征按需部署在不同网络节点，通过架构的灵活性来适应不同的传输网条件，从而最大化网络效率和用户体验。

CloudRAN的引入可以分为两个阶段，在当前4G和4.5G建设阶段，可以通过引入CloudRAN架构，更好地支持LTE Dual Connectivity、LWA和LAA等特性；

面向未来，当5G来临时，CloudRAN架构已经就绪，确保网络架构不变即可支持5G的新空口和新制式。

在过去的两年多时间里，华为与全球TOP20运营商进行了深入的沟通和交流，今年下半年将开始与一些客户展开测试；此外，随着今年6月份CloudRAN需要支持的多联接技术在3GPP标准化工作的完成，CloudRAN解决方案的商用进展也将进一步加快，预计到2017年底将初步实现商用。

《华为技术》：CloudRAN解决方案是否需要制定相应的标准？其标准化进程何时能完成？

王宇峰：移动通信主要分成两个部分，第一部分是在标准中定义的互联互通接口，例如GSM、UMTS和LTE，这些标准的制定确保了终端和网络的无缝联接，让终端用户可以在全球范围内无缝漫游；而CloudRAN以及SingleRAN与此不同，完成的都是实现层面的工作。同一个标准化技术，无论是GSM、UMTS还是LTE，既可以用SingleRAN方式实现，也可以用其它方式实现，运营商之所以会青睐SingleRAN方式是因为这样能保证其TCO最低。CloudRAN也一样是一种实现架构，无论LTE还是5G，可以用CloudRAN方式实现，也可以不用。但我们相信，基于CloudRAN架构可以帮助运营商更好地提升最终用户的体验、更好地节省整个网络部署和运维的TCO，也可以更好地挖掘未来除了人与人通信之外其它新的商业机会。

移动宽带的未来是不可估量的，从科学发展史可以发现，每一次基础设施的变革必然会推动社会经济和文化的大步前行，现在以及未来的信息技术进步作为整个社会的基础能力设施的变革，将会推动人类社会进入更美好的全联接时代。[H]

4.5G，迈向5G的必由之路

4.5G已经在全球规模部署，成为移动宽带网络的建网标准，它可以提前为5G培育新的业务应用、用户行为、商业模式和产业链，还可以为5G的到来提前进行网络架构的调整。4.5G持续演进，与5G新空口技术齐头并进，未来，一张体验优良的移动宽带网络需要4.5G和5G新空口的协作与共存。

文/周东飞



2014年10月，华为首次提出4.5G的概念，之后3GPP标准组织将其正式命名为LTE-Advanced Pro。经过一年多的发展，4.5G已取得了巨大的进步，并在全球展开了规模部署，截止到2016年4月底，全球已经部署了20多张4.5G商用和测试网络，预计年底将超过60张商用网络。与此同时，国际电联（ITU）在2015年6月确定了5G的名称、愿景和时间表等内容，3GPP也开始展开5G的标准化工作，业界普遍预测，5G将于2020年开始商用部署。在此背景下，运营商为什么还需要投资建设4.5G？4.5G与5G

又是什么关系？本文就这些问题进行分析探讨，解读运营商投资4.5G背后的缘由。

4.5G在移动宽带发展浪潮中应运而生

4G无法满足新业务和新商业需求

据华为mLAB估计，从2015~2020年，全球移动宽带用户将会增加1倍达到67亿，人均每月消耗流量增加10倍达到5GB。未来2~3年内可能出现的新业务需求，例如2K/4K视频、虚拟现实、增强现实以及无人机远程操控等，要求移动宽带网络提供更高速率、更大容量和更低时延。

另外，根据GSMA的报告，2014年底全球共有2.43亿蜂窝物联网连接，预计到2020年这一连接数量将达到10亿，而该数据还没有考虑到新技术的引入可能带来的爆发式增长，实际的连接数量甚至有可能高一个数量级。这是移动运营商的巨大机会，但也要求未来的移动网络必须能够提供海量的连接、更广的覆盖，以及更节能的特性。

移动宽带的发展已经超出了4G的技术能力范围，新业务在峰值、容量、海量连接数和低时延等方面提出了更高的要求；新商业也促使移动互联网服务的对象从个人扩展到家庭、企业和各种行业，一张网络要服务各行各业，这是原来的4G网络无法完全满足的。

满足超大容量、海量连接和超低时延需求

基于上述对移动产业的趋势洞察，新一代无线技术4.5G和5G都从3个主要的维度定义了未来移动网络的能力，即峰值（同时对应容量）、连接数和时延。在峰值方面，4G为150Mbps，4.5G提升到了1Gbps以上，而5G则要求提供10Gbps甚至20Gbps；在连接数方面，4G单小区可达到数千连接，4.5G通过采用蜂窝物联网技术可达到每小区10万连接，而5G则要求达到每平方公里100万连接；在端到端时延方面，4G商用网络平均为50ms，4.5G要求达到10ms，而5G则瞄准了1ms的时延目标。

基于上述网络能力，4.5G除了可以极大提升

4.5G可以把移动业务拓展到家庭和垂直行业，为运营商开拓新的商业空间，发掘新的收入来源，并为实现5G的万物移动互联做好铺垫。



个人移动业务的体验之外，还可以把移动业务拓展到家庭和垂直行业，为运营商开拓新的商业空间——服务新商业，发掘新的收入来源，并为实现5G的万物移动互联做好铺垫。

基于4G演进，最大程度保护现有投资

4.5G从提出伊始，就希望通过基于4G网络的演进来实现既定的技术指标，最大程度地保护运营商的投资，实现网络资源的价值最大化。

4.5G已经推出的关键技术包括提升峰值和容量的多载波聚合（Massive CA）、高阶多天线（High Order MIMO）和高阶调制（256QAM），以及提供海量联接的窄带蜂窝物联网（NB-IoT）等技术。其中，多载波聚合可以重用原有载波的基带处理单板，只需要为新载波添加射频模块或者基带处理资源即可；高阶调制可以重用绝大部分现有的射频模块；而NB-IoT也可以重用绝大多数现网射频模块。所以，4.5G只需要软件升级和添加少量硬件就可以实现。

3GPP正式命名，4.5G成为产业共识

华为自提出4.5G的概念以来，就提议3GPP进行标准化命名，3GPP组织了包括运营商、设备商和芯片商在内的多方成员进行了多次探讨，最终于2015年10月22日确定LTE-Advanced Pro作为LTE下一代演进技术的名称，这是4.5G在标准上的正式命名，也意味着4.5G成为了产业共识。

业界主流厂商纷纷发布白皮书描述LTE下一代技术演进的路径和理念，并将4.5G纳入到产品计划中。例如，高通在“2016世界移动大会”上就推出了支持1Gbps的Modem芯片，并与华为联合展示了1Gbps的智能原型机。

4.5G成为建网新标准，在全球展开规模部署

4.5G建网基准：Gbps、Experience 4.0和Connection+

每一代新的无线技术要获得运营商的认可并进行商用部署，仅仅定义技术指标还不够，还

要契合运营商的业务需求和网络发展策略。为此，华为通过与全球领先运营商广泛合作和探讨，针对未来2~3年内运营商的网络痛点和业务发展趋势提出了3个4.5G建网基准，得到了众多运营商的认可：

Gbps：峰值速率从4G的100Mbps提升到超过1Gbps，Gbps是移动宽带管道能力的代名词，意味着峰值、容量和小区边缘速率的综合提升，其关键技术包括多载波聚合、多天线、高阶调制、多层网调度和多小区协同等。

Experience 4.0（体验4.0）：要求语音业务的MOS得分和视频业务的vMOS得分均大于4.0，实现语音和视频的高清体验，其关键技术包括VoLTE Plus和Video Plus等。为了评估视频体验，华为mLAB实验室提出了vMOS评分机制，并将其递交ITU进行标准化，预计在2016年9月可完成第一阶段的标准工作。

Connection+（超连接）：探索垂直行业市场，目前主要针对NB-IoT、基于LTE公网的公共安全宽带集群（LiTRA），以及无线家庭宽带（WTTx）。

4.5G全球大爆发，2016年将有60张商用网络

截止到2016年5月初，全球已经建设了超过20张4.5G商用和测试网络，预计2016全年，全球将会有超过60张4.5G网络部署。其中挪威、土耳其、德国、科威特、沙特、阿联酋、中国、日本、加拿大、新加坡、泰国和菲律宾等国家已经基于商用网络演示了超过1Gbps传输速率，英国和韩国已经开始了基于LiTRA的宽带集群网络安全网络建设，而西班牙、韩国、中国、阿联酋和德国等国家则开始了NB-IoT的预商用部署。

以土耳其为例，2015年年中，该国政府发放了全球第一张4.5G牌照，2016年4月1日，土耳其3大运营商同时发布了4.5G商用服务，并在全网采用了4T4R和高阶MIMO技术；同时通过以旧换新和分期付款等措施提供终端；并采取了在首个月内不额外收费，让用户基于自己的流量使用情况购买资费套餐等举措，1个月内就发展了近1000万用户，大大加速了用户向4.5G的迁移。

4.5G将与5G长期共存

4.5G是通往5G的必由之路

尽管ITU已在2015年6月确定了5G的名称、愿景和时间表等内容,但如下几个因素让无线产业界认识到从4G迈向5G的过程中,必须经历4.5G阶段,这是因为:

首先,5G的大规模商用还有待时日:根据ITU的5G时间表,2016~2017年定义5G的技术性能需求和评估方法,2018~2019年接收5G的技术建议书并展开评估工作,2020年确定5G最终的技术规范。由此可见,5G的规模部署应该在2020年之后。

其次,5G很可能采用更高的频谱:采用更高频谱的优点是可拥有更大的带宽,但缺点是实现深度覆盖和广域覆盖的成本太高,这意味着很长时间内需要目前的低频网络来补足覆盖。

第三,4G需要为5G的新业务提前试水:例如2016年NB-IoT就将启动商用部署,提供每小区10万以上的连接数量;此外,LTE-V车联网则是4.5G的下一个重要目标市场,3GPP将在2016年和2017年展开更多的标准化工作,以加速该行业的发展。

最后,4G需要为5G的到来做好准备:运营商可以率先利用CloudRAN云技术重构无线网络架构,届时5G新空口可以便捷地引入到现有网络中,不需要进行端到端的大规模网络重建。

4.5G持续演进,与5G新技术齐头并进

在3GPP的标准化进程中,从2016年开始LTE的演进和5G的研究已经在同步进行,这也为4.5G吸收利用5G技术提供了可能。实际上,在5G标准化工作进行之前,5G技术的4G化就已经开始了

Massive MIMO:这是5G的关键技术之一,而支持128T128R(128个收发通道)的LTE TDD商用部署已经在中国展开;FDD的Massive MIMO技术也在3GPP R13和R14版本持续增强,可以支持16和32线的部署。

Shorter TTI(更短空口传输时延):这是实现5G的1ms时延目标的关键技术之一,也已经在

3GPP展开了标准化工作,预计4.5G将实现OFDM符号级的时延,逼近5G的空口时延要求。

网络切片(Network Slicing):这也是5G的关键技术之一,而切片功能已经在4.5G开始引入,通过4.5G一张网络实现NB-IoT、LiTRA和WTTx业务等。下一步将引入CloudRAN架构,实现更加灵活和高效的RAN侧切片功能,满足一张网络支持多种业务的需求。

华为持续引领4.5G产业发展

华为在“2016年世界移动大会”上发布了支持4.5G建网标准的GigaRadio解决方案,能满足单用户Gbps峰值速率、单模块Gbps吞吐率、单站xGbps能力和室内Gbps无缝体验。继分布式基站、SingleRAN基站和刀片式基站等系列创新之后,华为GigaRadio整体解决方案能力领先业界一年以上,再次助推运营商在技术创新、用户体验以及商业成功等方面走向新高度。

在“华为2016年全球分析师大会”期间,华为又发布了CloudRAN解决方案,通过引入云架构的硬件和软件体系,实现了功能虚拟化、资源云化和协同弹性化的系统性云化能力,打造出从拓扑到资源分布完全弹性的新网络架构,可以支持4G、4.5G、5G和WiFi的多联接能力、实现多技术和多小区间的协同、支持实时和非实时功能的按需部署,以及支持网络切片能力。当前,运营商可以基于4G和4.5G网络进行面向5G网络的架构云化改造,当2020年5G来临的时候,可以通过CloudRAN架构直接接入新的5G空口。

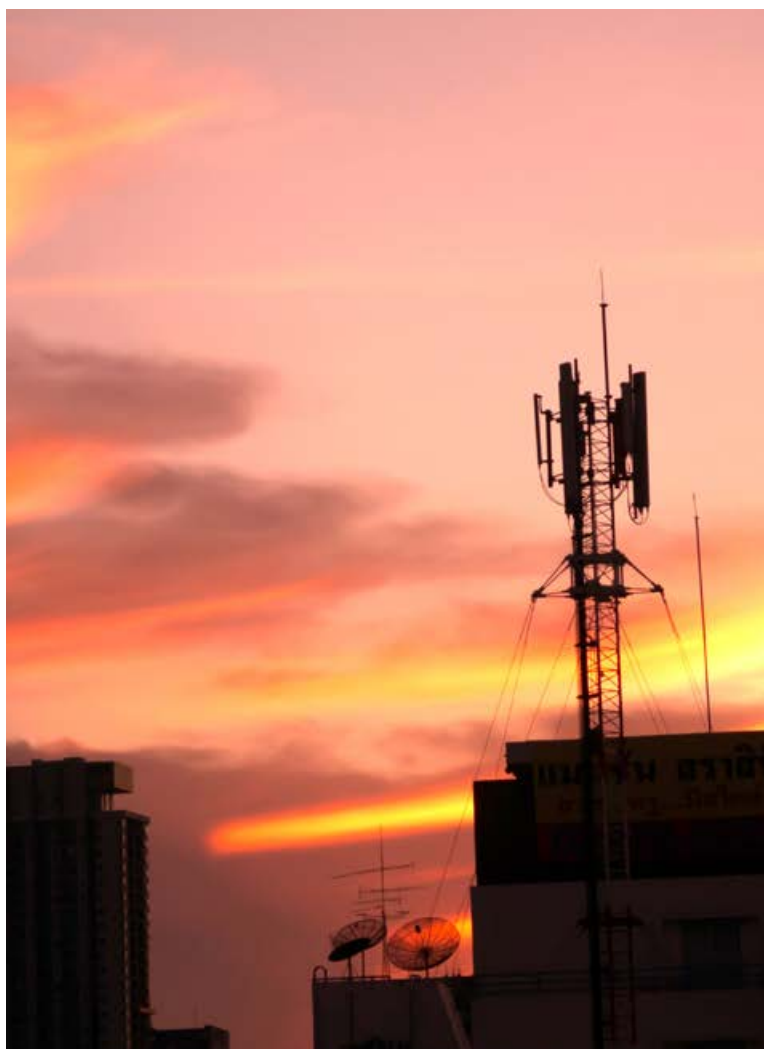
综上所述,4.5G是4G的自然演进,在最大程度保护运营商现有投资的基础上,实现了移动宽带能力的大幅度提升、蜂窝物联网的海量联接,以及超低时延的行业应用;4.5G在3GPP标准化过程中持续增强,并与5G的新空口长期共存;4.5G可提前为5G培育新的业务应用、新的用户行为、新的商业模式和新的产业链;4.5G可基于CloudRAN为5G的到来提前进行网络架构的调整,并提前试水网络切片能力。总之,4.5G是通往5G的必由之路,未来,一张体验优良的移动宽带网络需要4.5G和5G新空口的协作与共存。[H]

当前,运营商可以基于4G和4.5G网络进行面向5G网络的架构云化改造,当2020年5G来临的时候,可以通过CloudRAN架构直接接入新的5G空口。

WTTx掘金宽带“最后一公里”

WTTx可以规避最后一公里的挖沟布线难题，具有更短的上市时间、更快的用户发展速度和更短的投资回收周期，为破解宽带最后一公里这个“老问题”提供了行之有效的“新办法”。

文/吴胜飞



根 据 ITU 和联合国教科文组织联合发布的《宽带 2015》报告，宽带联接是经济增长的重要使能器，要求普通家庭能够消费得起并行之有效，同时，普遍的宽带联接也是联合国可持续发展计划的重要组成部分。

ITU 数据显示，世界范围内还有 42 亿人没有接入互联网服务，如何让其经济有效地接入互联网？而对于已经接入互联网服务的 30 亿人口，随着互联网经济的兴起，基本的宽带服务已经不能满足需求，越来越多的国家已经或正在制定宽带提速计划，如何快速实现宽带提速？

无论是联接没有被联接的人口，还是为已经联接的人口提速，都涉及宽带“最后一公里”这个多年的“老问题”，随着无线技术的飞速发展，在“光进铜退”的同时，我们也许可以找到解决“老问题”的“新办法”。

WTTx以无线宽带提供“最后一公里”

根据 Ovum 的数据，全球 4G 用户数在 2015 年突破 10 亿大关，并将在未来 5 年继续保持两位数强劲增长。4G 用户数突破 10 亿用了不到 6 年的时间，相比 3G 移动宽带和有线宽带，4G 拥有巨大的生命力和发展潜力。

如果用 4G 来提供宽带“最后一公里”将具有

划时代意义，但也要看到4G移动宽带的商业成功目前主要还是在发达国家和新兴市场的城市地区，因此通过移动宽带模式来兼顾“最后一公里”固定场景在经济上还有一定的障碍。那么，如果将4G及其演进技术（4.5G和5G）与固定宽带场景相结合，是否能够提供一种体验类似于FTTx的固定无线接入解决方案？我们可以将这种方案称之为WTTx，其可以规避最后一公里的挖沟布线难题，从而具有更短的上市时间（TTM）、更快的用户发展速度，以及更短的投资回收周期（PBP）。

WTTx速率媲美光纤

受益于4G和4.5G技术的演进，WTTx终端用户可体验的峰值速率不断大幅提升。通过引入4x4 MIMO、256QAM、FDD+TDD CA、Massive CA和Massive MIMO等新一代技术，运营商只需拥有40~60MHz频谱，即可让单小区的峰值速率达到1Gb/s以上，由此，通过基于4.5G技术的WTTx来提供更加优质的家庭宽带将成为可能。

因为，一方面单用户的峰值速率大幅提升——从最初的150Mb/s（UE CAT 4）到600Mb/s（UE CAT 12）、再到1Gb/s（UE CAT 16），使得WTTx的用户体验可超越铜线、媲美光纤；而更重要的则是，小区容量的提升可以解决运营商最直接的容量增长压力，例如，通过支持高达100MHz的频谱，小区容量可以提升5倍；通过支持Massive MIMO技术，实现大量用户的空间复用，1个20MHz的小区容量就可以提升5倍以上。通过小区容量提升，运营商将可以承载更多的WTTx用户并提供更高的单用户速率。

WTTx业务看齐有线

众所周知，电视是家庭的娱乐中心，随着技术的进步和互联网经济的兴起，电视已经从单向的广播接收向着视频点播的方向发展，越来越多的人开始通过互联网获取视频内容，热门的视频内容提供商如YouTube和Netflix已经成为全球亿万家庭的最爱。

在发达国家，有线电视已经进化到IPTV；而在广大发展中国家，受限于“最后一公里”，IPTV只是少数家庭的福利，只能通过卫星电视来一定程

度上满足大众的电视需求。

如何将互联网视频通过经济有效的手段送到千家万户？具备IPTV承载能力的WTTx解决方案是一个很好的选择，家庭成员在分享无线宽带上网的同时，还可以观看传统的电视节目，或是内容丰富的互联网视频。这样，一个无线联接就解决了电视和上网两个需求，不必同时部署WTTx和卫星电视，充分体现了“家庭可承担”的特点。

除了视频，通过WTTx提供VoIP语音服务也是非常成熟的业务，传统有线宽带提供的数据、视频和语音三重奏（Triple Play）在WTTx上同样简便易行。

WTTx和FTTx互补，WTTx和MBB共存

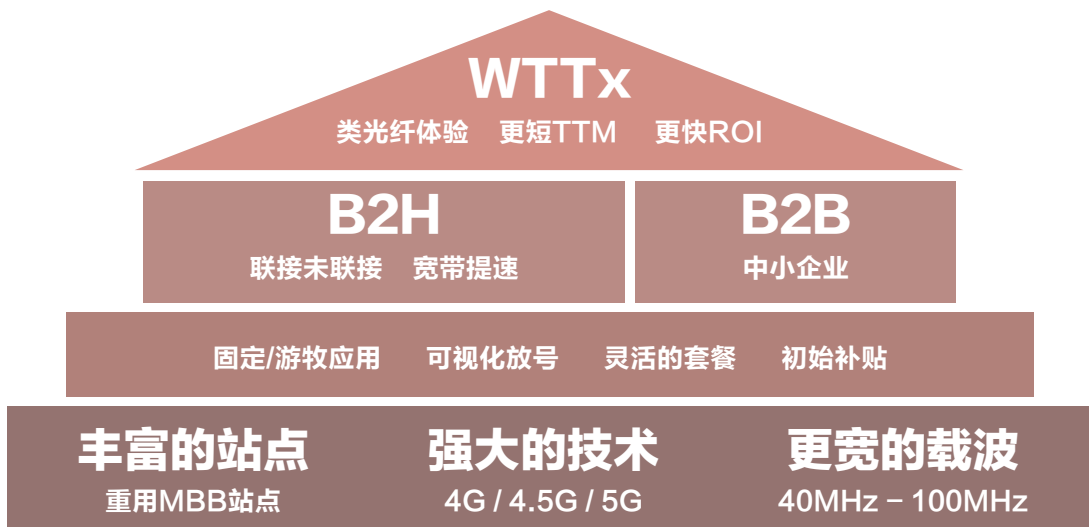
WTTx的优势在于以较好的体验快速提供业务和快速收回投资，FTTx的优势则在于稳定可靠的性能，WTTx和FTTx天然可以实现优势互补——在急需宽带的区域，可以通过WTTx探路B2H（Business To Household）和B2B市场，发展出一定的用户基数，然后根据需要，通过增加载波或是技术演进来提升WTTx业务体验，也可以在有条件的区域铺设光纤，和WTTx实现互补。

WTTx和MBB本质上都基于4G及其技术演进（4.5G、5G），前者服务家庭，后者服务个人，两者一定程度上可以共享网络资源——当光纤延伸到WTTx覆盖的区域时，WTTx网络资源可以释放出来满足MBB暴增的流量需求。

如何实现WTTx和MBB资源共享？首先是站点资源，可以实现完全共享。其次是载波资源，在MBB轻载时，MBB个人用户和WTTx家庭用户共用相同的载波，资源需求冲突不明显；但在MBB重载时，这个问题就很突出，此时，通常要求WTTx和MBB使用不同频段或载波。例如WTTx优先使用2.3GHz、2.6GHz和3.5GHz，这类频段具备大带宽、高效率 and 低成本的特点；而MBB则优先使用1.8GHz和800MHz等频段，这类频段往往承载海量的移动用户，资源相对紧缺，需要优先保障移动用户的体验，确保收入主体不受影响。

WTTx开启B2H市场新蓝海

移动运营商当前的主要商业模式是B2C。从2G



WTTx成功大厦

时代一直到4G时代，运营商的业务模式都是围绕一张SIM卡来展开的。在过去20多年的移动通信发展历程中，运营商也拓展了部分B2B业务，但一般是基于B2C基础上的打包销售之类的简单组合业务。

移动运营商需要扩展业务边界，从B2C模式扩展开来，那么B2H就是一个很好的选择。

相对来说，家庭固定宽带市场的竞争并不充分，仍保持了较高的ARPU值，典型市场的固定宽带ARPU是移动ARPU的6~8倍，而在非洲这个比例则更高，因此家庭宽带对移动运营商来说就是蓝海市场。从全球情况看，通过介入B2H市场，移动运营商可以快速提升收入，而WTTx就是其进入固定宽带市场的最佳选择。

WTTx助运营商开拓家庭业务

如果运营商针对家庭开展业务，例如家庭成员共享套餐和家庭固网与移动业务绑定等，用户的离网率会大大降低。因为联接一旦从个人扩展到家庭后，用户的粘性就会大大增加。运营商还可以利用无线网络针对B2H市场提供家庭宽带接入，以获得更多的收入，并为智慧家庭和智能家居业务的开展提供良好的基础。

全球许多发展中国家依托于固网的家庭宽带渗透率普遍都低于20%，一些人口大国如印尼，其家庭宽带渗透率甚至只有6.7%。这些发展中国

家的铜线基础设施十分薄弱，建设FTTx又成本高昂，并且受制于物权私有等限制，使得通过有线方式提供家庭宽带几乎不可能实现。而在一些相对较发达的国家，由于铜线和光纤基本上被一牌运营商持有，二牌、三牌甚至四牌运营商要么无法提供家庭宽带，要么必须支付高额的租赁费用而无利可图；同时，这些运营商还面临一牌运营商通过“移动+固定+IPTV”等捆绑资费包的高纬度竞争。因此，利用WTTx模式提供家庭宽带业务是这些运营商与一牌运营商竞争的有利武器，这使得WTTx模式在相对较发达国家的B2H市场也有很大的发展前景。

此外，传统PSTN网络遗留下来的铜线基础设施在升级到宽带后，其性能也将随着最后一公里的距离不同而存在极大差异。在宽带相对发达的国家，宽带提速已成为普遍共识，针对最后一公里距离过远而导致的宽带性能滞后问题，业界也普遍采用WTTx模式来实现快捷提速。

领先运营商积极获取更多频谱服务于WTTx

频谱是无线网络的关键，3G一个载波是5MHz，4G一个载波是20MHz，而5G一个载波将是100MHz，技术演进带来了更高的频谱效率，而商业发展则呼唤更大的带宽。由于WTTx面向家庭和企业用户，其对带宽的需求将大幅超过MBB，为此运营商都在不遗余力地获取更多的频谱，以提供更好

的WTTx业务体验。例如，沙特第一大运营商STC持有50M的2.3GHz和70M的3.5GHz频谱用于B2H，斯里兰卡第一大移动运营商Dialog持有75M的2.3GHz频谱用于B2H和B2B，2016年初，挪威第一大运营商Telenor和第二大运营商TeliaSonera分别获取了90M和100M的3.7GHz频谱，计划发展B2H和B2B业务。

WTTx成功之道

WTTx天然具有准入门槛低、业务发放快和快速盈利的优点，如何实现更好的商业成功？在具备一定的频谱资源和站点资源的前提下，结合WTTx全球发展的经验，以下几点可以作为参考。

结合政策要求，提供场景化运营

在部分发展中国家，政府发放BWA频谱时就已经明确要求只能提供固定宽带业务，在这类国家，可以通过设置终端锁定来实现不可漫游的管制要求。

在发达国家，政府一般采取频谱中立的政策，运营商除了提供固定宽带应用，也支持游牧式应用，例如北欧国家，众多家庭都有周末或节假日去郊区度假的生活习惯，游牧式应用非常符合这类场景。

通过可视化，实现精确放号

与固定网络不一样，WTTx是无线网络，受限于无线覆盖，哪些区域可以发展用户、发展多高速率的用户较难精确预知，影响了放号效率。好在无线网络有成熟的覆盖规划和容量规划，结合地图实现可视化用户发展非常有助于WTTx成功。

做厚利润，不要忘记企业用户

WTTx主打家庭宽带市场，同时，众多中小企业也是WTTx的重要客户群，根据2/8原则，企业用户往往贡献相当大一部分的利润。企业用户在宽带上网的基础上，通常还要支持VPN（虚拟专用网络），在公用网络上建立属于自己的专用网络。

快速发展用户规模，一定的初始补贴很重要

与移动网络类似，WTTx投资成本中很重要

一部分是频谱，频谱通常是按国家维度或区域维度发放，频谱的费用是一定的，不会随着用户数的多少而变化。所以无论是移动通信网络还是WTTx网络，迅速做大用户规模以摊薄成本都是成功的关键，为此，在网络发展初期，运营商一般都会提供一定的用户补贴，以促进用户上量。


WTTx推进宽带成为普遍服务

WTTx在全球已得到广泛的应用，不仅在广大的新兴市场，在欧美发达市场也获得了巨大的发展，全球领先的运营商都在积极部署WTTx，通过WTTx快速做大做强固定宽带，实现收入增长和竞争力提升。WTTx的可实施性和经济性极大地拓展了运营商的潜在市场，也推动了宽带的普及，带来了巨大的社会经济效益。

以中国为例，中国政府在2013年推出了“国家宽带战略”，工业和信息化部在2014年发文，推动农村无线宽带建设，在中西部省份得到积极响应，吉林移动短短一年多就在城市和乡村发展了30万家庭宽带用户。

再看沙特阿拉伯，该国有线宽带发展较为缓慢，500多万家庭仅有200万有线宽带接入，为了加速宽带普及，政府在2012年启动无线宽带计划，两大领先的运营商STC和Mobily分别在2.3GHz和2.6GHz建设WTTx，3年时间发展了300万用户，与有线网络一起，基本实现了家庭宽带的普遍服务。

随着数字时代的来临，宽带普遍服务在不少国家被认为是一项“基本人权”。ITU的统计显示，全球已有148个国家出台了国家宽带计划，推动宽带普遍服务。

现在，WTTx这个“新办法”在全球范围的成功实践，成为破解宽带最后一公里“老问题”的有效手段，通过有线和无线相结合，让宽带普遍服务成为可能。同时，运营商也通过进入这个蓝海市场取得了发展和回报。我们期望WTTx能够加速提升全球宽带渗透率，让更多人群跨越数字鸿沟，Connect the unconnected! 

由于WTTx面向家庭和企业用户，其对带宽的需求将大幅超过MBB，为此运营商都在不遗余力地获取更多的频谱，以提供更好的WTTx业务体验。

NB-IoT

运营商蜂窝物联网的“强心针”

NB-IoT在深度覆盖、低功耗、低成本和海量联接能力上非常好地匹配了LPWA市场的诉求，为运营商在蜂窝物联网市场上展露了技术“锋芒”，成为其市场竞争和运营转型的“强心针”。

文/余晖

在物联网风口的背景下，WiFi、Zigbee、Bluetooth 和 Z-wave 等短距通信技术正在不断增强其在蜂窝物联网领域的渗透率，侵蚀电信运营商的蜂窝物联网市场份额，Sigfox 和 LoRa 等创新企业也相继推出了系列产品，启动了全球物联网网络部署，并迅速被一些市场所认可。面对物联网这一新的增长引擎和下一个蓝海市场，以及风起云涌的物联网市场竞争，传统的移动运营商该如何应对？

NB-IoT，蜂窝物联网的技术“锋芒”

蜂窝物联网联接的物体，即有高速率的应用，也有低速率的应用。高速率应用例如摄像监控和车载多媒体等，其特点是快速、大容量、功耗相对较高，基于这类应用，移动运营商的4G网络已经充分展现了其技术的“锋芒”——无处不在的覆盖、高速联接的能力、安全和可靠性，成为高速率物联网应用的首选。低速率应用即LPWA（Low Power Wide Area，低功耗、广覆盖）市场，例如智能抄表、智能停车和资产跟踪等，其面向更为广阔的传感器和信息采集网络，一方面追求极致的低成本，另一方

面又对承载网的指标有着极其严苛的诉求。

低功耗，J国T燃气项目

J国T燃气公司使用智能抄表已经近10年，近两年将逐渐进入燃气表更换周期，由此也进入了新的技术选型阶段。T燃气公司经过以往的研究和探索，已经选定了其电池供应商以及具体的电池型号，一根2400mAh的电池价格仅为几美元，已无法再降低，所以使用电池的数量就成为投入的关键。基于当前的高功耗蜂窝技术至少需要3根电池才能保证燃气表10年不更换电池的诉求，如果能采用低功耗的蜂窝物联网技术将电池数目降低到2根，那么将给燃气公司节约上千万美元的投入，也将帮助运营商压制住市场上其它技术的低成本竞争，而这一点基于当前的2G/3G/4G网络是难以实现的。

NB-IoT在低功耗领域充分展现了技术“锋芒”，其引入了两种低功耗技术——PSM（Power Saving Mode，省电模式）和eDRX（Extended Discontinuous Reception，扩展方式的不连续接收）。前者在终端侧引入了一种新的“深度休眠”状态，对比终端Idle模式的1mA电流强度，PSM的电流只有0.005mA，对

于某些物联网应用例如水表类应用，一天只需要定时上报一次数据，然后就可以进入PSM状态，等待下一次数据上报需求的到达，从而达到极低的功耗要求。此外，也有其它的一些应用需要支持下行控制消息以及一定的时延要求，例如，燃气表需要提供远程关断服务并要求时延在2分钟以内，这就需要使用eDRX方式。DRX方式终端将进入接收寻呼然后转入Idle状态的循环状态中，此方式下终端能获得极其快速的响应但耗电较大。而在eDRX方式下终端将在几次循环后进入PSM状态以便节约功耗，之后由定时器触发重新进入接收寻呼状态，从而达到响应时延和功耗的平衡。通过此类技术的引入以及NB-IoT芯片对功耗的优化，NB-IoT能保证T燃气公司2根电池支持10年的诉求，从而给运营商提供了最有力的项目竞争武器。

深度覆盖，A国S水务项目

A国S水务公司目前仍主要采用人工抄表方式，由于A国人力成本高昂，导致人工抄表成本居高不下，S公司期望引入智能抄表彻底降低其运维成本。A国的水表部署主要有两种场景——独立住宅和公寓，其中公寓楼的水表部署在地下室或管道井，少量水表甚至部署于

地下2层，所以室内的深度覆盖能力成为S公司技术选型的关键。如果没有一种具有深度覆盖能力的蜂窝物联网技术，那么运营商将难以压制其他竞争对手为S公司提供物联网服务。

NB-IoT在深度覆盖领域充分展现了技术“锋芒”。NB-IoT是基于窄带技术设计的方案，在相同的发射功率下，其PSD（Power Spectral Density，功率谱密度）将比2G/3G/4G高至少10dB以上；NB-IoT同时还继承了LTE的4R、UL CoMP等技术，且支持更多次数的Repetition，最终能达到超过2G/3G/4G 20dB的深度覆盖能力，从而在深度覆盖能力上压制了其它竞争技术，也避免了短距技术两跳网络的复杂性；此外，NB-IoT基于运营商现网升级，部署速度快，能满足S水务公司快速商用的诉求，也为运营商提供了最有力的项目竞争武器。

在竞争日益激烈的LPWA物联网市场，运营商的蜂窝物联网必须在技术上展露“锋芒”，才能应对各种应用严苛的技术要求，NB-IoT在深度覆盖、低功耗、低成本和海量联接能力上非常好地匹配了LPWA市场的诉求，成为运营商蜂窝物联网市场竞争的“强心针”。

助力运营商蜂窝物联网运营转型

随着NB-IoT进入越来越多的垂直行业，运营商对于蜂窝物联网的运营模式也将面临转型和变革。一方面，业务的多样性使得物联网的运营变得更为复杂，不同垂直行业的各种物联网网络协议的对接、各个垂直行业业务系统的差异化，使得随着NB-IoT应用类型的增多，运营商的运营成本将大幅度提升；另一方面，面对物联网的蓝海市场，移动运营商也不甘心仅提供管道能力，必将尝试从管道运营向具有更多价值的终端和云端运营转型。

NB-IoT端到端解决方案提供了IoT平台以提高运营商业务运营能力。IoT平台提供统一的物联网运营架构，适配不同物联网业务系统的网络协议，整合物联网运营基础设施层功能，例如SIM管理、设备管理、资产管理和安全认证，使各垂直行业从独立运营转变为基于统一平台


的集中化运营，减少了客户化定制费用和维护成本；另一方面，各垂直行业核心的业务运营模块依然是独立部署或呈现以保持实际业务的差异化。基于这样的架构也使运营商能够从传统的面向管道的运营转变为提供运营支撑服务的运营模式。

IoT平台的虚拟化和开放性将进一步提升运营商物联网运营的能力，基于虚拟化和开放性，垂直行业业务提供商可以基于IoT平台构建该行业的运营支撑能力，例如该行业的业务规格、业务流程定义以及其它的公用子服务。各垂直行业之间也可以使用云化的服务和开放的接口来动态调用或共享其数据资源，完成跨行业的业务集成和运营，从而创造新的商业价值。通过这种方式，运营商可以轻易完成成千上万的垂直行业应用开发并快速上线业务，这些业务也可以在多个运营商之间快速复制，而垂直行业也不需要投入资金在网路基础设施层或行业应用基础设施层，能非常快速地形成业务交付能力。

面对LoRa和短距技术方案供应商采用的互联网化运营模式，传统移动运营商的运营支撑系统和模式都需要进行针对性的改进，NB-IoT端到端解决方案及其提供的IoT平台能很好地应对这一挑战和机遇，成为运营商蜂窝物联网运营转型的“强心针”。

携手开创NB-IoT成功之路

运营商的NB-IoT商用之路是一个循序渐进的过程，一方面运营商需要考虑自身蜂窝网络的升级改造，以提供无处不在的NB-IoT网络服务；另一方面运营商也要深入垂直行业应用，整合、改善现有业务并激活更多潜在的蜂窝物联网联接。

作为领先的ICT解决方案供应商，华为提供NB-IoT端到端解决方案，是业界NB-IoT解决方案最完整和最领先的厂商，并致力于成为运营商蜂窝物联网建设、垂直行业市场开拓和物联网运营的合作伙伴。凭借对运营商蜂窝物联网战略的理解、雄厚的端到端产品和解决方案能力，以及全球企业和终端合作资源，华为有信心为运营商的NB-IoT网络建设和发展注入有力的“强心针”。

华为提供业界最领先的NB-IoT端到端解决方案，并致力于成为运营商蜂窝物联网建设、垂直行业市场开拓和物联网运营的合作伙伴。

从体验出发 构建以视频为中心的移动网络

华为基于U-vMOS的移动视频解决方案从视频体验标准出发，致力于解决从体验评估到体验规划再到体验提升的端到端的问题，助力运营商打造以视频为核心的MBB网络，抓住移动视频发展所带来的巨大商机。

文/张永顺



视频像空气和水一样，已成为人们生活的必需品。移动视频的便利性使得越来越多的用户选择在移动端观看视频，mLAB的调查表明，手机用户每天观看1到3次视频的比例达到51.4%；YouTube网站统计显示，其用户使用手机观看视频的比例已超过50%；而Facebook用户的表现更加明显，其手机端的视频观看量已达到75%。此外，移动视频也是数据流量增长的第一推动力，据GSMA预测，到2021年全球移动网络数据流量的70%将来自于在线视频业

务，2015至2021年视频数据流量的年复合增长率将达66%，远高于网页和文件共享等数据业务。然而，移动视频在飞速发展的同时也遇到一个尴尬的问题——对于视频体验到底是好是坏业界并没有统一的衡量标准。正如中国通信标准化协会IP多媒体委员会业务组组长杨在“华为2016年全球分析师大会”上指出的：“用户更愿意选择一个价格适中且视频体验非常好的业务，而不是为了低价选择一个卡顿、花屏和体验差的业务。业界需要有一套完整的评估标准，用科学的方法告诉所有人视频业务质量的好坏。虽然学术界此前就开始了视频图像质量的评估，但仅是在实验室环境下，能否代表用户的真实体验，行业对此还存在疑问”。

同时，传统网络以容量和覆盖为中心的建设模式也面临挑战，出现了网络KPI很好但体验不好的问题，因此也需要有统一的视频体验评估标准以及围绕视频体验的网络建设。那么首先，运营商在MBB快速发展的同时，到底应如何定义和衡量用户体验？其次，体验对网络能力的要求也在不断提升，以体验为中心的网络应如何建设和管理？华为基于U-vMOS的移动视频解决方案从视频体验标准出发，致力于解决从体验评估到体验规划再到体验提升的端到端的问题，助力运营商打造以视频为核心的MBB网络，抓住移动视频发展所带来的巨大商机。

U-vMOS：视频体验评估新标准

多媒体业务评估建模方法包含了主观评估和客观评估两种模型，前者定义了在进行主观实验时的实验环境以及相关的测量方法和主观评分标准，后者则是定义了一套根据客观输入参数来估算多媒体质量的算法模

为了使视频体验评估变得简单，华为提供了3种U-vMOS测试工具，分别是用户级的测试App、网络级的数据分析工具，以及用于第三方测试工具集成的U-vMOS SDK。

型。华为视频体验研究采用了业界公认的评估建模方法，在对视频业务样本调研和深入技术研发的基础上，提炼出视频体验的TOP3影响因子，即视频质量、互动体验和观看体验，设计了视频体验的统一评估标准U-vMOS。该标准涵盖了移动场景下的视频点播业务和固定场景下的直播和点播业务，并在不同场景下将视频体验的影响因子进行了细化。

针对移动场景下的视频体验评估，华为mLab实验室与牛津大学和北京大学联合对消费者进行了定性研究，将移动视频体验影响因子细化为内容清晰度、初始缓冲时延和卡顿比率3个可测量的网络指标。同时运用人因工程学方法进行定量研究，将受试者对视频体验的主观评价得分与感知测量设备采集到的数据的客观评价得分进行统一建模，通过机器学习方法进行模型训练，最终拟合出移动场景下的U-vMOS计算公式，给出0~5分的数值，简单明了地展示出移动视频的体验质量。

3种U-vMOS测试工具，简单发现网络瓶颈

为了使视频体验评估变得简单，华为提供了3种U-vMOS测试工具，分别是用户级的测试App、网络级的数据分析工具，以及用于第三方测试工具集成的U-vMOS SDK。

用户可以通过在智能手机上安装SpeedVideo应用程序随时随地掌握视频体验，简单的一键操作就可以给出U-vMOS得分，了解当前网络的视频体验状况，选择在好的体验环境下观看视频。SpeedVideo对每一个用户都开放，并已在Google Play和Apple Store上线，目前使用这个工具进行视频体验测量的用户遍布全球140多个国家，测试样本数已经超过70万条。面向运营商以及通信业界专业人士，华为还发布了用于DT/CQT测试的SpeedVideo Pro专业版，允许在测试时选择室内、室外、CBD和居民区，甚至是公交车和地铁等多种测试场景，DT/CQT测试结果可作为网络性能优化的最佳参考依据。SpeedVideo反映出的不再仅仅是简单的无线连接速率，而是用户在观看在线视频时的真实感受。

运营商希望了解其用户对视频体验是否满意，找出视频体验发生问题的原因，因此需要对全网视频体验进行评估，这通常是路测工具无法做到的。网络级的U-vMOS测试工具与路测工具的最大不同在于，前者可以分析某一区域所发生的所有视频业务，而后者只能基于有限测试样本进行分析。华为iDART/PRS工具能够支撑全网的U-vMOS评估，并进行地理化呈现，基于MR和CHR数据进行栅格化呈现，其精度可达到50×50米，是发现视频体验瓶颈、问题定位定界分析的专业化工具。

华为还发布了U-vMOS SDK开发套件用于第三方测试公司或OTT集成体验评估功能，并已经应用于运营商网络体验测试中。中国最大的测试设备厂商之一——世纪鼎利将其路测工具WorkTour集成了vMOS测试功能，并于2016年1月完成了南京市某移动运营商商用网络6个场景下的vMOS测试，测试结果有助于该运营商了解其网络体验情况，更加精准地优化其网络，目前双方正在商讨进行更大范围的测试。

Video Coverage: 以视频为中心规划网络

基于视频体验的网络规划是传统网络规划的自然演进，传统移动宽带网络建设的目标是管道，而现在正转向核心业务的体验。华为Video Coverage是以视频为中心的MBB网络规划方法论，可为运营商建设高清体验无处不在的移动宽带网络提供臂助。Video Coverage主要遵循3个关键步骤：第一步，网络评估和目标设定，以客观的指标量化移动视频性能、分析视频消费习惯，找准规划目标区域；第二步，差距和根因分析，对视频性能未达标区域进行问题界定和原因归类，找准原因；第三步，方案实施和迭代寻优，根据未达标根因进行覆盖和容量的规划，包括载波扩容、扇区劈裂、加站和部署新特性等方案，迭代寻优规划则可持续改善达标率。

Video Coverage对运营商的价值在于提升网络规划效率和降低网络建设成本。通过迭代规划，可以减少网络规划的次数与成本，提高网络建设效率，降低投资；通过精准规划，可以实现市场目标与网络建设的匹配。以前网络建设交付的是管道，现在网络建设交付的是用户体验。Video Coverage通过精准规划，建立起视频体验到网络KPI指标之间的映射关系，使得视频性能可呈现、可预测，实现了商业目标与网络建设的最佳匹配，提升了运营商的收益。

Video Coverage方法论已应用于澳大利亚、韩国、阿联酋和沙特等多个国家的网络建设中。例如阿联酋某领先运营商提出了聚焦视频流量战略、打造高清视频业务体验第一的目标，通过引入U-vMOS评估工具对目标区域进行测量分析，设定了随时随地提供1080p在线视频业务的网络建设目标。方案部署后，该区域U-vMOS>3.8分的栅格占比从60.9%提升到了82.4%，视频初始缓冲时延降低了0.49秒，成功实现了U-vMOS体验提升的既定目标，使用户能够充分享受到流畅的高清视频观看体验；同时，更好的视频体验也刺激了视频消费的增长，该区域数据流量在3个月内增长了38%；此外，由于视频体验对网络的要求高于其它数据业务，因此随着视频体验的提升，其它业

视频体验的TOP3影响因子



视频质量 **零失真**



互动体验 **零等待**



观看体验 **零损坏**

Video Coverage 对运营商的价值在于提升网络规划效率和降低网络建设成本。通过迭代规划，可以减少网络规划的次数与成本，提高网络建设效率，降低投资；通过精准规划，可以实现市场目标与网络建设的匹配。

务相应都能得到比较好的体验。

端到端移动视频解决方案 加速商业成功

当然，视频体验评估和网络规划还不能解决运营商构建高清视频网络的全部问题，华为端到端移动视频解决方案从视频体验出发，提供了多种视频体验提升利器，帮助运营商实现视频体验领先的目标。例如，通过多载波聚合、4×4 MIMO和256QAM高级调制技术提供最后一公里的容量提升；设置两层TCP代理，从无线侧和PS侧共同降低视频的初始缓冲时延；通过CDN分布式部署缩短内容源到用户的距离；提供视频QoS机制，在保障视频业务体验的同时，又避免了过度保障影响到其它业务的体验；针对中、重负载场景的视频业务进行负载优化；通过弱覆盖增强技术实现能够打通GSM电话的地方，也能流畅观看高清视频。

华为移动视频解决方案还支持网络能力开放和“全方位”灵活计费，助力运营商与OTT的合作以及新商业模式的部署。运营商可以将部分网络信息例如用户可用带宽和用户位置信息等开放给

OTT，使之可以更加精确地向用户发送合适的码率，选择离用户最近的服务器，从而使用户获得非常流畅的视频观看体验。例如江苏某移动运营商和国内知名视频内容提供商联合进行了CDN下沉和位置信息开放的部署，CDN下移到EPC网关之后，网关通过HTTP头增强携带位置信息，协助视频服务器精准选择CDN节点，将用户平均下载速率提升了1倍，U-vMOS得分提升了20%以上。

通过“立体式”灵活计费方案，运营商可以部署基于不同视频体验、不同视频类型、不同时间段和不同视频内容的计费模式。例如开展基础体验免费而高清体验收费的模式，可以解决用户“敢用”的问题；通过开展后向计费、OTT定向套餐等业务，则可延伸盈利空间。

在MBB时代，视频已逐渐取代语音成为移动运营商的新一代核心业务。华为秉承开放与合作的理念，愿与运营商和视频产业伙伴共同打造一个国际公认、产业共识的视频标准评测体系，不断进行解决方案创新，在为用户打造极致体验的同时，保障运营商的合理投资，通过网络能力开放支撑运营商和OTT的合作共赢，推动移动视频产业繁荣发展。[H]



MBB开放互联：拓展运营商商业边界

在ICT业务融合发展的环境中，移动宽带（MBB）运营商可以通过开放其联接能力和网络信息来促进业务发展，实现MBB开放互联，从而开辟新的商业模式，拓展其商业边界。

文/刘健

ICT融合带来MBB开放互联新机遇

在过去的10年里，通信市场的价值逐渐向互联网IT业务转移，虽然移动数据流量获得了爆炸性的增长，但运营商的收入却没有实现等比例的提升。因此，电信行业开始谋求互联网化转型，构建CT与IT融合

的ICT产业。近年来，移动互联网、云计算和物联网技术的发展大大促进了ICT融合业务的发展。

移动互联网

移动互联网促使了各个传统行业应用互联网的技术和思维，形成了诸如互联网金融、互联网交通、互联网医疗和互联网教育等新业态。微软中国CEO贺乐

赋说：“未来所有的公司都会是软件公司。”业务软件化使公司与公司之间将更多地通过应用编程接口（API）对接和提供服务，例如电子商务企业通过调用银联的在线支付接口实现支付，而小额贷款企业则调用运营商的缴费记录查询接口以获取用户的信用指数等；而业务的多样性使得运营商有大量的机会可以用电信能力开拓广阔的企业业务市场。

云计算

云计算技术，尤其是NFV和SDN技术，促使电信网络软件化。网络功能从定制化硬件中剥离出来，放在云数据中心中运行，版本迭代和创新的速度大大加快，网络变得更敏捷，便于开展新业务。

物联网

物联网技术的发展使“联接”的需求进一步提升，不同业务对联接的需求呈现出极致和差异化的趋势，例如车联网要求很高的实时性，而智能抄表业务则要求极低的能耗，网络联接能力越来越难以从IT业务中剥离。

在ICT业务融合发展的环境中，移动宽带（MBB）运营商作为移动互联网的重要业务管道，不仅承担着业务到终端的数据传输任务，更提供着无处不在的联接能力，并拥有着海量的网络信息，运营商可以通过开放这些联接能力和网络信息来促进业务发展、开辟新的商业模式，以及拓展其商业边界，这称之为MBB开放互联。

近年来，已经有很多运营商和企业企业在探索MBB开放互联的模式。例如，通过开放计费能力接口，OTT可以通过“后向付费”功能向用户发放“流量红包”，从而快速吸引大量用户使用，促进其业务发展；“51信用卡管家”通过调用运营商的计费信息接口，查询用户缴费记录，从而根据用户信用指数发放小额贷款。这些都是MBB开放互联的成功案例。

电信网络能力使能开放互联新生态

ICT产业的生态不是一成不变的。早期只有电信语音和短信服务，后来有了互联网服务，但电信业务仍占据绝对核心地

位，互联网只是增值服务；再后来互联网成为了核心价值业务，电信业务面临着“管道化”的危机。如今ICT产品和服务呈现出多样化的趋势，各行各业都逐渐参与到ICT产业中来，电信网络能力和管道大数据将有机会在未来的ICT产业生态中占据重要的位置。过去电信能力只用来构建运营商自己的产品和服务，未来更加丰富的电信能力将用来帮助行业企业构建各种创新的产品和服务。

基于NFV技术的云化软件架构，网络中的原子能力可以动态加载到能力总线，并通过标准的RESTful格式对外开放。OTT、企业、政府和个人开发者都可以方便地调用这些能力。目前开放的网络能力主要有如下5大类：

QoS类API

即提供网络加速和QoS保障功能的API，其常见的应用场景是手机游戏加速。实时对战类手机游戏对时延非常敏感，当网络拥塞或覆盖较弱时，会造成操作时延变长、用户体验变差，这时用户可调用网络加速功能迅速降低时延。网络加速功能可以包装成游戏道具出售给玩家，玩家购买并使用该道具就能获得更低的网络时延，从而享受比普通用户更好的游戏体验。另外，象抢票、抢红包和手机股票操作等应用也可以使用网络加速功能提高成交率。

计费能力API

即提供流量统付功能的API。企业用户可调用该API新增、修改或删除统付业务规则，对用户访问部分网址产生的流量进行统一付费，从而向最终用户发放流量红包，进行免流量费推广。

位置能力API

包括实时位置API和历史位置分析API两类。实时位置API可以获取用户当

前位置、用户位置轨迹和特定区域人数等信息；历史位置分析API则可以按照栅格等维度进行人群洞察，输出地图上每个栅格内每天经过的人数、停留时间和人群属性分布等数据。

实时位置API的应用场景包括室内定位、导航和停车等。例如苹果公司的iBeacon技术也是一种室内实时定位技术，类似技术已经在商场导购和电子围栏广告等领域受到了广泛关注。利用移动网络实现的室内定位具有成本低和安装便利等特点。

历史位置分析API的应用场景包括人流拥塞管理、人口流动分析、户外广告牌价值评估和零售店选址等。这实际上是一种大数据分析应用，政府和商业机构都有广泛的位置大数据应用需求，而运营商恰好可以提供最可靠的数据接口。

用户网络上下文信息API

用户网络上下文信息包含用户的账号类型、计费状态、账单地址、实时位置、终端型号、可用带宽、移动和会话状态，以及小区拥塞状态等。企业可以利用这些信息对用户画像，从而提供体验更好的服务。例如Google发布的Congested Cells API，可以从运营商获取小区拥塞信息以进行业务优化，包括视频码率选择等；Danal与AT&T合作，通过用户标识、账号信息、实时位置和终端型号等对用户进行认证，以识别欺诈行为。

第三方App集成能力

运营商的管道能力不仅从管道中来，也可以由第三方伙伴提供，例如TCP优化、视频优化、URL过滤和防火墙等功能，都是对运营商管道能力的进一步丰富和提取。借助云化的多业务集成平台，第三方软件厂商能够快速进入运营商管道，

为了帮助运营商培育 MBB 开放互联产业，华为推出了 CloudMSE 和 CloudUIC 两大解决方案，分别用于第三方 App 集成和网络能力开放。

在短时间内形成价值业务作战能力，实现运营商与第三方伙伴的开放共赢。

开放互联点燃“星星之火”

为了帮助运营商培育 MBB 开放互联产业，华为推出了 CloudMSE (Multi-Service Engine) 和 CloudUIC (Unified Intelligence Center) 两大解决方案，分别用于第三方 App 集成和网络能力开放，并与国内外运营商和第三方企业进行了成功的合作商用探索。

英国天空广播公司 (SKY) 集成视频优化业务

视频占用了移动互联网管道中的大多数流量，当网络带宽不足时，视频会出现卡顿，服务体验受影响也最大。如果能够优化用户的视频播放体验，将可以显著提高用户满意度。而某些第三方软件公司拥有优秀的视频优化技术，在显著降低视频码率的同时，对视频质量的损害不大。应用这种技术，运营商可以对视频进行实时转码，对网络带宽不足的用户提供低码率的视频，保障视频的播放体验。

英国天空广播公司 (SKY) 使用华为 CloudMSE 快速集成了 Opera 的动态转码软件，可以灵活地为用户提供视频优化服务，获得了用户的欢迎。

广东移动联手腾讯试水手游加速

从2012年开始，随着中国移动网络的大提速，多人在线战术竞争游戏和角色扮演类游戏大行其道，人们手机里的对手再也不是千篇一律、编好程序的怪物和笨猪，无论是并肩作战的伙伴还是分分钟被秒杀的对手，都是网络另一端一个活生生的人。在这类游戏中，网络速度至关重要，假如你的时延比别人多50毫秒，那你的反应就永远会比对手慢半拍。而有了手游加速功能，即使你的手机信号不那么强，即使周围有很多人在和你抢用无线带宽，手游世界里的你都能快成一道闪电。

广东移动与腾讯游戏通过华为 CloudUIC 平台联合进行了手游加速的商用实验，针对实时枪战手游“全民突击”推出了“手游加速”道具。用户购买并使用该道具后，就可以享受额外的网络加速保

护，从而在对战中占据先机。

Z 运营商开展金融防欺诈实验

支付宝和 PayPal 等第三方移动支付如今应用广泛，但是其安全性也令人担忧。支付账号可能被木马等程序窃取，使用户财产受损，这时运营商的实时位置能力派上了用场。如果小偷使用偷来的账号进行移动支付，支付后台会调用运营商 API 获取用户手机的实时位置，并与支付现场的位置进行比对，一旦发现两者不一致，则会发出短消息要求用户确认。这样，窃取账号的小偷就无法得逞。信用卡支付也可以用类似的方式进行安全防护。

Z 运营商目前已经通过华为的 CloudUIC 平台开展了这项业务的商用实验。

全联接世界，开放互联大有可为

2015年的天猫“双十一”购物节，全天交易额超过了900亿元，其中来自移动端的收入占比为68%，大幅超过2014年的45%；2016年除夕当日，微信红包收发总量达到80亿次，是2015年的8倍；华为预测，2025年全世界将有1000亿联接，其中80亿将以智能终端联接的形式呈现，届时平均每个人每天的流量消耗将达1.7G……作为庞大流量和丰富行业应用的汇聚平台，移动管道中蕴含着大量的机会，如果运营商能将自身管道中的能力和数据很好地组织、挖掘并开放给第三方，将能吸引千百行业的合作伙伴一起为企业和个人用户提供更好的服务，共同做大产业蛋糕。

MBB 开放互联产业需要根植于 CT 技术，借助 IT 技术实现开放，产业的发展一方面要基于 MBB 网络的发展现状，另一方面也要在企业应用需求和行业趋势中不断寻找机会。为了推动 MBB 开放互联产业的发展，华为制定了初期、中期和远期的目标：初期将专注于 OTT 应用在移动网络的 QoS 体验保障以及计费等问题；中期目标是研究移动宽带网络和 OTT 应用如何合作以提升应用的网络使用效率；而长期的研究方向则是根据网络演进趋势探讨如何基于未来的网络架构与互联网创新业务相结合。■

LiTRA宽带集群 公共安全新选择



基于LTE的宽带应急通信技术能更好地提供宽带数据业务，提升公共安全工作的效率，重新构建平安城市的通信基础，已成为国家公共安全网络建设的新选择。

文/林鹏

“宽”领潮流，大势所趋

当今世界形势错综复杂，很多区域的公共安全形势日趋紧张，全球不稳定因素导致公共安全成为焦点，平安城市的理念应运而生。服务公共安全的传统通信系统——TETRA、P25等专网集群系统无论从网络覆盖、业务体验和维护成本上，都无法满足日益增长的公共安全需求，存在着传输速度有限、调度能力有限和集群系统标准不统一等瓶颈。

传统的专网集群通信技术仅支持窄带语音和数据业务（语音和短消息），不支持宽带数据业务（视频业务和高清监控等），极大地降低了公共安全服务的效率，用户实际体验仍停留在2G时代。正如前纽约警察局长指出的：“美国一位16岁的少年所持有的智能手机的无线通信能力都远超过警员和协警所配备的设备。”

而基于LTE的宽带应急通信技术能更好地提供宽带数据业务（例如现场图像上传、视频通话和视频回传等交互式视频业务），提升公共安全工

作的效率，重新构建平安城市的通信基础，成为国家公共安全建设的新选择。“宽”领潮流，LTE宽带集群已成为不可逆转的趋势。

宽带集群掀开公共安全新篇章

LTE：宽带集群通信的标准和未来演进

传统的专网集群通信标准是由TCCA、OMA和ETSI等多个标准组织联合制定的，该体系主要面对专网用户，整体框架完全松耦合，产业链相对封闭，异厂商的互联互通存在非常大的问题，无法向未来演进支持宽带数据业务。

3GPP新建公共安全WI（Work Item），通过与集群通信标准组织、政府管制机构和运营商的合作，重新构建了基于LTE网络体系架构的公共安全新标准框架，在LTE上实现关键任务呼叫（Mission Critical PTT，MCPTT）业务。

2015年12月，3GPP R13版本已经基本冻结，新标准规范了端到端的标准框架，通过接口的标准化和开放，解决了异厂商互联互通和产

据权威机构预测，到2020年，全球将有15万基站部署LTE宽带集群业务，同时将产生百亿美元的市场空间。伴随着宽带集群业务的迅速发展，LTE公网集群的建设大潮即将到来。

业链封闭的问题。明确制定了基于LTE公网集群通信的关键特性（MCPTT/IOPS/GCSE/proSE），基于运营商的网络提供紧急视频和紧急呼叫业务。协议的冻结，赋予了运营商网络新的商业机会点。

LTE公网集群：重构平安城市基础通信能力

截止到2015年，全球已经有超过30个国家评估、规划和启动部署了LTE公网集群，重新构建平安城市的基础通信能力。当前，主要国家的进展如下：

美国：2012年规划建设全国性的公共安全宽带网络FirstNet，总投资超过100亿美元，采用LTE 700MHz频谱。2014年3月，洛杉矶启动建设231个站，投资1.75亿美元。

英国：计划在10年（2015~2020年）内建设覆盖全国的公共安全宽带LTE网络，授予运营商LTE公网频段进行公共安全网络的建设。于2015年启动一期建设，投资12亿英镑。

韩国：2014年启动国家宽带应急防灾网建设，总投资预计超过20亿美元。2015年启动一期建设，计划在平昌区域建设205个基站+5000部终端，投资4000万美元。

国家公共安全网络建设新模式

2015年12月，英国管制机构Home Office宣布，英国最大的无线运营商EE成为其移动网络合作伙伴，使用EE的4G移动网络提供英国的公共安全业务，服务英国全国33万公共安全工作者（警察、消防和急救），宽带集群通信业务将第一次承载在LTE公网上，迈出了历史性的一步。

英国政府选择运营商公网替代原有的TETRA网络服务于要求苛刻的公共安全业务并不是草率的决定，政府聘请了专业的公司对TETRA和LTE公网承载的宽带集群通信进行了详细的对比分析和论证，认为公网在覆盖和业务体验上优势明显，能够满足公共安全的苛刻要求（如时延等指标）。

据估计，相比于专网，将宽带集群通信部署在LTE公网每天可帮助英国政府节省约100万英镑的预算，5年的建网和维护费用从20多亿英镑大幅降低到12亿英镑；而运营商获得了政府的投资，可进一步提升其网络覆盖和用户体验，同时大幅提

升自身的品牌价值。

运营商网络获取更大的品牌溢价

LTE发展到现在，运营商的LTE网络已经实现了基本的人口覆盖，但公共安全由于其鲜明的行业特征，对运营商网络也提出了更高的技术和业务体验要求，包括网络的可靠性和地理覆盖、公共安全用户优先级，以及应急通信保障等。

正如EE在获得英国公共安全网络建设合同后，其CEO公开表示的：“我们非常自豪能够被选择提供如此至关重要的网络，与警察、消防和救护车等公共安全工作者一起紧密协作，展现EE 4G网络的巨大力量，致力于‘save time and save lives’。EE将致力于提供一个高可靠（Ultra-Reliable）且真正覆盖全国的4G网络，服务全英国的公共安全从业者。”相信最终EE的无线网络将变成英国最可靠的网络、覆盖最好的网络和体验最好的网络，而EE的品牌价值也将得到巨大的提升。

LiTRA助运营商进入新商业领域

据权威机构预测，到2020年，全球将有15万基站部署LTE宽带集群业务，同时将产生百亿美元的市场空间。伴随着宽带集群业务的迅速发展，LTE公网集群的建设大潮即将到来。

LiTRA（LTE integrated Trunked Radio）技术既继承了传统的窄带Push to Talk业务（语音和短信等），也能提供宽带集群业务（Push to Video），可最大程度地重用运营商的LTE现网。通过引入LiTRA应用服务器所带来的宽带集群通信能力，可以帮助运营商快速实现国家公共安全网络的部署，提升运营商网络核心资产的商业价值和品牌。

此外，LiTRA基于开放的3GPP协议，通过开放接口可以引入更多的合作伙伴，与LiTRA一起实现更加丰富的业务（例如远程医疗、重大事件视频监控和无人机等），同时也能最大程度共享LTE成熟的终端产业链，聚集更多的合作伙伴，与运营商一起服务于未来国家公共安全和平安城市的建设。

伴随着全球LTE网络建设的不断加速，LiTRA将帮助运营商进入国家公共安全这一新的商业领域，成为运营商提升收入的一把新的利器。■

数字化，室内全联接世界的新基石

端到端数字化架构的Small Cell（小蜂窝）由于其部署快、容量大、收益高和可演进，正成为构建室内全联接世界的新基石。

文/丁志彬 崔晓颖

2016年GSMA最新《移动经济》报告显示，未来5年移动数据流量年复合增长率将高达49%，2020年全球单用户每月将消耗7GB移动数据流量，其中欧洲将达到12GB，北美甚至将达到22GB。而在这些激增的移动数据流量中，80%以上将发生在室内区域。

为什么室内正变得越来越重要？

从用户驻留时间看，人们更多时间会停留在办公楼、商场、交通枢纽和家庭等室内区域，华为mLab的一项研究显示，时间占比超过60%。从用户体验需求看，室内环境和低速移动状态下，人

们对移动业务的体验要求更高，往往倾向于观看更高分辨率的视频，2K/4K高清视频正成为首选；同时，人们也会主动阅读更多的信息，并且希望有更少的业务加载时间。从新技术发展看，VR（虚拟现实）和AR（增强现实）等超宽带业务也将从室内开始实现规模商用。

“2016年世界移动大会（MWC）”



首日，展馆内移动流量828GB；2015年“世锦赛”首日，北京鸟巢移动流量453GB；2015年“中超联赛”决赛，北京工人体育馆移动流量660GB……这些超级热区产生的移动流量往往是网络平均流量的数十甚至上百倍，并不断创出新高。

传统室内覆盖正面临巨大挑战

在4G/4.5G以及未来的5G时代，用户的业务模型、运营商的可用频谱资源和技术的演进路线都在发生着重大的变化，传统的模拟室内覆盖方案DAS也正面临着越来越多的挑战。

业务模型的变化：用户业务由同步的语音业务向异步的数据业务加速转变，运营商的业务收入也从以语音业务为主加速向数据业务为主迁移，随之而来的是业务突发性和潮汐效应的挑战越来越大。

频谱资源的变化：面对激增的移动数据需求，运营商的频谱资源缺口也越来越大，因此正不断加大对高频段资源的利用，例如1.8GHz、2.1GHz、2.3GHz和3.5GHz，甚至非授权频段的5GHz，这些高频频谱资源正成为移动宽带网络建设的主流。而DAS所用的同轴馈线由于在高频段的传输损耗太大，因此无法很好地支持高频网络；同时，高频资源的应用使得室外宏网络的建筑物穿透损耗进一步加大，Outside-in这种室内流量依赖室外宏网络吸收的模式正变得越来越低效，这也使DAS的容量瓶颈更为明显。

技术演进的加速：从技术发展看，1G到2G用了20年，2G到3G用了10年，而3G到4G仅用了5年，相应的用户速率也从几十Kb/s发展到几Mb/s。进入4G时代，新技术的演进步伐正进一步加快，用户速率从几Mb/s快速演进到上百Mb/s。部分5G技术正提前应用到商用网络中来，以实现从Mb/s向Gb/s的跃变。DAS的模拟射频架构决定了其在多天线和高阶调制等新技术的引入上难度非常大，或者需要对现有网络进行大规模改造。

传统室内覆盖方案DAS基本可以满足2G/3G时代以语音和中低速率数据业务为主的需求，但面对4G/4.5G时代激增的室内移动宽带需求，其在网络容量、可扩展性和可演进性上的缺陷正成为

室内MBB发展的瓶颈，抑制了用户的业务需求，未来甚至会成为运营商网络进一步升级演进的负担。端到端数字化架构的Small Cell（小蜂窝）则由于其部署快、容量大、收益高和可演进，正成为构建室内全联接世界的新基石。

华为提倡什么样的室内数字化理念？

网络架构数字化：从模拟系统的信源集中放置，演进到数字系统的射频数字处理单元延伸至头端，前者由于系统中的大量无源器件导致干扰大、容量受限，扩容需二次进场改造；而后者可大幅减少干扰，提升MIMO性能，并能通过软件定义频段，实现按需扩容。

运维管理数字化：从模拟系统的黑盒式管理，转为可精确监控每个节点的故障和业务量，实现室内全系统可运维和可视化，从而提升运维效率。

业务能力数字化：从模拟系统以语音业务、满足覆盖需求为主，演进到以数据业务、满足容量需求为主，并通过数字管道能力开放，与应用开发伙伴合作，提供增值服务能力，持续为业主创造价值，为运营商增加收入。

未来演进可持续化：从模拟系统对新技术难以升级支持，演进到数字系统可通过软件平滑升级，支持包括分布式MIMO、256QAM、LAA以及面向5G的无线接入云化架构等最新技术，持续提升频谱效率和网络容量。

室内数字化的建网策略

与室外场景相比，室内场景更加复杂和多样化，包括中大型公共场景、小型企业场景和家庭场景，网络建设与业主的耦合性也更高，所以需要多样化的解决方案来满足不同细分场景的业务诉求。

对于大中型公共区域如体育场、交通枢纽、会展中心和商场等，由于场馆面积大，且人群密度高，是运营商优先投资的重点区域，基于CloudBB架构的数字化解决方案如华为LampSite由于支持多频

多模、大容量、可弹性扩容、部署快、端到端可管可控，以及支持新技术的长期平滑演进等优点，已经成为全球众多运营商在此场景下的首选。

北京首都国际机场是目前全球LampSite部署规模最大的局点。作为全球第二大机场，首都机场日均客流超过22万人次，年客流量近8400万，仅用时3个月就实现了T3航站楼出发大厅、到达大厅、行李领取大厅、VIP休息区、机场办公区域甚至停车场和地下室等区域超过2200个LampSite pRRU的部署和4G全面覆盖。与传统的DAS方案相比，LampSite的实际部署时间减少了2/3以上，部署后用户峰值下载速率高达140Mb/s，部署一年后的统计数据显示，首都机场单月数据流量激增了27倍，大大提升了用户体验和运营商的盈利水平。

此外，巴塞罗那世界移动通信大会展馆、中国国家体育场、中国国家大剧院、北京工人体育馆、郑州火车站、印尼雅加达机场、新加坡金沙酒店、迪拜购物中心和卡塔尔Villaggio购物中心等众多地标建筑LampSite的成功规模商用，也很好地证实了这一建网策略受到了全球运营商的认可。

对于咖啡馆、零售店和餐厅等中小型企业场景，容量需求相对较大。部分已部署WiFi网络，但受协议与技术的限制，WiFi无法满足以高清语音和视频为驱动的移动宽带业务需求，尤其是在多用户的场景下用户体验劣化严重。多频多模集成WiFi、支持单点快速建网和基于lub接口的Pico解决方案，可利用自动网络发现、即插即用（PnP）以及自动规划配置等特性，重用WiFi已有的站点、传输和供电来提供最优的移动宽带业务，最大化站点价值，是该场景下平衡性能与成本的最优选择；同时，后续随着LWA和LAA技术的成熟，还可进一步挖掘非授权频谱潜力，实现容量和用户

体验的倍增。

泰国某运营商就在营业厅中采用了华为集成WiFi的Pico方案，进行了成功的商用，由于完全利旧了原有WiFi网络的室内站点和传输/供电资源，同时得益于华为Pico解决方案即插即用和现场零配置的特性，首批上百个营业厅在短短两周时间内就完成了新设备的部署和业务开通，用户实测峰值速率超过130Mb/s，大幅提升了网络使用体验。未来，该运营商还将利用Pico方案在全国上万个自有营业厅、7-11便利店和咖啡厅进行规模部署。

对于家庭场景，虽然不少移动运营商曾尝试Femto家庭基站解决方案，但由于缺乏成熟的商业模式，尚未取得大的成功。在可预见的未来，WiFi将依然是主流的家庭移动宽带解决方案。

室内数字化网络在提供良好的移动宽带接入体验的同时，还可实现更多的数字化增值服务，例如室内导航、客流统计和精准广告等。对于已经部署了数字化系统的室内场所，运营商和业主可以进一步通过网络能力开放，实现数字化商场、数字化机场和数字化体育场馆等更多业务创新，增加新的收入来源，最大化数字网络和数据流量的价值。

推动产业升级，共赢未来

室内移动网络作为运营商在MBB时代最重要的阵地，在蕴藏巨大机遇的同时也伴随着一系列挑战。传统模拟网络固有的生态并不会一蹴而就的实现产业升级和自我革命；室内数字化这一创新理念需要通过产业界、甚至跨行业的多方努力和推动，甚至打破传统模拟网络的部分利益链条，才能实现最终的产业升级和商业成功，为运营商、业主和用户带来多赢、持续的价值。■

室内数字化这一创新理念需要通过产业界，甚至跨行业的多方努力和推动，甚至打破传统模拟网络的部分利益链条，才能实现最终的产业升级和商业成功，为运营商、业主和用户带来多赢、持续的价值。

聚焦体验，构筑精品

4.5G 闪耀中国移动东方明珠

中国移动的4G网络建设取得了举世瞩目的成果——3年多部署132万基站、发展近4.3亿用户，而上海在这场4G建设的高潮中，通过持续创新，借助4.5G技术高点，成为中国移动4G闪亮的东方明珠。

文/上海移动网络部副总经理 周乔奇



上海，中国的东方明珠，国际化的窗口。中国移动，中国领先的通信解决方案提供商，从2013年开始，利用短短的3年多时间，实现4G站点建设超过132万基站，4G用户发展近4.3亿，全面领先竞争对手。作为中国移动的桥头堡，我仅从上海移动出发，探讨下如何持续创新，构筑精品网络，实现在4G时代的快人一步。

上海，占地6340平方公里，人口2500万。上海移动，拥有移动用户2200万，4G用户1000万，已完成2.3万4G站点建设，商用开启LTE-A载波聚合、

VoLTE等业务，在上海市的移动通信市场中，处于绝对领先地位。

上海移动从2012年扩大规模试验网开始，经过初建、发展、成熟三个阶段，快速完成覆盖，不断提升用户体验，从而铸就了上海最领先的4G网络。

初建阶段（2012-2013）： 积极投入，挖掘网络能力， 快速优化网络

2012年，上海移动作为TD-LTE首批试点城市，率先完成了1000个4G站点的部署和验证。之后在快速建网的同时，探索和应用多种创新方案，目前业务覆盖率已达到99.5%以上。

站址挖潜，挖掘现网宏站最大能力

1. FD射频互助方案

4G网络宏站覆盖包括F（1885Mhz-1915Mhz）和D（2575Mhz-2635Mhz）两个频段，F频段以覆盖为主，D频段以容量为主，在城区部署F+D双层网络。随着业务发展，尤其是VoLTE的商用，对深度覆盖提出了更高要求。上海因为站址获取困难，难以持续大量增加宏站以补充覆盖。

上海移动与华为公司合作，在F+D双层网建设过程中，通过部署可同时支持F/D两个频段接收能力的D频段RRU模块，与原站点F频段模块联合使用，实现F频段射频接收通道从8个提升到16个，借助接收分级增益，改善上行覆盖能力3dB以上。这样在D频段扩容的同时，一方面达成F频段覆盖能力的大幅提升，另一方面，也减少了新增站点的压力。

目前，现网已规模使用该方案，为VoLTE等深度覆盖要求更高的业务提供了保障。

纵观上海移动的4G网络发展，持续创新、聚焦体验和充分挖掘创新技术是其实现网络精品跨越的关键；经过初建、发展和成熟三个阶段，最终实现了4G网络快速覆盖、用户体验最优、现网深入挖潜、技术全面创新。



2. F频段软劈裂方案

针对部分区域站间距较大导致覆盖不足的问题，上海移动采用了F频段软劈裂方案，将原来的3扇区天面通过软件劈裂成6个扇区。每个扇区的发射功率保持不变，把覆盖范围收缩为原来的一半，提升下行信号的功率谱密度，理论上覆盖能力将提升3dB。

实测区域内路测平均RSRP提升2.01db，MR平均RSRP提升1.92dB，关键KPI指标保持稳定。同时通过天面RF优化和权值调整等方法有效规避10M扇区体验下降的风险，单用户感知速率大幅提升，区域内整体用户数和流量明显增长。

未来计划在F频段20M+10M扩容区域规模使用该方案，完善对应区域的覆盖。

合作共享，挖潜小站资源，提升痛点覆盖

针对深度覆盖提升，一方面挖掘站点潜力，另一方面，新的站点建设方案也是一个关键探索方向。作为国际化大都市，城市中存在大量的“杆”资源，如何发挥这些“杆”的优势，是一个新的思路。

上海移动与公安系统的合作，通过大数据信息共享获取监控杆资源，实现了双赢。上海移动



通过对覆盖区域中的移动用户进行数据分析，得到区域内人员来源，数量分布，流动趋势等实时信息，而这些信息，恰恰为公安系统的安全保障工作提供了有效的支撑。

上海移动已经在外滩区域进行试点验证，借助监控杆，部署20个微站。新增的杆站不仅提升了覆盖，而且很好的吸收了话务，每站日均流量高达40-50Gbps；同时因为节省了杆的投资，建设成本不高，投资收益比很好。经过试点后，合作已进入第二阶段，上海公安系统进一步共享了300个以上的监控杆资源，覆盖了城隍庙、新天地、陆家嘴等热点区域，将会有效提升这些价值区域的网络能力。

发展阶段（2014-2015）：发挥移动技术优势，打造领先的4G+网络

随着三大运营商全面发力4G，如何确保移动竞争优势？上海移动借助4.5G技术挖潜，打造了更高数据速率体验；同时，推动VoLTE商用，夯实语音体验领先。

发挥移动频谱及TDD技术优势，持续提升网络速率，构筑最快4G网络能力

在2014年，上海移动便在城隍庙、新天地等地，率先开启2CC CA，实现下行220Mbps速率体验；2015年，已成功试点DL 3CC CA、UL 2CC CA+64QAM等技术，将下行速率提升至330Mbps，上行速率提升至30Mbps；2016年，正在试点4x4MIMO，256/64QAM等技术，将网络速率能力提升至下行1Gbps，上行50-60Mbps。上述技术已经逐步规模应用到现网中。

结合业务发展需求，上海移动针对新技术应用已经形成了比较完善的运作机制，包括滚动规划、验证、规模部署和优化，对生产经营起到正向有效的支撑作用。

VoLTE快速发力，中国移动首批规模放号城市，有效改善4G用户语音体验

VoLTE高清语音的发展，一直是中国移动的战

略方向。一方面，在原有2G语音基础上，进一步提升语音质量，改善用户语音体验，另一方面，通过4G网络实现2G网络语音负荷卸载，可以加快2G价值频谱的释放，为未来移动战略机动提供更灵活频谱储备。

2015年，上海移动首批商用发布VoLTE；进入2016年后，针对VoLTE商用全面优化网络。在集团组织的百日会战竞赛中，上海移动取得全国一等奖和创新奖。随着终端版本的快速成熟和匹配，上海移动会推动客户无感知开通，实现VoLTE在上海进一步规模上量。

成熟阶段（2016以后）： 5G技术4G化，扩展上海 移动网络未来广阔空间

上海移动目前4G用户已达1000万，预计2016年底将会突破1500万，在部分区域热点，通过传统建设方案已经难以满足大规模用户体验诉求，如何应对挑战，是上海移动4G网络当前的关键考虑。5G技术4G化，充分发挥未来技术在现网的应用潜力，是重点方向之一。

推动3D MIMO在4G应用，有效提升网络频谱效率

作为5G的关键技术，3D MIMO借助大规模阵列天线带来的三维波束赋型能力，提供更多业务流，相对目前8T8R网络频谱效率提升数倍。

在2015年9月，上海移动完成了全球首个商用网络3D MIMO技术试点，使用2615Mhz-2635Mhz频段，16部商用终端测试，小区总吞吐率达到670Mbps，在周边网络进行50%加扰条件下，小区吞吐率依然可达340Mbps，与现网对比吞吐率提升5-6倍。

上海移动与华为合作的3D MIMO方案，着眼于现网分布式基站同构，采用BBU+AAU分体式架构，一方面可以继承传统BBU+RRU的网络部署经验，易于工程实施和维护保障，另一方面，可充分发挥基带潜力，后续可根据业务及网络演进需要进行升级，实现性能持续提升以及面向5G演进。

上海移动将进一步结合实际商用场景及业务需求进行试点验证，实现3D MIMO在2017年规模部署。

CloudRAN构筑以用户为中心的网络，确保体验持续领先

上海移动积极探索以用户体验为中心的建网策略，借助抗干扰及协同算法，摆脱传统蜂窝网络建设方法的束缚，通过更加灵活密集的站点组网，完善覆盖和提升容量。

2016年6月，上海移动在外滩4G商用网上，率先实现了D-MIMO（分布式多流协同）的试商用部署。通过商用手机现场实测，小区容量达到140Mbps，提升35%。即使在传统信号最弱的小区边缘，单用户亦可体验15Mbps，感知提升了80%。本次试商用，上海移动采用CloudRAN组网方案，重用现网基带板和RRU，将现网多个RRU进行共BBU合并，仅通过基站软件升级，成功在现网部署D-MIMO。

D-MIMO这种全新的解决方案突破了网络拓扑的限制，解决密集组网的难题，化干扰为增益，大大减少了对网络规划和优化的依赖，使得传统的以基站为中心的建网方式向以用户为中心的新型建网方式转变。

经过几年的建设，上海移动夯实自身竞争优势，实现市场大幅领先。未来，还将持续探索，构筑优异网络体验，开启移动通信发展的广阔空间。■

上海移动与华为将积极探索基于超级站方式、以用户体验为中心的建网策略，借助丰富的抗干扰及协同算法，充分释放传统站点的建设束缚，通过灵活的站点建设方案为未来网络用户体验的持续提升进行探索。

Etisalat移动视频网 黄沙吹尽，“精品”始到

华为基于移动视频业务体验的vMOS方案，直接从最终用户的体验出发，助力阿联酋Etisalat在视频精品网的建设中取得了不俗的成绩。

文/翁羽

对于运营商来说，构建一张能令用户满意的精品网是至关重要的，这也是运营商发展的根本。然而，怎样才能称为精品的移动宽带网络？其判断的标准是什么？一直以来这都是移动行业孜孜不倦探索与讨论的问题。KPI体系只能从运营商的角度来看待网络，KQI体系却又带来复杂的计算和过于繁琐的指标，而且它们都没有从最终用户的角度出发来看待网络。

那么换个角度，能不能直接从最终用户的体验出发，以用户体验作为移动网络的建设标准？华为基于移动视频业务体验的vMOS方案就是基于这种理念，在阿联酋Etisalat视频精品网的建设中取得了不俗的成绩。

起因，MBB时代鲶鱼搅局

在智能手机出现以前，最终用户由于无法直观看到网络的指标，因此对网络质量的评判更多是通过个人的主观感受，缺乏客观的标准。

而当移动网络发展到MBB时代，随着智能手机的出现，用户也逐渐参与到网络质量的定义中来。在这种背景下，第三方网络测评公司犹如雨后春笋般涌现，例如Ookla、P3等等。

手机用户通过下载测评公司的App就可以很方便地评测运营商的网络，这种方法客观而又准

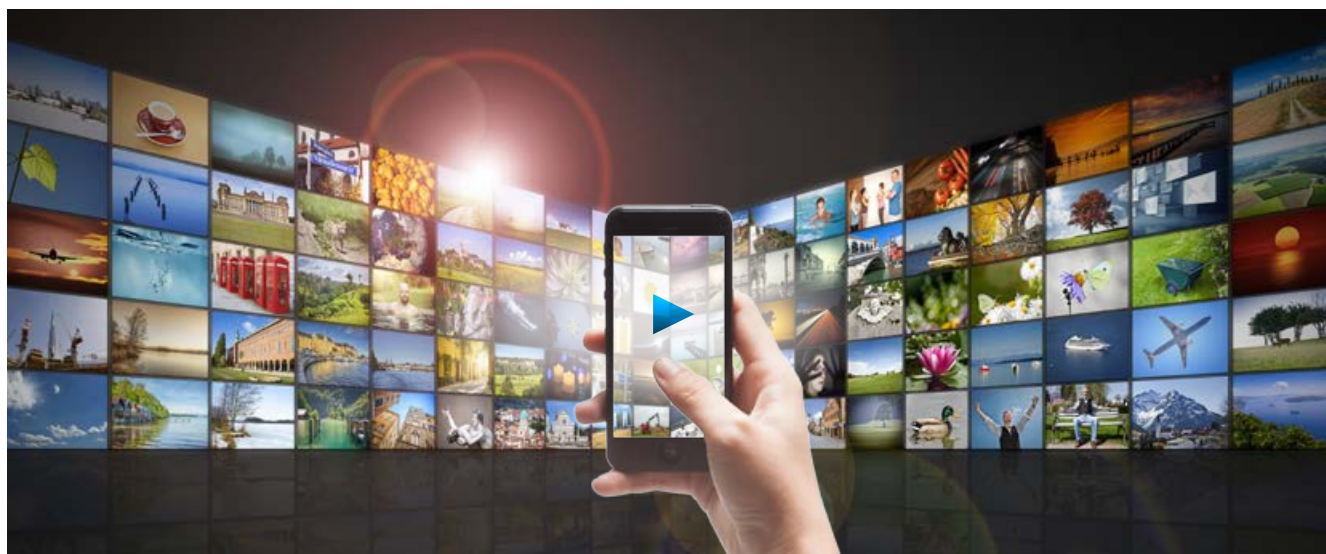
确，因而也具有较大的公信力。与此同时，测评公司也会收集这些样本数据，最后进行汇总以形成对某个运营商网络的整体评估，并进行排名。

例如在Ookla的网络评估排名中，阿联酋Etisalat的排名仅为第10位，这与其网络部署与战略不相匹配。因为Etisalat的网络采用了最先进的网络设备，包括全光纤和LTE，使用了包括CA（carrier aggregation）在内的最好的LTE-A特性，但排名却徘徊在第10，这是完全不能接受的，对Etisalat的品牌也会造成负面影响，所以Etisalat必须要解决排名低的问题。

迅速行动，取得Ookla排名第1

为此，Etisalat与其设备供应商华为组成了一个联合攻关团队。通过对比Ookla在欧洲、美国、澳洲和日本等高排名地区的speedtest（Ookla的一款计算上下行平均速率的测评App）数据发现，在高排名地区的测试样本中，高速率样本占比超过了70%，而Etisalat的高速率样本占比则小于55%，这就是Etisalat排名低的主要原因。

进一步分析得知，高速率样本偏低的原因是室内外覆盖不足，引起手机在2G/3G/4G间频繁切换，这显然抑制了高速率用户的样本数。所以，提升高速率样本比例成为解决问题的关键，Etisalat为此制定了4个方面的方案：（1）用户迁



移：将用户从2G迁移到3G、从3G迁移到4G；（2）支持用户自助开户，进而提升4G用户的样本数；（3）采用精准LTE-CA，提升高速率样本数量；（4）增加2T2R站点数，完善室内覆盖。

通过一系列举措，短短3个月时间就到达了预期效果，Etisalat的Ookla排名提升到了第1位。

新问题，排名高不等于体验优

Etisalat的Ookla排名达到了第1位，网络的上下行速率也大幅提升，可以满足1080p视频的速率要求，因此，Etisalat认为全网应该可以很好地支持1080p视频业务了。然而事与愿违，网络不仅不能支持随时随地的1080p视频业务，而且通过与竞争对手对比发现，即使排名第1，网络在播放视频时的各项指标，包括视频播放的时延和吞吐率等居然不及竞争对手。

原因是什么？通过与设备商不断交流，Etisalat发现KPI好不等于用户体验好。例如，当用户正在LTE网络上观看1080p视频时，由于网络参数的设置，

用户可能会突然回落到3G网络，这样的参数设置对于KPI来说非常合理，可以很好地保障KPI指标，但对于视频用户的体验而言则是非常糟糕的。

新方案，vMOS大幅提升视频体验

随后，Etisalat进一步引入了华为基于移动视频体验的vMOS概念和vMOS端到端解决方案，并在Dubai Mall区域进行了vMOS方案的端到端实施。

vMOS是专门用来衡量视频用户体验的一个标准，取值从0分到5分，分数越高说明视频体验越好。vMOS解决方案同时也是一个基于用户体验的Video Coverage方法论，其核心是围绕vMOS指标的网络评估、根因分析和网络优化。

vMOS解决方案首先将Dubai Mall区域的网络切成50米×50米的栅格，发现在CBD和居民区存在一些vMOS值偏低的栅格，主要由3类原因造成：接入用户多、干扰大和覆盖弱。然后根据栅格图有的放矢地采取载波扩容、增加站点和抗干扰等手段，将95%栅格的vMOS值都提升到了目标范围，从而提升了整个

区域网络的视频体验。

由于高清视频业务是当前对移动网络要求最高的业务，因此随着网络中视频体验的提升，其它业务的体验也大幅提升。这极大地刺激了Etisalat网络发展，短短几个月，效果超乎预期——Dubai Mall区域的流量提升了38%，MBB用户增加了62%；而在未使用vMOS的区域，网络的流量和MBB用户都没有明显增长。这有力地证明了用户体验的提升促使了流量和用户数的大幅提升。

总结，体验经济体验至上

随着体验经济时代的到来，移动网络的建设围绕用户的体验是大势所趋。将来，随着用户体验要求的不断增长，除了视频业务之外，各种新的业务也将不断涌现，例如虚拟现实（VR）和全息影像等业务。这些业务对网络有着不同和更高的要求，对于运营商而言，网络在任何时刻都是用户体验保障的基础，如何保障端到端网络体验是一个巨大的挑战。Etisalat会不断努力，全力满足终端用户对体验的无止境追求。□

WTTx

为斯里兰卡插上腾飞的翅膀

WTTx的部署拉近了斯里兰卡与世界的距离，为斯里兰卡人民带来了宽带的曙光，也提升了斯里兰卡企业的发展效率，使其走上了发展的快车道。

文/李全玲 徐长青



斯里兰卡，位于印度次大陆南端，以其浑然天成的自然美景、淳朴热情的民风而闻名于世，被誉为“印度洋上的珍珠”。斯里兰卡人口约2000万，虽然是发展中国家，但国民受教育的比例比较高，早期由于内战原因，国家基础设施发展水平整体比较落后，战后的斯里兰卡积极进行经济建设，尤其重视ICT的发展，提出了National Broadband Policy和e-Sri

Lanka 战略。

今天，随着通信技术日新月异的进步，网络和社交媒体已经给人们的生活带来了极大的便利。与此同时，斯里兰卡城市化程度依然比较低，80%的人口主要分布在农村，人口密度相对较低，致使固定宽带覆盖成本较高，全国的宽带渗透率仅为2.0%，远远低于9.3%的全球固定宽带平均渗透率，很多人被排除在外无法享受数字红利；尤其是中小

企业（SME）用户，这类用户对宽带的诉求高，但基于3G的宽带技术由于速率较低无法满足企业用户诉求，影响企业的发展效率。对斯里兰卡政府和电信企业来说，发展家庭/SME宽带，消除数字鸿沟成为当务之急。

部署WTTx，消除数字鸿沟

斯里兰卡移动通信市场发展相对成

熟, 国内一共有5大移动运营商为当地居民提供移动通信服务, 市场竞争激烈。即便是斯里兰卡第一大移动运营商Dialog, 也面临着移动市场获利空间有限的现状, 如何应对竞争、如何找到可持续的盈利方式是摆在所有运营商眼前的一道难题。

Dialog充分认识到无线宽带的优势, 自2010年开始就推出了基于WiMAX的无线宽带接入业务, 解决了部分家庭用户的宽带诉求。几年来, 伴随着TD-LTE产业链的快速成熟, 对新技术一贯敏感的Dialog认识到WiMAX未来向LTE的演进策略和TDD频谱的价值, 于2012年大手笔收购SkyTV获取了75MHz的TDD 2.3GHz频谱, 并与华为合作于2013年率先在全国推出了基于TD-LTE的家庭宽带服务, 这种解决方案称为WTTx, 是一种无线宽带接入解决方案。WTTx具有建网成本低、部署节奏快的特点, 运营商通过将CPE设备租赁给用户, 可减少宽带服务初始费用并将低宽带服务门槛, 相比固定宽带的高额初始部署成本和设备使用费, WTTx竞争优势明显。

Dialog WTTx运营策略

作为移动运营商, Dialog在发展宽带业务时首先对市场进行了详细的分析和研究, 明确了在哪里发展WTTx业务、发展哪些用户, 以及如何提供优质服务等几大关键策略。通过对斯里兰卡的宽带市场、人口分布、人均收入和流量分布等进行详细调研, 挑选出包括首都科隆坡和加勒、加姆伯哈等Top10区域, 在这些区域快速部署网络, 推出WTTx服务, 解决了“在哪里发展WTTx业务”的问题。

在“发展哪些用户”这一问题上, Dialog也有独特的策略:

首先, 利用无线宽带的快速部署,

通过buy & plug & play、运营商补贴, 以及租赁CPE给用户降低宽带设备初始费用等措施, 快速发展当前没有固定宽带覆盖的用户。

其次, 提供灵活的资费套餐服务不同的受众用户, 例如含语音套餐的资费就比无语音套餐的资费高出30%; 同时, 通过差异化QoS策略发展高ARPU用户和SME用户, 例如对于中小商务客户, 提供企业级解决方案, 包含语音、VPN和可供多人上网的宽带接入套餐, 资费则是普通家庭用户的6倍。

第三, 通过预付费方式发展用户, 提供CPE和设备绑定、TV和宽带服务绑定, 以及WiFi和无线宽带服务绑定等策略, 提升用户黏性, 降低用户流失率。

第四, 提供基于无线宽带的一些创新业务, 例如Video App等。

第五, 在客户中心建立体验区, 让客户能直接体验无线宽带的便捷服务。

通过这一系列措施, Dialog的宽带用户发展迅速。此外, Dialog还不遗余力地部署新技术, 包括8T8R RRU、室内室外CPE, 以及4×4MIMO+CA等, 通过这些创新的软硬件技术为最终用户提供良好的宽带体验。

WTTx的部署拉近了斯里兰卡与世界的距离, 为斯里兰卡人民带来了宽带的曙光, 也提升了斯里兰卡企业的发展效率, 使其走上了发展的快车道。

锁定WBB市场领导者地位

Dialog在2013年就率先部署了WTTx网络, 迅速解决了部分中小企业和家庭用户的宽带需求。短短两年时间, Dialog WTTx用户数迅速突破10万, 发展势头良好。同时, 为了应对迅速增长的数据流量挑战, Dialog在2015年也启动了2CC CA的部署, 截止到2015年底, 其宽带用户数已迅速增长到30万, 移动宽

带市场的份额也提升了10%。

纵观过去, 华为助力Dialog在WBB领域一路领先, 持续收获商业成功; 面向未来, 随着智能手机和高清电视的普及, 移动宽带和家庭宽带的网络流量正在以惊人的速度增长。2016年, Dialog联合华为启动了4.5G (TDD+) 实验局, 期望通过新技术的引入给消费者带来最快、最好的用户体验。华为和Dialog的合作一年上一个新台阶, 以商业成功为牵引, 联合打造了WTTx最佳商业典范。Dialog部署的WTTx是斯里兰卡宽带建设的标志性工程, 成为斯里兰卡政府实现其国家宽带计划的里程碑项目。

持续演进助力Dialog持续领先

2016年4月4日, 华为与Dialog在科伦坡签署了4.5G (TDD+) 合作备忘录, 携手启动4.5G (TDD+) 技术验证, 加速其商用进程。在刚刚结束的2016年MWC大会上, 高通已经发布了支持1Gb/s的4.5G芯片, 华为将很快推出使用配套芯片的CPE设备, 也将会提供1Gb/s的峰值速率, 用户在使用网络观看高清视频及体验VR时, 将会享受无需等待的极致体验。相信4.5G (TDD+) 技术的大规模商用将会助力WTTx持续向更高容量和更好体验演进。

现在, WTTx正在为斯里兰卡超过30万用户提供无线宽带接入服务, 让民众充分享受移动互联网为生活带来的便利; 充分发挥WTTx的技术优势, 使之与有线宽带互为补充, 必将会有力推动e-Sri Lanka策略的实施。Connecting the Unconnected是WTTx的使命, 未来, WTTx将为更多的家庭带来宽带接入服务, 为斯里兰卡的经济发展插上腾飞的翅膀。■

敏捷建站 加速释放MBB增长新空间

未来5年全球站点数量将翻番，华为面向MBB2020的GigaRadio和Agile Site创新站点解决方案，可适应多场景环境、简化站址获取并实现快速部署，显著改善整站投资与ROI回收。

文/陈辉 漆佑军

随着科技向前发展，生活变得更加智能，人与物之间的联接也变得更加和谐与便利。为了更加贴近移动用户“人与物”的联接，运营商需要大量新建站点来完善其网络覆盖和

满足 MBB 持续的容量增长；尤其是当前全球的移动站点密度很不均衡，亚非拉等人口密集区域的人均站点数量远低于全球平均水平，随着全球 MBB 的爆发式发展，预计 5 年内全球站点数量将总体翻番。

站点加密，运营商的阿喀琉斯之踵

移动网络的完善和优化需要新的站址，然而城市空间资源日渐稀缺，



站址需求与空间的矛盾日益激化；此外，民众对移动基站信号辐射的过度担忧，以及市政部门站点审批手续和流程的繁琐，均增加了新建站点的难度。不仅如此，由于传统站点设备在环境融合方面欠缺考虑，在日益注重环保美观的城市理念下渐显突兀，使得运营商的现有站点也面临守卫之战。据统计，目前全球站点流失率在5~7%之间，让运营商的站点加密形式更显严峻。

随着移动网络日趋完善，运营商在不断努力扩建站点的同时，站点建设的投资支出与运营商的收入不成正比。站点的能耗、租赁、运维和服务费用均在持续增加，运营商对快速投资收益和绿色节能也有着更加强烈的诉求。

敏捷建站，站点加密不再痛

面向MBB2020，华为发布了GigaRadio和Agile Site敏捷建站解决方案，结合运营商看网分析，提供端到端的创新站点解决方案，以简化站址获取、适配多场景环境，进而改善整站投资与ROI回收，帮助运营商解决加密痛点，建设面向MBB2020的移动通信网络。

基于华为与顶尖运营商的联合创新和全球应用经验，可以从3个方面突破解决站点加密的难题。首先，结合无线看网与建站规划激活现有站址资源，扩大部分站址能力。敏捷建站主张首先充分利用现网的站址和抱杆资源，提升建网拓扑结构（超级宏多扇区/汇聚站+拉远简易站），简化站点和传输，进一步扩大覆盖和容量；其次，利用新方案、新模式创新来获取并储备站址资源，对于城市公共设施例如路灯杆和公交车站等，可以基于工业设计的美化站点和创新灯杆站方案，采用智慧站点SAN（Smart site Access Node）来使能跨行业的站点共享与增值，从而获取批量站址，加速站点加密进程；第三，对于识别出的价值区域和室内流量热点，敏捷加站可以提供室外微站和室内创新Small Cell，帮助运营商迅速占领价值高地，提升投资收益比。

精简站点、0站址，空间不再是瓶颈

汇聚站可以简化站点的结构，而Blade Site则

可以在室外通过刀片叠加建站，两者都有助于摆脱站点空间束缚。

汇聚站Lite Site/Hub：其采用1带n方式，可以让简易站点更加精简；同时还能降低市电/传输的获取时间和成本，让站点的设计、规划和部署更加敏捷。汇聚站可分为两种，其一是传输和供电电汇聚站，可充分利用存量杆和现有市政管道及走线，采用BBU/Power/Battery集中+Easy Macro/RRU拉远，让末端站点更加精简，适合于市电和传输难以解决而市政管道或架空走线可用的场景；其二是传输汇聚站，可充分利用存量杆，采用AirHub RRN和RLN一对多传输解决方案+Easy Macro/RRU末端站点本地供电，适用于拉线回传和供电困难的场景。

刀片简易站Blade Site：GigaRadio提供了完善的Blade Site站点解决方案，包含全刀片系列化的室外BBU、BBU、电池、传输微波和AirHub等，支持模块在室外抱杆灵活组合和无缝拼装，使基站的安装像拼装乐高积木一样简单便捷。建站只需要一根抱杆，实现了机房0站址。除满足常规宏站场景外，Blade Site还为线性覆盖场景（高速/高铁）和乡村广覆盖场景提供最简站点方案。

站点美化、形态创新，基站也是艺术

集成电路的飞速发展使得通信设备越来越小型化，因而在设备外形的设计中贯彻工业美学也成为了可能。敏捷站点解决方案通过对站点的伪装和美化设计，使之更好地与城市环境融于一体；而与市政基础设施的联合设计则开辟了站点获取的另一蹊径。

轻量级街边简易站EasyMacro：密集城区/居民区需要大量“轻量级”站点，其介于宏站层和Small Cell层之间，即“网络中间层”（预计占比20%），可以快速部署以补充网络覆盖和容量。EasyMacro融合了超宽带射频和天线，具有集成度高和天然美化的优点，与环境融于一体，大大降低了站址获取难度。

联合创新的灯杆站：灯杆简易站/一体化杆站是针对城区热点区域获取常规站址极其困难的场景，通过产业链开放合作来批量获取站点，例如

价值区域历来是移动运营商的“兵家必争之地”。敏捷站点可以提供室内/室外全方位价值覆盖方案，助运营商占领流量高地，保证站点投资的快速回收。



与当地的市政、电力等部门或者运营商进行合作，获取站址并利用旧或改造现有基础设施，采用灯杆与站点融合设计，使得设备部件和线缆不可视，可实现全室外自然散热。目前在阿联酋、埃及、南非和中国等国家，已通过运营商和政府相关部门合作，利用灯杆站快速部署基站，同时结合最新的站点平台IoT开放技术，与智慧城市统一规划，实现了站点价值的最大化。

环境友好站点：环境友好的美化/伪装站点可以针对现有城区的屋顶、街边和居民区/景区提供定制适配件，使站点更好地与周围场景融合，降低视觉污染，让基站环境更加和谐。目前，全球多数国家在城区采用各种形式的伪装站点的数量占比已达到20~30%，有效降低了站址获取难度和站点流失率。

热点补充、价值覆盖，让钱来得更快

价值区域历来是移动运营商的“兵家必争之地”。敏捷站点可以提供室内/室外全方位价值覆盖方案，助运营商占领流量高地，保证站点投资

的快速回收。

室外微站Micro：对于城区热点的深度覆盖需求，需要一个更轻量化的“Micro层”，从最初单模小功率（<1W）到现在多模多频不同功率（1W~10W），Micro广泛适用于CBD/居民区等各种选址困难或宏站难以覆盖的场景，例如室外电灯杆、车站、广告牌和电话亭等，预计到2020年，Micro站点的占比将达到20%。室外微站Micro采用模块化设计，支持自开站和自部署，具备分布式MIMO、256QAM和LAA等特性，可实现4.5G时代1Gb/s峰值速率。

流量高地Small Cell：在海量的室内高流量热点区域，MBB流量长期被抑制，Small Cell室内数字化解决方案恰逢其时，其室内RRU/Lampsite和Pico方案可广泛适用于机场、体育馆、商务楼宇、地铁、校园和居民小区等场景。实现多频多模平滑扩容和单小区容量的弹性化（快速小区分裂扩容，可根据话务变化自动调整容量），其工程安装灵活方便，且末端射频覆盖点可视、网管平台可直接监控。

构建绿色节能MBB

在全人类都面临着环境危机和能源挑战的背景下，无线网络技术的发展被赋予了更多的社会责任。咨询公司的研究报告表明，移动通信业已经成为能源消耗和二氧化碳排放的双料“大户”。一般来说，基站设备和空调设备的能耗占移动接入网整体能耗的90%以上，数量巨大的基站让运营商承担了沉重的用电费用，也使运营商背负了节能减排、保护环境的社会压力。

华为一直致力于采用各种创新技术来降低通信系统的能耗，充分挖掘各环节的节能潜力，形成了一系列效果明显的节能措施。从实现方式来看，主要包括：采用新技术和新材料提升基站能源效率、改造老旧设备降低能源浪费、引入新能源，以及对现网设备进行精细化管理等等，通过整体提升设备效能，降低运营维护支出，来构建绿色节能的MBB网络。

持续提升基站能效：通过采用DPD和Doherty高效功放、新材料/芯片、烟囱原理和仿生齿散热，可以将基站功放从19%提升到55%；而分布式基站使射频更靠近天线，从而可以节省3dB的馈线损耗，使得20W功率即可实现传统40W性能；同时，Blade Site的室外模块化拼装和自然散热，可以省去空调和机房，降低制冷的需求。对比传统2G S4/4/4站型的3000W能耗，SingleRAN多模站点在容量和联接能力提升了几十倍的情况下能耗却降低到了1600W以下。

最大化站点能源效率：现网机房中存在着大量的老旧电源、空调和供备电设备，通过引入高效模块（96~98%）替代老旧模块（80%），可减少能源浪费，降低OPEX。例如在英国BT的模块改造项目中，通过对现

网10000个机房、30000套老旧模块的替换，为客户节省了运营成本2200万欧元/年。

混和新能源：通过对高能耗站点引入多能源调度，可将站点级能效提升到94%，并简化电力获取。在市电较差或不稳定区域，混和供电可降低能耗50~70%，而在市电较好或电价较高区域，采用站点电源叠光也可以降低OPEX。例如在巴基斯坦的项目中，通过采用低能耗基站、高效电源/制冷和混和供电，5年内共帮助客户降低了80%的OPEX和56%的TCO。

能源可视化管理：据统计，90%的站点故障来自于供电/传输环节。当故障发生时，需要精准定位和及时恢复能力，而能源可视化管理可提供端到端的站点能源可视可管，包括基站、供备电、空调和太阳能等；同时，其还可以及时定位故障，并提供能耗分布和供应报告，实现能源的精细化管理。

加速释放MBB增长新空间

构建离人/物更近且能力更大的站点、联接还未联接的40亿MBB联接、拥抱20倍容量的增长，是MBB2020的未来愿景。而站点作为移动运营商的宝贵资产，是撬动网络容量倍增的支点，也是未来走向MBB2020的基石。华为敏捷建站解决方案通过Blade Site、Easy Macro、Micro Site等一系列创新产品，以及与运营商联合创新的灯杆站方案，可以简化建站流程，美化基站环境，降低网络TCO，从而帮助运营商快速实现站点加密，提升移动网络的覆盖和容量，释放MBB的增长新空间，更好地迎接MBB2020的到来。[4]

华为一直致力于通过创新技术降低通信系统能耗，充分挖掘各环节的节能潜力，形成了一系列效果明显的节能措施，包括采用新技术和新材料提升基站能源效率、改造老旧设备降低能源浪费、引入新能源，以及对现网设备进行精细化管理等等。

天馈现代化 超越天面藩篱，释放MBB潜能

通过多频天线整合天面、劈裂天线“以一当多”和智能化管理等一系列组合拳，天馈现代化突破天面瓶颈，实现了天面资产价值的最大化，提升了MBB网络发展的核心竞争力。

文/蒋丹

2G/3G时代，天馈系统多采用单频和双频天线简单叠加的方式，是整个无线网络部署中“微不足道”的一环。随着MBB网络的发展，新频部署、Beamforming技术应用和Massive-MIMO演进等突显出天馈系统越来越重要；与此同时，站点获取难导致天面“圈地运动”愈演愈烈，天馈系统成为MBB网络发展的“制高点”。抢占该“制高点”，天馈系统现代化改造成为不二选择。通过多频天线整合天面、劈裂天线“以一当多”和智能化管理等一系列组合拳，天馈现代化突破天面瓶颈，实现了天面资产价值的最大化，提升了MBB网络发展的核心竞争力。

MBB网络发展：驱动天馈系统成为“制高点”

众所周知，更多频谱、更高频谱效率和频谱复用是MBB网络容量提升的3个方向，这其中新频谱需要新天线的支持，MIMO和多扇区部署需要天线提供多端口，而Beamforming和massive-MIMO技术的应用中天线技术是关键，由此天馈系统成为了MBB网络的关键网

元之一。

天馈系统的重要性逐步提升的同时，其部署却在MBB时代面临巨大挑战——居民对天线部署越来越敏感等原因导致站点资源的获取越来越困难，而现有天面空间有限，单频和双频天线简单叠加的部署方式不能满足网络部署的需要。以欧洲新增频段部署为例，GU网络发展10余年也只有900MHz、1800MHz和2100MHz这3个频段，一面单频天线加一面双频天线共6个天线端口就能满足需求；而LTE网络短短几年间就部署了800MHz、1800MHz和2600MHz频段，未来1~2年还可能部署700MHz和L band，天线端口数至少要增加3倍。如果仍采用部署单/双频天线的方式支持上述新频谱，有限的天面肯定难以支持这么多根天线的部署，而在此基础上想要进一步支持4T4R、Beamforming和massive-MIMO等4.5G/5G演进需求则更是缘木求鱼。

天面“供需”的不平衡将使得天馈系统制约MBB网络的发展，获取更多天面资源和最大化天面利用率成为MBB网络发展的关键一环，天馈现代化改造则是达成这一目标的必选解决方案。

多频一次部署：未雨绸缪，“快人一步”

多频天线是天面整合的关键手段，已被全球运营商广泛采用。ABI发布的研究报告表明：多频天线的应用比例正逐年提升，预计2016年将达到50%。MBB网络的演进将驱动12端口、14端口甚至更多端口的多频天线部署。

那么，采用多频天线进行天面整合是否有方法论？答案是——有。例如K国Z运营商已部署G900、U2100和L1800频段，需新部署L800频段。现网每扇区只能部署两面天线：G900和L1800一面，U2100一面，常规方案是替换其中一面天线来支持L800，但Z运营商没有这样做，而是使用一面6频天线替换了现网的单频和双频天线。Z运营商的考虑是这样可以为未来FDD LTE2600 4T4R部署预留4个天线端口，同时也为未来LTE700和TDD LTE2600天线预留天面空间，避免3~5年内因新频和MIMO演进进行多次天线替换，网络部署“快人一步”，提升了网络竞争力。

基于未来MBB目标网进行天线演进规划，根据规划结果选取合适的多频天

线，一次部署满足未来3~5年网络演进需求，是多频天线天面整合的“方法论”。无论是预留天线端口还是预留天面空间，可充分考虑天面资产利用率，确保其价值最大化，并具备面向未来演进的能力。

多波束劈裂天线：打造与F1赛车一样的极致体验

“2016年一级方程式（F1）赛车海湾航空巴林大奖赛”于2016年5月举行。据以往经验，F1赛事期间人流密集，将形成超高峰值话务流量。如何保障MBB用户能够享受到如F1赛车“风驰电掣”的感觉一样的极致体验？VIVA巴林首席执行官Eng.Ulaiyan Al Wetaid说：“VIVA以提供巴林最快的4G网络为中心。正如此次成功部署的创新解决方案，无需增加新站点，环保高效提升网络性能。”这里的创新解决方案是华为9扇区解决方案，部署在巴林话务热点区域，突破这些区域无法新建站点的限制，提升VIVA网络容量至普通3扇站点的2.7倍左右，打造了与F1赛车一样极致的MBB体验。

无需新增站点、无需新增频谱——多扇区被认为是存量网络容量提升的可行解决方案，但却一直未能得到大规模部署，究其原因，主要在于劈裂后扇区间干扰严重，容量提升不如预期。但多波束劈裂天线通过创新结构设计在很大程度上降低了扇区间干扰，网络容量得到大幅提升，其中双波束劈裂天线容量提升可达1.7倍，三波束劈裂天线容量提升2.2~2.7倍左右，而未来立体波束劈裂天线容量则可提升达4倍！

不仅如此，多波束劈裂天线还衍生出同时支持3扇区和多扇区组网的混合多波束劈裂天线，每扇区部署一面混合多波束劈裂天线，即可满足GSM、UMTS和LTE异构组网需求，天面整合与容量提升一箭双雕，完美匹配多扇区部署需求。

自2014年首款劈裂天线问世，便迅速催化了全球多扇区解决方案的规模应用，一年时间全球新增多扇区站点35000个。现在，越来越多的运营商选择了多扇区进行存量网络扩容，而这其中，多波束劈裂天线功不可没。

天馈系统智能化：运筹帷幄，决胜千里之外

2014年华为与中国移动携手研发的“EasyBeam解决方案”获得天线业界第一个GTB大奖，2015年华为与中国电信联合推出的“Self-aware Antenna解决方案”再次斩获GTB大奖。EasyBeam解决方案应用于TDD系统，通过Beamforming技术实现天线水平波束宽度、水平方位角和垂直下倾角远程调整，极大提升了网规网优效率；Self-aware Antenna解决方案实现远程、实时获取天线位置信息、机械下倾角和水平方位角，提升网络维护效率的同时使得SON（自组织网络）解决方案中邻区自优化等功能更智能。这两个解决方案的“问世”共同说明——天馈系统智能化管理诉求越来越强烈。过去，大多数天馈系统以“铁疙瘩”形象存在于基站系统中，无法远程操作与维护，随着网络结构日渐复杂，上站成本居高不下，以及网规网优和网络维护效率日益低下，驱动着天馈系统不断向智能化管理发展。

多频天线各频段电下倾角远程独立调整是天馈系统智能管理的基本需求。为提升网络操作维护效率，避免多次上站，天线电下倾角倾向于选择远程管理。同时，由于各频段覆盖范围有所不同，多频天线各频段如采用相同的下倾角，会导致网络性能有一定程度上的损失，为确保网络精确覆盖和性能最优，多频天线需支持每个频段的电下倾角独立调整。

除此以外，天线信息化管理也是天馈系统智能管理的新需求。信息化管理体现在几个方面：其一，在天馈系统重要性和投资占比均在提升的情况下，有必要支持天线资产信息远程读取并纳入基站系统存量管理中；其二，网络的复杂性需要天线的工程参数（例如挂高和机械下倾角等）逐渐摒弃人工记录与维护方式，采用操作维护系统远程实时读取，提升数据的完整性和准确性；其三，未来SON解决方案与天线信息化管理相结合，站点电子地图精度由站点级细化为扇区级，使邻区自优化等功能更加完善。

天馈系统智能管理的推进，将使得整个基站系统中最后一个“黑盒”变为“白盒”，可以认为这是MBB网络发展过程的必然结果。■

天馈系统智能管理的推进，将使得整个基站系统中最后一个“黑盒”变为“白盒”，可以认为这是MBB网络发展过程的必然结果。

SON，网络自动化的中流砥柱

面向未来4.5G和5G的发展，SON正从面向网络转向面向业务，与无线网络技术协同演进，以更好地支撑新业务和新网络的创新和发展。

文/刘飞

XX 络技术发展的大潮奔流不息，6扇区、CA、VoLTE 和 NB-IoT 等一片热火朝天，共同推动着 MBB 产业蓬勃发展；同时，用户体验的需求却永无止境，网络质量成为支撑用户体验最基本的保障。那么，如何使有限的运维人力能支撑快速进化中的产业、技术和用户体验？SON 网络自动化成为当前最为炙手可热的答案。

从4G走向3G，SON的“凤凰涅槃”

SON起源于4G技术，成为4G网络的建设利器（通过ANR和PCI等快速配置网络参数）和持续优化的工具（通过MLB等自动优化网络的负载）。4年前，SON的理念和技术开始被引入到用户最多的3G网络，国际顶级运营商们纷纷在

其3G网络中引入SON。

以欧洲某跨国移动运营商为例。3年前，在该集团大部分子网中，3G网络依然拥有最多的用户，业务量也在持续增长。但随着4G的启动，该运营商迫切希望在长期支撑3G业务增长的前提下，能够减少对3G的投入，SON成为其最佳选择。于是联合华为在西班牙进行了UMTS SON的验证，并由于效果显著最



终将其复制到各地子网中。

在验证区域中，1个RNC在使用华为SON前后的网络性能长期走势很好地证明了效果。在一年半的时间内，3G语音话务量增长约30~40%，通常话务量的上涨会引起指标的恶化（例如更多的掉话），但由于SON的引入，网络KPI（掉话率）不增反降，特别是刚引入SON的前3个月掉话率明显下降，其中发挥了主要作用的特性包括ANR（邻区优化）、PSC（ID优化）和CCO（容量覆盖优化）等。

在部署SON时，业界通常的方案是引入一个集中的SON网络节点（C-SON）来管理RAN。而华为创新提出了SingleSON方案，充分发挥上（C-SON）-下（D-SON和网络特性）协

同优势，通过华为SingleSON配华为网络得到了最好的网络性能。上述案例就证明了其效果。另一个典型的例证是智能干扰管理，干扰尤其是偶然的干扰问题常常很难检测其发生在什么时间和什么频率，让人无从下手。华为SingleSON通过分析网络内部数据，自动绘制出“时间/频率-接收总功率”图，从中可以直观地发现干扰问题，如果干扰来自内部，尤其是容量问题，则可以自动优化网络解决干扰。

荣归4G，SON王者归来

当前，4G网络已逐步成为主流。截止到2016年4月，中国移动的4G用户数接近4亿。新的增强的SON能否更好地服务于4G成为焦点。在3G网络中，集中式SON（C-SON，集中的网络节点提供SON能力）得到了充分的研究和应用，再回到4G反哺传统的分布式SON（D-SON，分布在基站等网络节点中的SON能力），之前无法实现的容量覆盖优化，在引入C-SON之后成为了现实，很好地助力了4G网络的建设和维护。

在此背景下，中国某运营商与华为在杭州联合测试了C-SON和D-SON协同方案，重点验证了C-SON的CCO特性，对大约1000个小区进行了自动的容量覆盖优化。对比优化前后的指标（平均一天一小区的流量和接入失败率）可以发现效果明显——流量上涨7%，接入失败减少一半，其中流量的上涨剔除了4G业务自然发展的因素（测试历时短，同时对比了未使用SON区域的自然发展导致的流量变化）。其价值逻辑在于“覆盖被优化→接入失败减少，同时速率体验提升→流量增长”。因此，在4G网络建设和运营初期，C-SON具有显著的意义，可帮助优化网络覆盖，提升用户体

在3G网络中得到充分研究和应用的集中式SON（C-SON），反哺4G后，使之前无法实现的容量覆盖优化成为现实，很好助力了4G网络的建设和维护。



西班牙的成功应用和杭州的测试结果无不证明了华为 SingleSON 的价值：不仅仅是网络和业务的使能者，更是价值创造者——维护最优的业务质量，促进业务量的增长。

验，增加流量。

由于华为对网络实现有着更充分的理解，因此 SingleSON 在华为网络上更能展示其精湛的技术，包括深入挖掘内部数据的价值和信息、快速精准定位根因、一次性调整到位，以及最优优化效果。一个典型的案例是在一个新建住宅区域附近，由于新建楼宇的遮挡，导致“阴影区域”信号质量变弱，用户速率变低。一般的 C-SON 只能发现该小区平均来看存在轻微的弱覆盖，但难以定位精准的区域，只能通过“调整-反馈”的多轮尝试达到最优效果。华为 SingleSON 则可以充分分析 MR（测量报告）数据，精准发现问题区域，并预测调整建议的效果，从所有的调整选项中比较出最优项，最终实现一击即中——一次执行获得最优效果。

在杭州的联合创新中，大量的测试数据和个案充分证明了 C-SON 对 4G 网络的价值——不仅仅是 4G 网络的使能者（快速优化覆盖），更刺激了流量增长，成为无线价值创造者。

面向未来，SON 与 MBB 同在

4G 大潮未落，4.5G 和 5G 又风起云涌。语音和视频等传统业务的用户体验标准不断提升，智能抄表和智能跟踪等新业务破茧待飞，5G 之后成百上千的新业务将蓬勃发展。那么如何评估新业务的业务质量、如何快速发布新业务、如何长期呵护业务质量成为一系列关键挑战，需要 SON 协同演进以支撑无线网络新业务的崛起。

Service SON 使能无线新业务

传统的 SON 以网络质量为驱动快速优化网络质量以使能网络。未来 Service SON 需要从业务质量出发，将业务质量问题自动关联到网络问题，优化网络从而优化业务质量。例如 VoLTE 自优化，使用 MOS 来衡量语音业务的质量，如果某区域 MOS 指标低于基线，那么 SON 自动分析网络原因，优化后再检查 MOS 以确认优化效果。同样的工作原理，高清视频基于 U-vMOS 来优化网络，而智能抄表则基于业务数据上报成功率来优化网络等等。

Service SON 在新业务发布/工程部署场景下，通过大规模批量优化网络来助力业务质量快速达标，从而大幅度提升交付效率；而在维护场景下，则通过 7×24 小时的长期监测和优化，保障业务质量维持在最优水平。

大数据理念的应用，预测不确定


SON 需要监控突发话务量（未知大事件）以快速优化，如果采取全网实时监控，则系统资源将无法承受。因此，需要 SON 能预测未知大事件，针对可能出现未知大事件的区域进行监控。应用大数据理念的数据分析平台可以收集和分析长期数据，通过统计分析发现其规律。例如，统计发现高速公路某段区域经常在周末傍晚发生网络拥塞（可能是该路段在车流高峰期间容易发生汽车事故，引发塞车），于是 SON 就在周末傍晚针对该区域提前监控网络质量。

机器学习，发现隐秘的未知

要充分挖掘海量数据的价值，就需要未来 SON 具备自学习能力。例如，影响 VoLTE 质量的网络因素除了覆盖之外还涉及到 40 多个网络特性和参数，考虑到不同的环境和话务模型，可能需要长期统计和分析这 40 多个特性和参数的不同设置与 VoLTE 质量的关系，即通过自学习建立“业务质量-网络设置”之间的关系模型。

共同设计，SON 与 RAN 协同发展

华为在设计新业务和新网络技术的时候，即会同步检视 SON 的需求，把 SON 作为新业务和新网络技术的一部分同步开发。这样新业务和新网络技术在大规模部署的时候，华为 SON 能在第一时间推出相关特性，用于支撑新业务的批量快速交付。因此，华为 SON 将更早、更好地匹配无线新业务和新技术。

总之，面向业务、与无线网络同步演进、基于数据分析和机器学习成为未来 SON 最典型的特征。而无论是同步演进还是数据分析，华为 SON 都具备天然的优势——更早设计、更深理解（业务、网络和数据）、更好处理（数据）。

MBB Core云化演进之路

未来MBB核心网构架的演进将分为两个阶段进行：第一阶段，网络将引入NFV和云化技术，通过软硬件分离实现现有网元软件化；第二阶段，现有的网元按照功能的颗粒度进行重新设计和构造，以支持可编程的网络建设模式。

文/王岩 尹东明



MBB核心网云化演进已成为趋势

自 2006年 Google 首先提出云计算的概念以来，经过 10 年的发展，云计算技术已经非常成熟并得到了广泛的应用。伴随着 NFV/SDN 技术的发展，电信网络的云化也越来越受到业界的关注，经过几年的摸索，现在 NFV/SDN 技术已经进入了实质性商用阶段，电信网络云化已经成为运营商网络转型的趋势，业界已经认识到，电信网络云化将带给运营商以下价值。

敏捷的业务创新

在传统电信网络软硬件一体的模式下，网络要实现新业务往往同时涉及软件和硬件的开发，也需要经过完整的软件和硬件测试，在交付建设中则需要经过长时间设备运输、硬件安装和调测，导致新业务往往需要数月甚至数年才能上线，从而错过了商业机会，也在市场竞争中落后。

通过引入NFV技术实现软件和硬件的解耦，新的业务只需要进行软件的开发和调测，交付过程也只需要进行软件安装，大大加快了新业务和新功能的开发、上线和迭代的速度，使运营商的新业务开通时间从原来的数十个月缩短到几周甚至几小时，将业务快速转变为收

入，而运营商从传统的电信运营模式向高效的互联网化模式转型也成为了可能。

自动化运维

传统设备的网络功能基于特定硬件运行，故障发生时往往需要人工干预进行修复，甚至需要及时更换硬件来排除故障。在引入虚拟化技术后，由于软件的解耦和硬件的通用化，当故障发生时，系统可以自动地将软件迁移到其它正常的硬件上运行，而故障硬件也无须即刻处理，只需隔离并等待集中处理即可，这既缩短了故障中断时间也大大提升了运维效率。

同时，在系统业务量发生变化时，也不需要像传统设备一样进行硬件扩容，系统可以自动申请更多的资源来扩大容量，或自动释放一些不需要的资源以实现资源的有效利用。随着更多新业务的使用，“快生快死”的互联网模式使得在业务上线和生命周期管理中已经不太可能进行大量的人工干预，因此，网络的自动化和智能化运维成为必然趋势。

面向下一代网络平滑演进

随着VR/AR（虚拟现实/增强现实）终端和无人机等新型电子设备的兴起，芯片、传感器、低功耗、云平台、分布式计算和大数据等技术也日渐成熟，人类社会即将迈入全联接时代。万物互联的移动信息社会将对下一代移动通信网络提出新的要求。

进入5G时代，以自动驾驶、远程医疗、虚拟现实和智能电网等为代表的新兴领域和市场将依赖于移动网络提供的通信服务，当通信行业从当前主要提供人与人之间的通信服务扩展到向大规模物联网和各垂直行业提供服务时，业务应用场景将千差万别，对网络的要求也呈现出巨大的差异化，所以在统一的物理基础设施上建设面向各类业务的差异化网络切片将是未来的建网模式。当前的网络通过NFV改造后，物理基础设施部分在未来是可以重用的，只要软件功能部分进行重构就可以实现网络切片，这样将使网络的演进更加平滑。

MBB核心网云化演进的节奏

MBB核心网构架的两阶段演进

考虑到技术和标准的逐步成熟以及新业务的逐步普及，未来网络构架的演进将分为两个阶段进行：在第一阶段，网络将引入NFV和云化技术，通过软硬件分离将现有网元实现软件化，并运行在通用硬件上，实现基础设施的通用化改造以及资源的弹性和业务的灵活性，为进一步网络功能的重构奠定基础；在第二阶段，现有的网元例如SGSN、GGSN、MME和P/S GW等将会按照功能的

颗粒度来进行重新设计和构造，以支持可编程的网络建设模式。

Cloudification阶段：MBB核心网基础构架云化改造

在演进的第一阶段，网络的改造首先是硬件基础设施的改造，网络将从使用传统专有硬件的建设模式转变为使用通用硬件建设，在此过程中，需要解决通用硬件带来的可靠性和性能方面的问题，以及物理网络的拓扑规划、机房和传输的改造等问题，并逐步形成NFV硬件性能的benchmark和硬件标准规范。

另一方面，NFV作为新技术和新构架也将促使人员技能和组织流程的优化与更新。虚拟化技术使得多种应用以多租户的形式运行在统一的平台上，以前按照纵向烟囱式设置的组织结构需要更多的水平拉通，一些以前需要人工处理的环节和流程也将转向自动化，所以NFV技术也将成为运营商数字化转型重要的驱动力和支撑。同时，网络将变得更开放、功能扩展更容易，这将带来很多业务和商业模式上的创新，这些创新也将为最终的目标网络做好新业务和新生态环境上的准备。

Cloud Native阶段：实现可编程的MBB核心网目标构架

在云化演进的第二阶段，云化技术将不仅应用于基础设施和网元，还将应用于网元内的功能模块，所以被称为Cloud Native。

在第二阶段的目标网络构架里，传统的网元将不再存在，取而代之的是按照服务单元和功能单元重构的模块，各模块将按照网络切片的要求生成并进行组合，此过程被称为可编程。由于经过第一阶段的改造，网络基础设施已经实现了云化和通用化，所以从第一阶段到第二阶段的演进将相对平滑，主要是功能的重构以及建网、运营和运维模式的切片化。

同时，在新业务的商业模式和生态环境上，由于第一阶段已经具备了静态切片功能，可以为一些新业务和垂直领域提供有限的切片服务，所以第二阶段的大规模、自动化切片模式已经具备了初步的商业和生态环境。

MBB核心网云化演进的关键技术

为实现目标网络的演进，系统需要具备以下关键技术。

Cloudification阶段关键技术之一：NFV与云化

在MBB网络演进的第一阶段引入了NFV技术，但通常所说的NFV技术仅能实现虚拟化功能，即实现电信设备的软硬件分离，这对于电信网络向新的基础设施架构演进是不够的。例如：网元级的虚拟化还依赖于传统电信模式下的1+1备份来提供可靠性保障，但由于硬件的可靠性已经降低，在此模式下将无法达到电信级的可靠性保障。所以网络仅仅虚拟化是不够的，还需要在网元级别引入云化技术，将网元中记录用户信息的有状态部分进行分布式的多份备份，以确保可靠性；而将无状态的计算处理部分减少备份，甚至不进行备份，以提高资源效率。通过网元的云化，系统将在3个9的硬件上实现5个9的可靠性，同时网络资源的使用也将更加弹性和高效。

Cloudification阶段关键技术之二：网关用户面和控制面的分离

网关用户面和控制面分离（CU分离）通过剥离网关复杂的控制逻辑，将其功能保留在集中化的传统网关或集成到融合的控制面，不仅可以有效降低网关分布式部署所带来的成本压力，同时也可以化解信令路由迂回和接口负担等问题。

网关CU分离首先要做到功能轻量化，剥离复杂的控制逻辑功能；其次要对保留的核心基本功能进行建模，定义出通用转发面模型和对象化的接口，以实现转发面的可编程，支持良好的扩展性；最

后，在复杂业务功能被剥离的基础上，实现配置轻量化，支持一键式部署。

Cloud Native阶段关键技术之一：控制面SOA化重构

控制面重构将重新定义控制面的网络功能，以实现网络功能模块化，然后通过网络功能的按需配置和定制满足网络切片的多样化需求；同时由于模块化之后网络功能之间是去耦合的，可以独立演进和更新，从而缩短了新业务的上线时间。例如，核心网的控制面功能可以重构为用户数据管理、鉴权与安全、策略、会话管理、与RAT相关的移动管理功能、小数据传输、近距离通信，以及MBMS等多个功能模块，这些网络功能可以根据运营商网络支持的应用场景按需配置和部署。

控制面重构的关键技术包括控制面功能的整合与解耦，以及网络数据的融合与网络功能的治理（NF Repository Function）。其中网络功能的治理就是将重构过的控制面各功能模块挂接在SOA总线上，进行网络功能的注册、相互发现和状态检测等，通过网络功能的实时在线治理，实现网络功能之间的互联、网络功能的灵活部署和可靠运行。

Cloud Native阶段关键技术之二：用户面面向可编程模型重构

之前用户面的功能定义、处理的报文格式以及拓扑关系都是经过较长时间的标准化明确定义的，无法根据需求变化实现灵活的定制。网关实现CU分离后，使得用户面可以由严格定义的封闭系统变得更加灵活和开放。通过对用户面进行重新建模，将用户面的各项功能进一步分解和抽象为设备、链路、用户、承载、会话、流和策略等不同级别的实体对象，使得控制面可以通过可编程接口指示用户面创建、更新和删除相

关的实体对象，并且根据用户签约数据和业务策略等为实体对象赋予相关的策略对象，编排实体对象之间的顺序，从而达到对该用户业务数据的控制。用户面借鉴对象化建模思想，通过编排实体对象和策略对象之间的关系使用户面具备高度灵活的可编程性，满足不同网络切片中多样化的业务需求，并大幅减少新业务上线的TTM时间。

在IT领域，类似的可编程模型被用于路由控制方面，例如采用OpenFlow的SDN模型集中控制数据流的路由，但由于电信业务需要基于用户数据业务进行动态策略控制，所以OpenFlow模型并不适合MBB核心网的目标构架，而需要根据电信业务的策略特征和对象特征来重新建模，通过将控制面和用户面控制功能相结合的模式实现用户面的可编程。

云化助力运营商构建未来竞争力

作为MBB网络演进第一阶段的解决方案，华为的CloudEdge率先实现了云化构架，帮助运营商构建高效、高可靠的MBB网络，并通过开放性设计和提供系列工具支持运营商快速、可靠的商用能力。截止到2015年Q4，华为CloudEdge解决方案已经完成了包括VDF、DT、FT、TEF和AM等大T在内超过50家运营商网络云化改造的PoC测试和预商用，并已经签署了18个商业合同，建成了欧洲第一个基于NFV的CloudEPC网络，在印尼建成了业界最大容量的CloudEPC网络，在MBB网络云化建设上积累了丰富的经验。

同时，华为也在积极推动产业和标准的成熟，在全球已经建立了3个OpenLab实验室，华为会继续加大投入，与业界一起构建一个面向未来网络架构的更加健康的生态系统。☑

探秘5G新空口技术

F-OFDM是实现统一空口的基础波形，结合灵活的Numerology以实现空口切片。SCMA和Polar Code在F-OFDM的基础上，进一步提升了连接数、可靠性和频谱效率。这3大物理层关键技术成为构建华为5G新空口理念的基石。

文/张东

长江后浪推前浪，4G建设方兴未艾，5G的讨论已如火如荼。其中，空口技术作为移动通信王冠上的明珠，是每一代移动通信区别的最显著标志，也是“百花齐放、百家争鸣”演绎得最淋漓尽致的领域。随着3GPP 5G标准的启动，5G的天空已逐渐云开雾散，候选技术的璀璨

星光已经让我们目眩神迷，而华为提出的5G系列化新空口技术，无疑是最闪亮的几颗星星。

5G空口设计需求与挑战

需求定义如同灯塔，牵引着5G的研究目标和方向。ITU-R已于2015年6月定

义了未来5G的3大类应用场景，分别是增强型移动互联网业务eMBB (Enhanced Mobile Broadband)、海量连接的物联网业务mMTC (Massive Machine Type Communication) 和超高可靠性与超低时延业务uRLLC (Ultra Reliable & Low Latency Communication)，并从吞吐率、时延、连接密度和频谱效率提升等



8个维度定义了对5G网络的能力要求。

结合业界近年来对5G应用场景的讨论可以看出，未来5G业务将呈现3个特点，而这3大特点也对空口设计提出了不同的要求：

多样性：4G和前代移动通信主要聚焦于人与人之间的通信，即移动互联网；而5G除了进一步增强移动互联网之外，还需要使能物联网。5G时代的业务将空前繁荣，无论是远程实时操控要求的ms级时延，VR/AR和超高清视频要求的Gb/s级带宽，亦或是每平方公里上百万连接数要求的广覆盖、低功耗物联网，对空口的设计要求差别巨大，甚至可以说是南辕北辙。目前来看，5G必须引入革命性的新空口以满足多样性的极致业务需求，这在业界已达成共识。

长尾性：5G将扩展移动通信的边界，拥抱垂直行业并成为其效率提升的

助推器。但是相比移动互联网业务，垂直行业的需求千差万别；同时，每个行业所能贡献的收入也远远低于移动互联网业务，是一个典型的长尾市场。这种长尾性决定了在空口设计时，不可能为每一类行业需求定制一个空口，而是需要在统一的空口框架下，使用不同的参数配置（Numerology）来适配长尾化的垂直行业需求，也就是空口切片的概念。

不确定性：未来总是超越我们的想象，过去太多短视的预测总是被不期而至的潮流碾压得粉碎，我们必须承认，未来的4~5年会有太多的不确定性，新的无法被预测的业务可能随着某一次技术革新而野蛮生长。德鲁克曾说过“预测未来的最好方式就是去创造它”，因此，我们既要考虑业务的驱动，又要兼顾技术的适当超前，以应对未来业务的不确定性。正如孔子所言，“取乎其上，得乎其中；取乎其中，得乎其下；取乎其下，则无所得矣”。

综上所述，为了应对未来5G业务的多样性、长尾性和不确定性，需要考虑统一的新空口，以极大的灵活性适配各类业务，并且面向未来。此外，追求更高的频谱效率始终是空口设计孜孜以求的目标，其对于降低运营商网络部署的成本以及整个产业链的成熟和繁荣都至关重要。

5G新空口关键使能技术

为了应对上述挑战，华为系统化地提出了5G新空口的理念和关键使能技术，全面覆盖基础波形、多址方式、信道编码、接入协议和帧结构等领域，并携手5G先锋运营商进行了外场验证。下层基础决定上层建筑，这在空口设计中同样适用，本文将重点探讨5G物理层设计中最关键的新波形、新多址和新编码

为了应对未来5G业务的多样性、长尾性和不确定性，需要考虑统一的新空口，以极大的灵活性适配各类业务，并且面向未来。此外，追求更高的频谱效率始终是空口设计孜孜以求的目标，其对于降低运营商网络部署的成本以及整个产业链的成熟和繁荣都至关重要。



技术。

新波形F-OFDM (Filtered OFDM)

基础波形的设计是实现统一空口的基础，同时兼顾灵活性和频谱的利用效率。温故而知新，我们先简单回顾下4G的OFDM，看看OFDM为什么满足不了5G时代的要求。OFDM将高速率数据通过串/并转换调制到相互正交的子载波上去，并引入循环前缀，较好地解决了令人头疼的码间串扰问题，在4G时代大放异彩，但OFDM最主要的问题就是不够灵活。未来，不同的应用对空口技术的要求迥异，例如毫秒级时延的车联网业务要求极短的时域Symbol和TTI，这就需要频域较宽的子载波间隔；而在物联网的多连接场景中单传感器传送的数据量极低，但对系统整体连接数的要求很高，这就需要在频域上配置比较窄的子载波间隔，而在时域上，Symbol的长度和TTI都可以足够长，几乎不需要考虑码间串扰问题，也就不需要再引入CP，同时异步操作还可以解决终端省电的问题。这些灵活的要求，对于OFDM来说是满足不了的。OFDM的时频资源分配方式在频域子载波带宽上是固定的15KHz（7.5KHz仅用于MBSFN），而子载波带宽确定之后，其时域Symbol的长度、CP长度等Numerology也就基本确定了。

如果将系统的时频资源理解成一节车厢，采用OFDM方案装修的话，火车上只能提供固定大小的硬座（子载波间隔），所有人，不管胖子瘦子、有钱没钱，都只能坐一样大小的硬座。这显然不科学也不够人性化，无法满足人民日益增长的物质文化需要。对于5G，我们希望座位和空间都能够根据乘客的高矮胖瘦灵活定制，硬座、软座、卧铺、包厢……想怎么调整都行，这才是自适应的和谐号列车。而F-OFDM正是基于这一思路。

F-OFDM能为不同业务提供不同的子载波间隔和Numerology，以满足不同业务的时频资源需求。此时不同带宽的子载波之间本身不再具备正交特性，需要引入保护带宽，例如OFDM就需要10%的保护带宽，这样一来，F-OFDM的灵活性是保证了，频谱利用率会不会降低？正所谓鱼与熊掌不可兼得，灵活性与系统开销一向是一对矛

盾。但是，F-OFDM通过优化滤波器的设计大大降低了带外泄露，不同子带之间的保护带开销可以降低至1%左右，不仅大大提升了频谱的利用效率，也为将来利用碎片化的频谱提供了可能。

总结一下，F-OFDM在继承了OFDM的全部优点（频谱利用率高、适配MIMO等）的基础上，又克服了OFDM的一些固有缺陷，进一步提升了灵活性和频谱利用效率，是实现5G空口切片的基础技术。

新多址技术SCMA (Sparse Code Multiple Access)

多址技术决定了空口资源的分配方式，也是进一步提升连接数和频谱效率的关键。通过F-OFDM已经实现了在频域和时域的资源灵活复用，并把保护带宽降到了最小，那么为了进一步压榨频谱效率，还有哪些域的资源可以复用？最容易想到的自然是空域和码域。空分复用的MIMO技术在LTE时代就提出来了，在5G时代会通过更多的天线数来进一步发扬光大。那码域呢，在LTE时代它好像被遗忘了，在5G时代能否再现辉煌？SCMA正是采用这一思路，引入稀疏码本，通过码域的多址实现了连接数的3倍提升。

如前所述，F-OFDM已经实现了火车座位（子载波）根据旅客（业务需求）进行了自适应，进一步提升频谱效率就需要在有限的座位上塞进更多用户。方法说来也简单，座位就那么多，大家挤挤呗。打个比方，4个同类型的并排座位，完全可以塞6个人进去，这样不就轻松实现了1.5倍的连接数提升了吗？听起来道理很简单，可实现起来并不简单。这就涉及SCMA的第一个关键技术低密度扩频，将单个子载波的用户数据扩频到4个子载波上，然后6个用户共享这4个子载波。之所以叫低密度扩频，是因为用户数据只占用了其中2个子载波，另外2个子载波是空的，这就相当于6个乘客坐4个座位，每个乘客的屁股最多只能坐两个座位。这也是SCMA中Sparse（稀疏）的来由。为何一定要稀疏呢？如果不稀疏就是在全载波上扩频，那同一个子载波上就有6个用户的数据，冲突太厉害，多用户解调彻底就无法实现了。

但是4个座位塞了6个用户之后，乘客之间

就不严格正交了（每个乘客占了2个座位，无法再通过座位号（子载波）来区分乘客），单一子载波上还是有3个用户数据冲突了，多用户解调还是存在困难。此时就用到了SCMA第二个关键技术，称为多维调制。多维调制这个概念非常抽象，因为传统的IQ调制只有两维啊——幅度和相位，多出来的维代表什么？这里需要稍微开一下脑洞，想象一下三体世界中半人马座 α 星人把一个质子展开到多维空间雕刻电路后再降维的过程，最终一个质子变成了一个无所不能的计算机，质子还是那个质子，不过功能大大增强了。同样，通过多维调制技术，调制的还是相位和幅度，但是最终使得多用户的星座点之间欧氏距离拉得更远，多用户解调和抗干扰性能大大增强了。每个用户的数据都使用系统分配的稀疏码本进行了多维调制，而系统又知道每个用户的码本，就可以在不正交的情况下，把不同用户最终解调出来。这就相当于虽然无法再用座位号来区分乘客，但是可以给这些乘客贴上不同颜色的标签，结合座位号还是能够将乘客区分出来。

综上所述，SCMA通过引入稀疏码域的非正交，在可接受的复杂度前提下，经过外场测试验证，相比OFDMA，上行可以提升3倍连接数，下行采用码域和功率域的非正交复用，可显著提升下行用户的吞吐率超过50%以上。同时，由于SCMA允许用户存在一定冲突，结合免调度技术可以大幅降低数据传输时延，以满足1ms的空口时延要求。

新编码技术Polar Code

编码技术的终极目标——香农极限：信道编码的目标，是以尽可能小的开销确保信息的可靠传送。在同样的误码率下，所需要的开销越小，编码效率越高，自然频谱效率也越高。对于信道

编码技术的研究者而言，香农极限是无数人皓首穷经、孜孜以求的目标。那什么是香农极限呢？香农第二定理指出：只要信息传输速率小于信道容量，就存在一类编码，使信息传输的错误概率可以任意小，而狭义的香农极限就是指通过编码达到无误码传输时所需的最小信噪比，例如对于理想情况下的AWGN信道，香农极限大概在-1.6dB左右。但在现实中，实现无误码传输的代价太高，在可以承受一定误码率的条件下，所需的最小信噪比就是广义的香农极限。

通信与物流很相似，目标都是要可靠地将货物运送至终点，例如一个玻璃杯工厂，需要从厂房A（信源）运送一批玻璃杯到厂房B（信宿），厂房A到厂房B之间有一条单车道的运输公路（信道），公路上存在各种坑洼和颠簸（信道噪声），为了减少在运输过程中玻璃杯的破碎损耗（误码），需要在出厂时对玻璃杯用纸盒进行包装（编码），运送到厂房B之后再拆封（译码）。虽然包装（编码）增加了开销，单位空间内能装的杯子（信息净荷）减少了，但显然经过包装之后，破损率（误码率）将大大降低。在允许一定破损率（误码率）的情况下，改进包装（编码）方法以尽可能地降低对路面和运输车辆（信噪比）的要求，这个最低要求（最小信噪比）就是香农极限。

香农第二定理是一个存在性定理，只是说明这类编码存在，可并没有说明什么编码可以达到，这可苦了编码学家们，在过去的半个多世纪中提出了多种纠错码技术，例如RS码、卷积码、Turbo码和LDPC码等，并在各种通信系统中进行了广泛应用，但是以往所有实用的编码方法都未能达到香农极限，直到Polar Code横空出世。

Polar Code基本原理：2007年，土

华为系统化地提出了5G新空口的理念和关键使能技术，全面覆盖基础波形、多址方式、信道编码、接入协议和帧结构等领域，并携手5G先锋运营商进行了外场验证。

Polar Code 的译码采用了基于 SC 的方案，因此译码复杂度也大大降低，这样终端的功耗就大大降低了，在相同译码复杂度情况下相比 Turbo 码可以降低功耗 20 多倍，对于功耗十分敏感的物联网传感器而言，可以大大延长电池寿命。

耳其比尔肯大学教授 Erdal Arıkan 首次提出了信道极化的概念，基于该理论，他给出了人类已知的第一种能够被严格证明达到香农极限的信道编码方法，并命名为极化码 (Polar Code)。这一突破如一道闪电，划破漫长而又黑暗的夜空，在编码技术史上具有划时代的意义。Polar 码具有明确而简单的编码和译码算法。通过信道编码学者的不断努力，当前 Polar 码所能达到的纠错性能超过目前广泛使用的 Turbo 码和 LDPC 码。

要理解 Polar 码，首先要理解信道极化的概念。所谓信道极化，顾名思义就是信道出现了两极分化，是指针对一组独立的二进制对称输入离散无记忆信道，可以采用编码的方法，使各个子信道呈现出不同的可靠性，当码长持续增加时，一部分信道将趋向于完美信道（无误码），而另一部分信道则趋向于纯噪声信道。

为了便于理解，仍以玻璃杯工厂为例来进行说明。在工厂原来采用的包装方案（编码方法）下，运输过程中杯子出现破损（误码）的位置是不确定的，而 Polar Code 通过特定的包装方案，不管道路怎么颠簸，都可以保证一部分装箱的位置在运送过程中绝不破损（完美信道），而另一部分装箱的位置则必然破损（纯噪声信道），利用这种信道极化的特性，就可以在完美信道的位置装上杯子（信息比特），而纯噪声信道的位置啥也不装（固定比特），因为在装箱的时候就可以知道完美信道的分布，因此在拆箱的时候，译码也就变得更加简单。事实上，Polar Code 在使用改进后的 SCL (Successive Cancellation List) 译码算法时能以较低复杂度的代价，接近最大似然译码的性能。

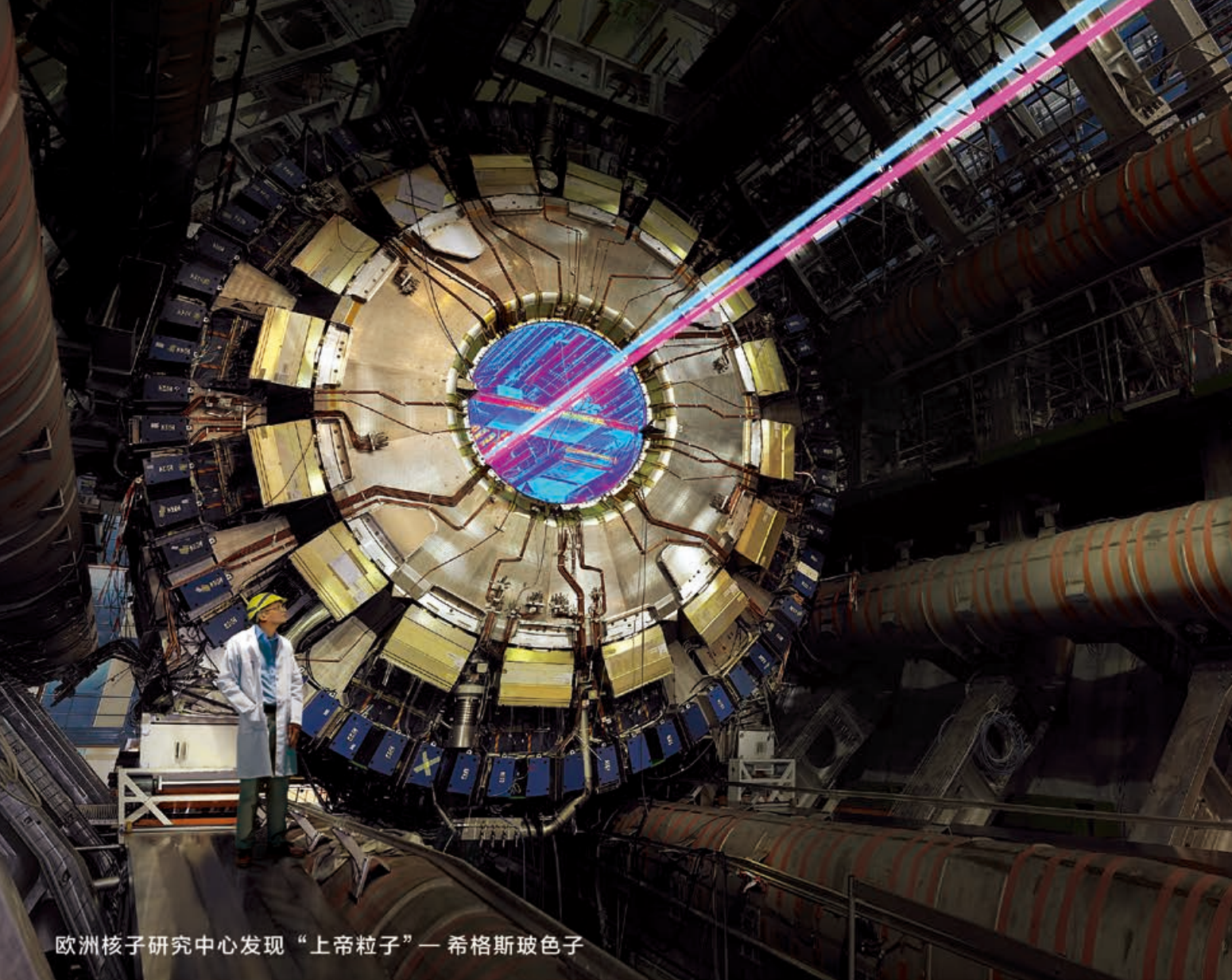
总结下 Polar 码的优点，首先是相比 Turbo 码更高的增益，在相同的误码率前提下，实测 Polar 码对信噪比的要求要比

Turbo 码低 0.5 ~ 1.2dB，更高的编码效率等同于频谱效率的提升。其次，Polar 码得益于汉明距离和 SC 算法设计的好，因此没有误码平台，可靠性相比 Turbo 码大大提升（Turbo 码采用的是次优译码算法，所以有误码平台），对于未来 5G 超高可靠性需求的业务应用（例如远程实时操控和无人驾驶等），能真正实现 99.999% 的可靠性，解决垂直行业可靠性的难题。第三，Polar Code 的译码采用了基于 SC 的方案，因此译码复杂度也大大降低，这样终端的功耗就大大降低了，在相同译码复杂度情况下相比 Turbo 码可以降低功耗 20 多倍，对于功耗十分敏感的物联网传感器而言，可以大大延长电池寿命。

重要的事情说 3 遍，最后再简单总结下这 3 大空口物理层技术：F-OFDM 是实现统一空口的基础波形，结合灵活的 Numerology 以实现空口切片。SCMA 和 Polar Code 在 F-OFDM 的基础上，进一步提升了连接数、可靠性和频谱效率，满足了 ITU 对 5G 的能力要求。因此，这 3 大物理层关键技术成为构建华为 5G 新空口理念的基石。

技术竞争推动 5G 进步

5G 的大幕刚刚拉开，我们已站在一个伟大时刻的前沿，回望每一代移动通信的发展历程，有过波澜壮阔的方向之争，也有过暗流涌动的候选技术之争，但最终大浪淘沙，历尽沉浮，这些方向与技术在经过理论、实践和市场的筛选、融合和验证之后，最终改头换面站到了浪潮之巅，在人类科技史上留下浓墨重彩的一笔。在标准定义过程中，所有的技术和方向都值得我们铭记和尊重，它们是产业智慧的结晶，并将最终推动 5G 技术的进步，让我们共同期待 5G 开启一个全新的超级联接世界。H



欧洲核子研究中心发现“上帝粒子”——希格斯玻色子

欧洲核子研究中心
数十年的厚积薄发
隐约听到了上帝的脚步声



厚积薄发





英特尔® 酷睿™ m7



“本”该如此

开启时尚新商务

HUAWEI MateBook

一触解锁 | 轻薄时尚 | 高效合一

官网地址：<http://consumer.huawei.com/cn>

图片仅供参考，请以实物为准
英特尔、英特尔标识、Intel Inside、英特尔酷睿和Core Inside是英特尔公司在美国和其他国家的商标

最高搭载第六代智能英特尔® 酷睿™ m7处理器
英特尔®，让性能更超凡

订购地址：<http://www.vmall.com>