

中兴通讯技术

简讯

ZTE TECHNOLOGIES

2021年7月/第7期
准印证号：(粤B)L011030048

内部资料
免费交流

视点

04 50G-PON：10G PON之后的新一代PON技术



专题：PON+技术及应用

08 PON+，F5G技术创新和商业实践

12 低时延增强，为光接入网提供确定性低时延



扫码体验移动阅读



第25卷/第07期

总第394期

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

《中兴通讯技术 (简讯)》顾问委员会

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

《中兴通讯技术 (简讯)》编辑委员会

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

《中兴通讯技术 (简讯)》编辑部

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

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

设计: 深圳市奥尔美广告有限公司
印刷: 深圳市旺盈彩盒纸品有限公司
印刷日期: 2021年7月25日



方晖
中兴通讯副总裁, 固网及多媒体产品总经理

PON+, 筑路F5G

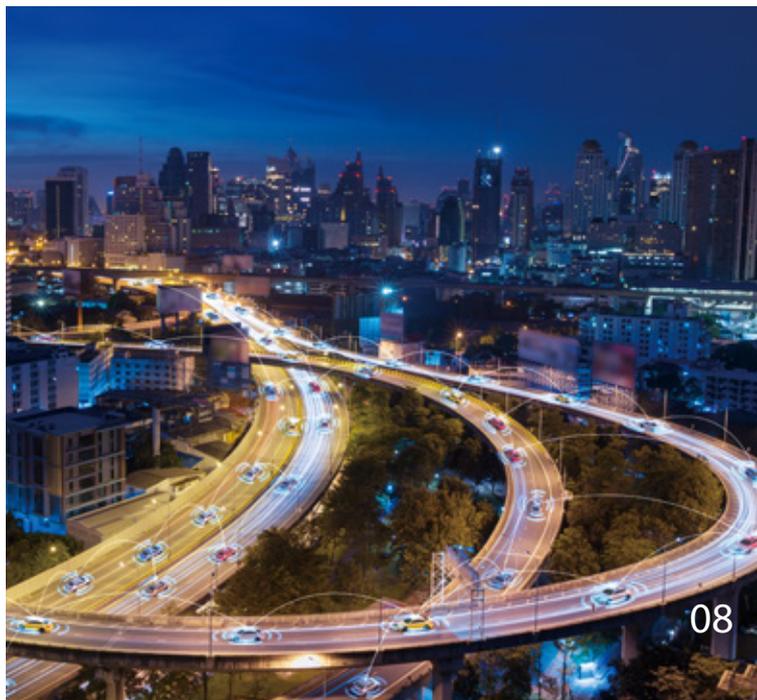
全球宽带互联网接入光纤化持续加速, Omdia2020年调查数据显示, 过去10年, 全球FTTx用户数增长10倍, 在全球互联网宽带用户的占比接近60%。工业和信息化部2021年4月数据显示, 我国FTTH/O用户占比高达94%, 千兆普及率超过90%, 我国光纤宽带接入网络和用户规模已居全球第一。光纤宽带接入和水电气一样, 成为基础设施, 有力支撑社会发展, 积极促进经济增长

2020年2月, 欧洲电信标准协会 (ETSI) 定义固定网络第五代技术标准F5G, 致力于研究固定宽带网络的代际演进和长期发展, 围绕10G PON和Wi-Fi 6等核心技术升级应用, 推动从光纤到户迈向光联万物。2021年3月, 工业和信息化部发布《“双千兆”网络协同发展行动计划 (2021—2023年)》, 按下了接入千兆化和网络10G PON升级的加速键。“计划”明确2023年实现城市家庭千兆光纤网络覆盖率超过80%, 10G PON端口占比达到25%, 500Mbps及以上用户占比达到25%, 并提出“双百”目标, 即建成100个千兆城市, 打造100个千兆行业虚拟专网标杆工程。

中兴通讯致力于将PON的成功延续到下一个10年, 并培育出新的光纤千兆价值雨林。为此, 我们提出“PON+”理念, 对F5G进行系统性的技术创新, 实现覆盖、时延、算力、可靠性和虚拟化等能力的全面增强。为打造全场景全光联接, 我们首先做厚接入千兆化, 进而做深家庭光纤化, 从千兆接入到千兆体验, 用“家庭新基建”的高度构筑数字家庭坚实底座, 同时做广行业和园区光纤化, 更好满足低时延、高可靠、复杂环境及云网融合等更高要求, 以光联百业为愿景, 助力F5G和5G共同筑基全社会数字经济。

目次

中兴通讯技术（简讯）2021年/第7期



PON+， F5G技术创新和商业实践

过去10年，全球固定宽带用户规模增长了10倍，由2011年的0.77亿增至2020年的7.33亿，其中FTTx用户占比由2011年的13.2%增至2020年的58.6%（源自Omdia 2020年数据）。

视点

04 50G-PON：10G PON之后的新一代PON技术/王新盛

专题：PON+技术及应用

08 PON+，F5G技术创新和商业实践/王磊

12 低时延增强，为光接入网提供确定性低时延/王新盛

14 算力增强，构建算网一体的新型光接入网/韩晓宇

18 覆盖增强，家庭Wi-Fi体验再升级/赵秋原

21 可靠性增强，政企业务承载无忧/邵忠

24 洞察用户体验，大数据时代下的智能运维
/邓云祥，刘国

26 F5G时代全融合OLT：TITAN/康皓清

28 家庭业务转型方向探讨/赵秋原



成功故事

30 聊城联通：试点基于OLT内置MEC的5G远程
驾驶应用 /索煜东

32 幸福成都，5G领航/刘敏

34 5G赋能工业智造，泰国AIS、SUT、中兴通讯
合力打造智能工厂 /陆烨明，陈燕飞

解决方案

36 智联5G，焕新未来，构筑智慧广电能力矩阵
/刘爽

技术论坛

38 Wi-Fi 6E和Wi-Fi 7技术演进/张志刚



中兴通讯联合三大运营商共话“5G新生长”

6月10日，“5G新生长中兴通讯5G创新方案发布会”于北京召开。中兴通讯与运营商、行业伙伴和媒体齐聚一堂，共同探讨5G新生长之路，共话5G网络在能力、性能、效率的全方位提升策略。

在发布会上，中兴通讯联合运营商陆续发布了全球首个无线智能编排网络商用试点、5G行业云网方案、5G语音网络新架构和AIVO3.0数字化运营方案一系列创新方案，为未来5G发展及演进提供持续动能。

中兴通讯5G RAN方案成功获得CC EAL3+认证

近日，中兴通讯5G RAN方案成功通过信息技术安全评估通用标准（CC）EAL3+认证，成为业内首家以5G RAN系列产品整套系统作为保护轮廓通过CC EAL3+认证的供应商，体现了中兴通讯5G RAN系列产品的安全性达到了业内领先水平。

CC认证（Common Criteria），是目前国际上最权威的产品安全认证之一。其评价标准依据IEC/ISO15408 Common Criteria for Information Technology Security Evaluation，即信息技术安全性评估通用准则。基于其专业性及公正性，CC认证已成为国际主流运营商及相关国家官方采购的重要判断依据。在其国际互认体系中，有31个国家签署了互认协议，证书具备政府机构安全认定性质。该标准将IT产品和系统分为七个

安全保证级别，其中第三级（EAL3）——系统测试和检查，是当前通信类产品系统级设备的最高认证等级，而EAL3+表明认证的产品符合EAL3等级要求以及额外的评估要求。

此次认证是业内首次将AAU/RRU、BBU和网管UME作为一个系统进行CC EAL3+认证，共包括15款产品。该系统方案与用户设备（UE）交互，并实现诸如无线电资源管理、数据流IP报头压缩和加密、用户面数据路由、数据调度和传输、移动性管理，以及基于Web界面的系统管理等功能。评估过程由CC认可的安全实验室SGS Brightsight执行并出具认证报告，评估范围覆盖前端设计、研发、测试、生产、交付等全生命周期的安全能力。

中兴通讯与中国电信签署战略合作协议，聚焦云网核心能力

2021年6月9日，中兴通讯与中国电信在北京签署《云网核心能力战略合作协议》。中国电信集团董事长柯瑞文、副总经理刘桂清，中兴通讯董事长李自学，执行副总裁、首席技术官王喜瑜等出席战略合作签约仪式。根据协议，双方将在云和云网操作系统、网络信息安全和业务创新三大领域展开深度合作，共同提升云网核心能力，筑牢网信安全底座，拓展数字化时代业务新空间。

中国联通携手中兴通讯发布业界首个无线智能编排网络商用试点

近日，中国联通携手中兴通讯在辽宁大连完成业界首个无线智能编排网络的商用验证，成功完成了基于内生智能的用户编排和网络编排。

中兴通讯于今年初率先提出业界首个无线智能编排方案，该方案基于基站内生智能，通过用户编排和网络编排实现体验驱动的用户中心化服务，满足To C和To B业务的个性化需求，实现用户体验最优。

中兴通讯发布《OLT内置刀片服务器白皮书2.0》

近日，中兴通讯重磅发布《OLT内置刀片服务器白皮书2.0》（后简称白皮书2.0）。白皮书2.0进一步丰富了内置刀片服务器的设计理念和应用场景，重点阐述分析了热点视频下沉、接入网体验和运维能力增强、边缘MEC、VNF等四大应用场景，提出OLT内置刀片服务器应具备轻量化设计、多样化管理、协同化功能及灵活化配置等特性，从而更好地适应多样化的业务和场景需求。



数智联结，筑路数字经济，中兴通讯亮相 MWC2021

6月28日—7月1日，2021年世界移动通信大会（MWC）在西班牙巴塞罗那举行。中兴通讯以“数智联结，筑路数字经济”为主题，从极致网络、多元化数字产业、多彩数字化生活多维度展示中兴通讯最新ICT解决方案和成功实践，呈现“数智联结”方方面面正在发生的变革，支撑全球社会数字化转型。

此次参展，中兴通讯围绕5G SA、全光网络带来全新方案展示，致力于为

运营商构建一个绿色、安全、智能的极致数字全连接网络。在无线网络方面，中兴通讯通过极简站点、业内唯一的SuperDSS三模动态频谱共享，以及此次发布的新一代FDD Massive MIMO产品，帮助运营商实现高效的现网改造和5G演进，并凭借“端到端大规模交付经验”“系列化创新方案提供极致性能”以及“多种原子能力赋能行业”三大优势，助力运营商打造一张极致的5G SA网络。

中兴通讯携手ACCYOURATE发布“YouCare”5G智慧T恤

2021年6月28日，世界移动通信大会开展第一天，中兴通讯与ACCYOURATE联合举办“YouCare 5G智慧T恤”发布会，展示了创新性的新型可穿戴设备在提升生命健康品质方面的几个应用场景。

这款T恤基于革命性的新一代可穿戴技术，即将传感器集成到不含金属部件的T恤中，纺织传感器可监测到多项重要体征指标，包括呼吸行为、汗液成分、肌肉力量、体温等多项参数，并通过低时延、高可靠的5G技术传输至医疗健康控制中心或个人智能终端。通过对这些参数的分析，实现对人身健康的监控及预警。此外，这款智慧T恤是完全纺织的、可正常水洗使用。这将在远程医疗、体育和个人健康等领域孵化全新的服务模式。

安徽电信携手中兴通讯完成时频双聚合（FAST）技术5G智慧港口场景首发商用

6月，安徽电信联合中兴通讯在安徽芜湖芜湖港完成了基于2.1GHz和3.5GHz的时频双聚合方案（FAST）的端到端方案验证。作为中国电信主导的上行增强技术的重要组成部分，时频双聚合方案可以充分利用TDD和FDD频谱进行融合互补优势，非常适合应用于远程遥控、视频监控等上行覆盖和带宽需求的应用，提升To B业务用户感知。

GoldenDB完成国泰君安新一代核心交易系统全栈软硬件适配

近日，中兴通讯正式对外宣布，GoldenDB分布式数据库顺利完成国泰君安新一代低延时核心交易系统在生产环境中的全栈软硬件适配工作，助力国泰君安核心交易系统实现安全可靠的架构转型，强化国泰君安作为证券行业代表的金融科技自主创新实力。

中兴通讯连续三年获中国移动服务器类产品集采第一份额

6月，中国移动集中网络云资源池三期工程计算型服务器采购中标候选人公示，中兴通讯中标本项目最大份额。这是中兴通讯继中国移动2019年至2020年PC服务器集中采购、中国移动2020年PC服务器集中采购两个项目后，再次获得中国移动通用服务器类项目（含PC服务器集中采购和网络云资源池服务器采购）的最大份额。

50G-PON： 10G PON之后的新一代 PON技术



王新盛
中兴通讯固网产品规划总工

PON技术发展回顾

PON技术是一种基于无源ODN网络的宽带接入技术，采用P2MP点到多点拓扑结构，上、下行传输波长独立，数据时分复用。PON系统中连接OLT和ONU的ODN网络采用纯光介质，全程无源，环境适应性强，易于扩展和升级。过去10来年，由于在基于光纤、无源、P2MP等方面相对于铜线接入的比较优势，PON技术取得了巨大成功，得到了大规模部署。

在PON技术的发展历程中，标准组织ITU-T/FSAN和IEEE起到了巨大的推动作用。PON技术起源于早期的APON/BPON，历经多代发展，GPON和EPON已经大规模商用部署，为用户提供高达百兆的带宽接入能力。其下一代的10G PON技术如10G GPON和10G-EPON也已经大规模商用，可为用户提供高达1Gbps的带宽，实现千兆网络的覆盖，满足4K/8K视频业务规模应用，以及VR/AR业务的前期导入需求。

随着视频业务成为宽带网络的基础业务，以及PON技术逐步从家宽领域向政企行业领域拓展，如远程医疗、工业智能制造、厂矿通信等，

一方面对带宽提出了更高的要求，另一方面对时延、丢包、抖动及业务质量和用户体验也提出了相应的要求。比如VR业务，其带宽要求超过1Gbps，用户体验提升需要5ms（RTT时延）低时延，而远程医疗的端到端通信时延小于50ms，且抖动小于200μs。

为了应对后10G PON时代的业务发展需要，IEEE和ITU-T/FSAN在完成10G PON的标准制定后，开始考虑下一代PON的技术研究工作。

下一代PON主流技术方向：50G-PON

业界普遍认可将下一代光接入网带宽提升至50Gbps，因此如何简单、高效地实现系统带宽升级成为PON领域研究的热点。10G PON之后的下一代PON技术发展趋势主要有两个方向：一是提高单波长速率；二是多波长复用提高总速率。

IEEE率先启动了10G PON后下一代PON技术的标准制定，单根光纤上支持25Gbps下行速率，同时支持10Gbps/25Gbps上行速率，并支持和10G-EPON的兼容。对于50Gbps带宽需求，采用多波长叠加技术和通道绑定技术提供两个25Gbps

通道,实现50Gbps速率。

ITU-T/FSAN则考虑了家庭用户、企业用户、移动回传/前传等场景,并逐步形成了对于下一代PON的需求,聚焦单通道速率为50Gbps的50G-PON技术。2018年,ITU-T/FSAN启动了基于单波长50G-PON的标准制定工作,命名为“G.HSP(G.Higher Speed PON)”,该标准预计今年下半年发布,并预计在2025年开始具备商用能力(见图1)。而在此时间点前,10G PON将作为业界主流的光接入技术大规模商用部署。

50G-PON的需求包括相对于10G PON提供4倍以上的接入带宽、更好的业务支持能力、网络保护/安全,以及支持10G PON的共存和平滑演进,并尽可能兼容已有ODN网络。

50G-PON的上下行波长均工作在O波段,不

支持与GPON和10G GPON的同时共存,FEC选用LDPC纠错算法。为了更好地支持低时延,50G-PON技术引入了专用激活波长(DAW)、CoDBA(协作DBA)等技术。采用DAW技术,ONU通过专用波长进行注册激活,业务波长不再分配静默窗口,可以减小因注册开窗而带来的传输时延。采用CoDBA技术数据无需等待直接转发,可以降低带宽调度带来的时延。

50G-PON和10G GPON技术的关键功能性能对比如表1所示。

10G GPON技术向50G-PON的演进和共存

在网络的演进中,尽可能地利用现网资源与节省升级演进成本,是运营商历来关注的重点。

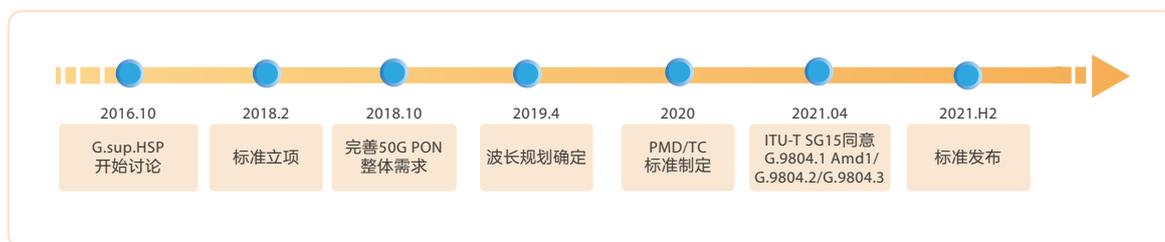


图1 50G-PON标准进展情况

条目	50G-PON	10G GPON
线路速率(下行)	49.7664Gbps	9.95328Gbps
线路速率(上行)	9.95328/12.4416/24.8832/49.7664Gbps	2.48832/9.95328Gbps
线路编码	NRZ	NRZ
FEC	LDPC(17280,14592)	RS(248,216)
静默窗口	支持DAW上开放	仅在业务波长上开放
CO-DBA	支持	不支持
每T-CONT每125μs最大突发帧	16	4
ODN共存	与10G GPON共存	与GPON共存
通道绑定	支持TC层通道绑定	支持业务层通道绑定
切片	支持	不支持

表1 50G-PON和10G GPON 关键性能对比

为了实现10G GPON向50G-PON的平滑演进，满足不同业务的组网需求，10G GPON和50G-PON将在一定时间内共存。为节约机房部署空间，降低光接入设备能耗，有效利用现网的ODN资源和降低运营商的网络建设成本，局端设备采用多制式共存的光收发合一模块是目前已被验证的最有效手段，如采用Combo PON理念来实现50G-PON和10G GPON的合波。

对于10G GPON技术和50G-PON技术共存，需要满足一定的要求：

- 支持10G GPON和50G-PON技术在同一根光纤上共存；
 - 应避免或尽量减少未升级的ONU服务中断；
- 50G-PON支持和兼容10G GPON的业务。

ITU-T标准组织经过多次讨论，已经明确50G-PON不会与GPON和10G GPON同时共存。因此在向50G-PON演进的过程中对于技术共存可以考虑两步迁移的方式，首先从GPON演进到10G GPON，然后从10G GPON演进到50G-PON，在兼顾网络演进和成本的同时实现带宽的持续升级。

50G-PON关键技术分析

50G-PON采用单纤双向传输，下行TDM时分复用，上行TDMA时分多址接入，实现OLT和ONU之间的点到多点通信。其关键技术包括波长选择、线路编码、线路速率、FEC纠错技术、Common TC技术、PHY层器件等方面。

● 波长选择

50G-PON目前只有O波段一小段可用波长，不够50G-PON系统使用。ITU-T经过多次讨论，已经明确50G-PON不会与GPON和10G GPON同时共存。目前已确定了部分波长选择，部分还在细化讨论中。

● 线路编码

在ITU-T前期的讨论中曾经考虑过PAM4、双二进制和NRZ等多种线路编码；由于PON系统光功率预算要求很高，最终选择了接收性能最好的NRZ编码。

● 线路速率

ITU-T已经明确50G-PON速率要求，支持对



50G-PON



业界正在致力于推进50G-PON技术的标准化工作，同时部分内容和方向尚待进一步研究，如未来支持多运营商或业务的独享带宽需求，以及为了解决50G-PON的上行光功率预算较为紧张而引入的时延要求和性能及成本等。

称、非对称不同速率组合；下行1个速率，上行速率有4种线路速率可选。

● FEC纠错技术

50G-PON线路速率提高后，接收机灵敏度下降，需要提高收发机性能才能重用已经大量部署的ODN网络。为了降低高速光器件指标要求，50G-PON引入LDPC（Low Density Parity Check，低密度奇偶校验）编解码方案进行FEC的前向纠错。

● Common TC技术

50G-PON主要通过专用激活波长（DAW）、CoDBA和减小分配周期等方式来实现低时延。

DAW专用激活波长：可以是新定义的波长，也可以是50G-PON之前部署的PON系统波长。专用激活波长可以是一个单独的上行波长，也可以是一对上下行波长。通过专用激活波长技术，避免了在50G-PON上行波长上开放安静窗口，取消了因安静窗口带来的时延。

CoDBA：OLT通过上层设备获知ONU的上行业务发送需求，提前将带宽分配给ONU，使得业务数据在ONU的缓存时间尽量少。

减小分配周期：减小ONU获得带宽分配的时间间隔，从而降低业务数据在ONU的缓存时间。每个T-CONT在125μs周期内可以最多发送16个突发帧。

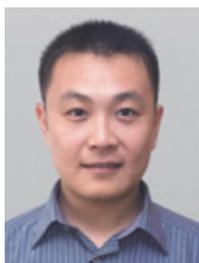
● PHY层器件

50G-PON PHY层器件主要包括光发射组件、光接收组件、激光器驱动器LDD，突发TIA以及时钟恢复芯片CDR等关键光电器件。OLT光发射器件可采用EML（Electro-absorption Modulated Laser），集成SOA（Semiconductor Optical Amplifier）EML器件等，光接收器件可采用APD（Avalanche Photodiode），集成SOA PIN器件等。ONU与OLT的不同之处则在于，ONU驱动器需要支持突发功能，接收不需要突发时钟恢复BCDR。业界的实验和仿真结果表明，50G-PON采用50G EML发射机器件和APD接收机器件有望获取单波50Gbps速率。

业界正在致力于推进50G-PON技术的标准化工作，同时部分内容和方向尚待进一步研究，如未来支持多运营商或业务的独享带宽需求，以及为了解决50G-PON的上行光功率预算较为紧张而引入的时延要求和性能及成本等。从目前的进展来看，预计2025年左右50G-PON将具备商用部署能力，而在此时间点前，10G PON技术将会大规模部署，并为后续向50G-PON的平滑演进夯实基础。

中兴通讯一直致力于推动50G-PON的标准化和产业链的持续完善，并且在部分关键器件技术上取得了突破，并已提交超30篇50G-PON标准提案，其中的物理层参数、低时延、FEC等多方面提案被标准组织采纳。[ZTE中兴](#)

PON+， F5G技术创新和商业实践



王磊
中兴通讯光接入产品规划
总工

全球宽带接入光纤化加速，中国引领千兆新阶段

过去10年，全球固定宽带用户规模增长了10倍，由2011年的0.77亿增至2020年的7.33亿，其中FTTx用户占比由2011年的13.2%增至2020年的58.6%（源自Omdia 2020年数据）。“宽带中国”战略实施以来，我国光纤宽带接入实现超越发展，建成全球规模第一的光纤宽带网络，工业和信息化部2021年4月数据显示：我国固定宽带接入用户突破5亿，其中FTTH/O用户占比达94%，千兆普及率约91%。光纤宽带接入网络和水、电、煤气一样，成为人们生活不可或缺的基础设施。我国从铜线接入的追随者跃升为光纤接入的领导者。

固定宽带接入的光纤化和基础设施化有力支撑了社会发展，并积极促进经济增长。根据Omdia2020年全球光纤发展报告，家庭宽带渗透率每增加10%，促进GDP增长0.25%~1.5%，接入速率翻番则再增长0.3%。我国宽带接入大提速的同时大降费，中国信通院《中国宽带发展白皮书（2020年）》指出，我国家庭用户月均宽带支出较6年前下降35%以上，中小企业宽带和专线平

均资费较2年分别下降近37%和29%，总体保持全球较低资费水平。

2021年3月，工业和信息化部发布“双千兆”网络协同发展行动计划（2021—2023年），按下了接入千兆化和宽带网络升级的加速键，明确2023年实现城市家庭千兆光纤网络覆盖率超过80%，10G PON端口占比达到25%，500Mbps及以上用户占比达到25%；并提出“双百”目标，即建成100个千兆城市，打造100个千兆行业虚拟专网标杆工程。当前我国500Mbps及以上用户规模已超过一千万。

2020年2月，ETSI（欧洲电信标准协会）发起成立了面向固网的F5G研究组织和标准体系，致力于研究固定宽带网络的代际演进和长期发展。F5G提出从全光连接FFC（Full-Fibre connection）、增强型固定宽带eFBB（Enhanced Fixed Broadband）、可保证与可靠体验GRE（Guaranteed Reliable Experience）三个应用场景定义第五代固定网络，围绕10G PON和Wi-Fi 6等核心技术升级应用，推动从光纤到户迈向



光联万物。F5G目前有包括中兴通讯在内的64家会员参与，“中国籍”会员是F5G最为核心和活跃的成员。

深入家庭光纤化，构筑数字家庭坚实底座

实现千兆价值，仅千兆光纤到户是远远不够的，最终目标是保证用户使用4K/8K视频、云VR、智慧家庭等千兆业务时的真实体验。家庭网络是实现千兆体验和千兆价值的关键。

当前，家庭网络还存在诸多瓶颈。如90%以上存量的百兆和老旧光猫亟需升级换代；Wi-Fi路由器向Wi-Fi 5、Wi-Fi 6迭代速度快，而80%家庭网关发货仍为Wi-Fi 4，仅支百兆速率，可能成为Wi-Fi瓶颈；家庭网络中很大比例为四芯5类线，仅支持100Mbps以下速率，且根据市场抽查结果，市场上超50%的网线质量不合格，某运营商省份调研数据显示，一半的家庭内部网线可传输速率低于200Mbps；此外，还普遍存在房间内无

布线 and 部署难、设备摆放位置不佳、忙时受邻居同频设备干扰严重等问题。

针对以上问题，中兴通讯推出家庭全光纤布线组网HOL（Home Optical LAN）方案，该方案是构建未来家庭网络的最佳选择。光纤到家变成光纤在家，通过暗管/空管穿纤、微型线槽、隐形光缆等工程方案将光纤铺设到每一个房间，配合10G PON和Wi-Fi 6全光家庭网关和Wi-Fi 6光路由器的Mesh化部署，实现1小时施工，20年使用。目前中兴通讯HOL全屋光纤组网方案已成熟商用，HOL产品已迭代至第二代，在20省市开展试点，并助力运营商发布三千兆融合套餐产品。

PON+技术创新和能力增强，筑基行业和园区数字化

追根溯源，PON技术之所以能在家庭宽带场景取得巨大成功，和其技术特点密不可分。基于光纤介质的光通信技术在传输距离、带宽速率、

系统容量、交换能力、单位能耗、环境适应性和抗电磁干扰等各方面具备优越性和长期潜力。而PON技术是光通信技术体系和ITU-T标准体系的重要一员，具备“光的基因”，同时适应“以太”环境，并借助无源、P2MP拓扑等差异化特性脱颖而出，成为光接入网的代名词。

面向行业和园区场景应用，PON仍然具备综合优势。首先，组网架构简单，光纤和波长占用少，具备多业务融合接入能力；第二，具备资源覆盖广泛、灵活快捷、抗电磁干扰性、高低温适应性，防水防爆、稳定可靠、绿色节能等工程部署优势；第三，具备易用易维优势，开通和运维系统化自动化程度高；第四，经过十多年大规模成熟商用积累，具有专业人力资源和经验技能优势；第五，我国的PON产业已做到全球领先和自主可控。

工信部“双千兆”网络协同发展行动计划（2021—2023年）提出打造100个千兆行业虚拟专网标杆工程，鼓励基础电信企业结合行业需求，在工业、交通、电网、教育、医疗、港口、应急公共服务等典型行业开展千兆虚拟专网建设。

面向行业和园区应用，PON技术也面临更高能力挑战。首先是确定性低时延要求：行业VR应用、工业操控、机器视觉、5G小基站及基于云的

实时强交互业务应用相比传统上网等业务要求时延降至1/10，从原100ms级降低至10ms级，并且要求高精度时钟传递、高同步性和低抖动，即确定性要求；第二是安全可靠要求：和互联网宽带接入场景不同，在专线专网场景普遍要求冗余组网保护、业务隔离专属保障及业务和数据不出园区的本地化处理。

为此，中兴通讯提出PON+理念，对F5G标准体系进行全面具体的诠释，并且进行系统化的技术创新，实现覆盖、确定低时延、算力、安全可靠性和虚拟化等能力的全面增强（见图1）。

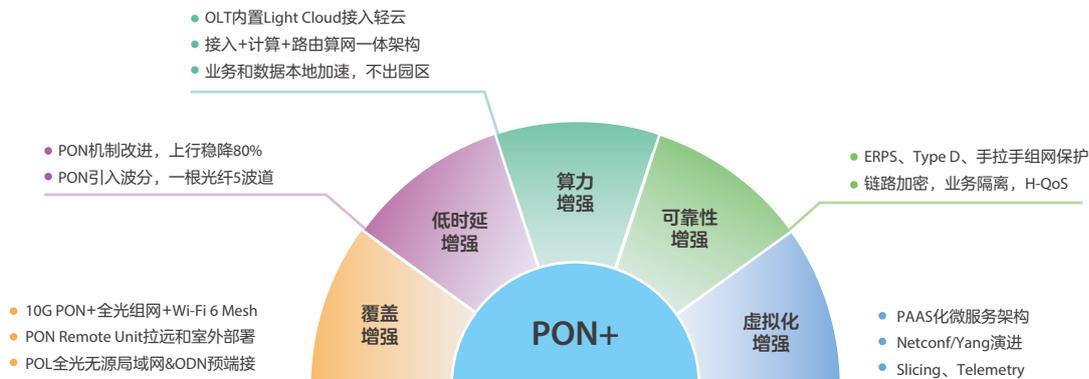
● PON+覆盖增强

10G PON+HOL+Wi-Fi 6 Mesh增强家庭覆盖；POL无源光局域网和ODN预端接增强行业和园区覆盖；室外一体化OLT和PRU（PON Remote Unit）增强不确定性和碎片化覆盖。

● PON+低时延增强

中兴通讯首创低时延PON，通过对PON标准机制的改进，实现1:32分光比20km上行最大时延稳定降低80%+；并进一步通过在TDM PON网络中引入WDM技术提供确定极致低时延。Wi-Fi 6 Smart QoS优化Wi-Fi时延，实测游戏时延降低70%；Mesh ZSR算法优化实现Wi-Fi漫游切换的稳、准、快。

图1 PON+, F5G技术创新和能力增强





中兴通讯不仅大力倡导PON+技术能力筑路F5G，同时也在积极践行F5G的商业成功之路，全面参与全光社区、全光园区、全光校园、全光工厂等建设。

● PON+算力增强

中兴通讯首创OLT内置轻量级刀片，具备通用开放能力，采用X86和NP算网一体架构，实现接入+路由+计算3合1功能，具备L3路由组网和本地分流能力；可灵活快捷部署，提升空间供电利用。围绕业务质量和用户体验提升，已实现OLT内置CDN，视频内容下沉；OLT内置MEC，本地化应用加速；OLT内置A-SA (Access service Analysis) 接入业务质差分析和主动运维等应用。

● PON+安全可靠增强

方案提供ERPS、Type D及手拉手组网保护和全冗余能力。内生的链路层密钥和加密机制，上行瞬时独享的时隙分配机制，及设备注册认证机制等；提供自主研发芯片、自主品牌光模块、软件系统等，确保底层安全。

● PON+虚拟化增强

顺应网络SDN/NFV演进和云网融合发展趋势，增强PaaS、Netconf/Yang、Slice、Telemetry等能力。

F5G应用实践

中兴通讯不仅大力倡导PON+技术能力筑路F5G，同时也在积极践行F5G的商业成功之路，全面参与全光社区、全光园区、全光校园、全光工厂等建设。目前中兴通讯的全光接入方案已有企业园区、高校、普教、医院、政务、智造等500多个成功应用案例。

低时延PON在苏州现网固移融合及小基站接入场景成功验证；OLT一网多用在银川探索“全光智慧社区”基础网络建设新路，该项目工程综合造价降低75%，OLT端口利用率提升9%；OLT内置Access CDN帮助舟山海岛用户改善视频体验；POL+OLT内置MEC帮助中通客车构建固移融合的智能网联公交和5G无人远程驾驶园区，UPF本地化分流80%，自动驾驶辅助，时延降低90%+，车路协同，高清地图实时同步；PON+Wi-Fi覆盖增强在重庆构建有线无线一网通校园网，一纤一机多户，统一账号认证漫游，并助力广西、安徽、山西等多地智慧教育；工业PON和POL帮助“坚强电网”和“智能工厂”构建新型的企业内部和生产现场基础网络。

中兴通讯持续深入思考PON+ToB的竞争优势和商业模式。首先，我们建议发挥PON相比以太网的技术工程优势，加快传统的企业以太网向新型的POL全光局域网升级演进。相比以太网，PON产业自主能力更强，技术门槛更高，合作生态更集聚，商业链条更短。其次，建议参考家庭千兆全融合业务模式，打造面向企业的城域/广域专线+5G+POL双专网+云和MEC的全融合网络和全融合业务模式。

展望未来，我们坚信光纤接入将更加基础设施化。我们愿携手运营商，以光联百业为愿景，构筑全社会数字经济的F5G底座，将PON的成功延续到下一个10年。ZTE中兴

低时延增强， 为光接入网提供确定性低时延



王新盛
中兴通讯固网产品规划
总工

随着数字经济的兴起以及5G网络的逐步部署，网络大带宽和低时延性能越来越受到重视。时延敏感型的网络业务将随着数字化转型的进程逐步深入家庭与政企行业，如4K/8K、AR/VR等高质量视频应用、物联网IoT海量连接场景等，都要求网络具有极低的确定性时延来保障业务连接质量。企业传统的ICT业务逐渐向云业务转型，大量分布式计算逐渐在金融技术、公共安全等领域得到应用，低时延是各数据中心之间进行协同工作的基础。超低时延作为5G时代的三大应用场景之一，未来也将成为接入网的必备场景，为运营商进入各垂直行业奠定基础。

国际标准组织ITU IMT-2020系统的设计最早指出，在5G超低时延场景中，网络用户面的端到端双向时延要从4G时代的20ms降低至1ms。2018年10月，ITU-T也将光接入网的低时延需求采纳进下一代光接入网技术50G-PON G.9804.1的标准中。

端到端时延由多段路径上的时延累加而成，仅靠单独优化某一局部的时延无法满足1ms的极致时延要求，因此超低时延的实现需要各段路径同时实现最优化。研究认为，在工业控制场景中，光接入网部分的端到端网络时延需要降低至500μs，才能满足应用需求。然而，目前光接入网PON技术标准的时延下限并不能满足新业务场景下的时延需求，如何降低接入网时延成为运营商下一个亟待解决的问题。

面对未来低时延接入场景的需求，中兴通讯

提出创新的低时延增强解决方案（见图1）。通过改进原有标准PON机制或引入WDM独立波长叠加机制，降低接入网时延，推动接入网在确定性低时延场景的发展和演进。

改进标准的PON机制

光接入网的时延包括上行时延和下行时延，上/下行时延又分别由几个部分组成，包括OLT转发时延、ONU转发时延、光纤传输时延、动态带宽分配和ONU轮询过程产生的时延，以及ONU开窗注册流程造成的不确定性时延。以上行时延为例，传输距离在20km左右的光接入网时延在1.5ms~2.5ms之间，无法满足5G时代光接入网的低时延要求。

针对PON标准在优化时延性能时天然存在的机制上的限制，中兴通讯进行了相关研究和实践，通过优化传统PON网络机制来降低时延。

中兴通讯低时延增强方案通过固定带宽分配机制、缩短ONU轮询周期及带外开窗引入第三方波长等机制来降低时延。

- 固定带宽分配机制（Fixed Bandwidth Allocation, FBA）

通过固定带宽分配机制代替PON标准中的动态带宽分配机制（Dynamic Bandwidth Allocation, DBA），消除原有动态带宽机制中存在的ONU带宽申请、OLT带宽分配及下发过程，降低接入网时延。

- 缩短ONU轮询周期



图1 通过PON技术优化和引入WDM机制改进PON网络时延

通过软件升级配置，将ONU传输数据的4个轮询周期（每个周期 $125\mu\text{s}$ ）降低至1个，减少时延敏感业务的等待时间，进而降低接入网时延。

● 带外开窗，引入第三波长

光接入网时延的不确定性是由OLT不定期静默所有下挂ONU、检查新ONU上线并进行注册等过程引起的。中兴通讯低时延增强采用第三波长负责新ONU的发现与注册过程，获得确定性低时延。

2020年，中兴通讯与苏州移动合作，通过优化PON网络机制，综合运用低时延技术，将PON的最大时延降低为原来的 $1/6$ 以下，从而使得PON系统不仅具备高带宽能力，还被赋予了更低时延能力。

引入WDM独立叠加波长机制

在PON机制的优化方案中，通过引入FBA机制和降低ONU轮询周期来降低时延的过程中将不可避免地增大带宽开销，减小PON口的带宽利用率。为了平衡网络带宽与效率之间的关系，低时延增强在Combo PON的基础上，进一步引入WDM独立叠加波长，创新性推出Combo PON Plus方案。

Combo PON Plus解决方案通过独立波长叠加机制，在PON网络中引入WDM技术，提供确定极致低时延。创新的Combo PON Plus线卡一个端口含5个波长通道，其中2个波长通道分别用于

GPON和10G PON，提供两种速率的FTTx固定接入，ONU终端按需灵活部署，实现GPON向10G PON的平滑升级。另外3个通道分别用于1个10G/25G WDM波长，提供10/25Gbps带宽，无传输距离下的端到端时延低至 $0.399\mu\text{s}$ ，相对20km光纤传输时延 $100\mu\text{s}$ 可忽略不计，满足光接入网在云专线、5G基站接入、工业互联网等场景的应用要求。

WDM独立叠加波长接入无DBA调度、ONU轮询及开窗过程，提供确定极致低时延接入。逻辑上的点对点传输可避免流氓ONU的干扰，提高网络安全性。此外Combo PON Plus方案可重用现网已部署的FTTx资源于5G的传输通道，如FTTx网络的接入机房、ODF、主干光纤及其管道、配线光纤及其管道、街边柜/室外柜等空闲资源，满足5G建设过程中运营商对大量光纤和机房资源的需求，同时缩短业务发放时间，助力运营商进行以资源共享、节约建网为目标的综合业务接入区建设。

在新基建战略的助推下，各行各业数字化转型的需求迫切，数字化进程持续深入。中兴通讯作为行业技术领导者，致力于创新方案的研究，在低时延领域积极探索。通过对原有PON技术的不断迭代与优化，在接入网实现极致的确定性低时延，满足各行各业对低时延的需求，助力运营商在垂直行业获得更大的竞争优势。ZTE中兴

算力增强， 构建算网一体的新型光接入网



韩晓宇
中兴通讯有线产品规划总监

随着全球FTTx网络建设加快和千兆时代的到来，光接入网正面临新的挑战和需求。首先，视频已成为固网宽带的基础业务，如4K/8K、Cloud VR、云游戏、在线教育等，这些业务会消耗大量网络资源，尤其是集中时段需求频繁的热点视频，形成大量重复传播流量，为了提高业务体验、节约汇聚核心网络带宽，迫切需要业务下沉到网络边缘甚至到接入机房。其次，最终用户对体验的要求越来越高，运营商从带宽经营逐渐转向体验经营。对于接入网来说，需要具备度量和最终用户体验的能力，从而增强消费者的体验和获得感，挖掘用户潜力和新的增长点，为运营商带来更大的经济价值。第三，当前光接入网在家宽领域已取得巨大成功，并向行业拓展，比如POL（Passive

Optical LAN）在企业和校园中部署、工业PON在工厂中的应用等，随着智慧园区的持续建设，园区场景中也存在着边缘计算存储的需求，如视频图像识别、工业智能控制、统一管控及基于数据安全方面的要求，需要把边缘计算设施部署在园区内部。从以上几方面不难看出，无论是视频下沉、接入网算力增强还是园区业务需求，在网络中引入边缘存储和计算能力是大势所趋。

中兴通讯OLT内置刀片服务器

中兴通讯率先探索接入机房的云网融合，创新推出OLT内置刀片服务器（见图1），基于业界光接入旗舰TITAN平台实现接入、路由、计算三合一，在网络边缘实现业务体验加速、网络功能

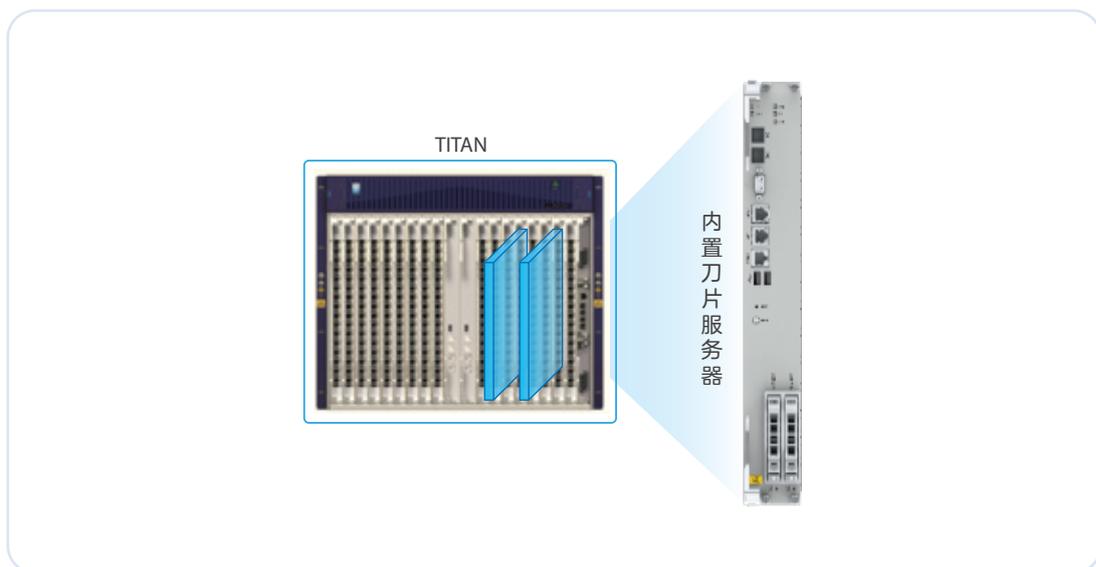


图1 中兴通讯OLT内置刀片服务器

虚拟化和应用数据本地化等功能，构筑算网一体的新型光接入网。

中兴通讯内置刀片服务器具有如下特征：

- 轻量级设计：采用300mm深设计，可插入OLT机框，有效利用OLT已有资源，如空间、供电和散热等；基于轻量化SoC CPU、SSD硬盘等部件，具备更好的转发性能、更强的I/O存储能力，以及更宽泛的环境温度，适应接入机房部署条件。
- 多样化管理：针对不同应用需求，内置刀片可与OLT进行分离管理或统一管理；且OLT与内置刀片软件版本独立，升级互不影响，增强系统的可靠性。
- 多功能协同：OLT丰富的网络能力可以与内置刀片的计算存储能力协同，如ACL功能、L2交换功能，以及中兴通讯OLT独有的Gateway Proxy功能，形成紧凑而安全的解决方案，节省资源。
- 灵活配置：可配置不同的硬盘、内存等，满足存储、计算等不同类型需求；每块内置刀片可配置2块可热插拔的数据硬盘，容量高达15TB；可配置4块内存，最大内存可达256GB；还可以通过加载不同软件实现多种轻量级功能。

多种应用场景

基于对宽带接入网络业务场景的应用分析，

中兴通讯OLT内置刀片主要在如下几个方面进行了探索。

Access CDN：视频业务本地分流

当前CDN（Content Delivery Network，内容分发网络）已取得广泛应用。对于节假日或重要赛事等集中时段和热门视频，用户需求会在短时间内激增，形成大量重复流量，造成网络负荷过大，影响用户体验。将CDN下沉到网络边缘成为一种趋势，其中Access CDN就是CDN节点下沉到接入机房的一种CDN网络形式，可进一步减少OLT上层网络压力。

通过在内置刀片上部署Access CDN，结合中兴通讯PON OLT特有的Gateway Proxy功能（见图2），使用户就近访问热点节目，一方面可有效应对短时间热点视频的爆发性流量冲击，保障用户体验；另一方面通过内置刀片可卸载70%的点播流量，大幅节约上层网络带宽和设备压力，有效降低大视频网络承载成本。该方案已经与浙江移动合作，用来解决海岛直播/点播体验带宽瓶颈问题，通过现网数据表明，视频卡顿占比降低99%，传输时延降低50%，有效提高用户满意度。

运维增强：扩展网元算力，实现智能运维

随着业界对意图驱动网络、自动驾驶网络等理念和架构的提出，不仅网管系统需要智能管、控、析能力，网元也需要提供全新能力，包括

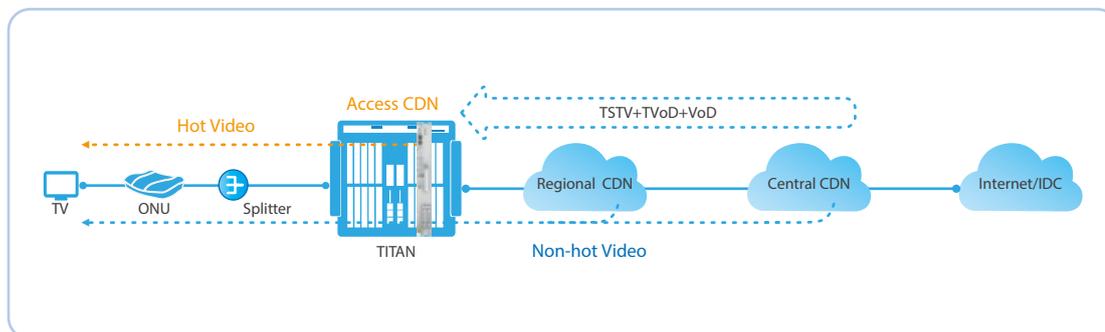


图2 基于内置刀片的Access CDN方案

KPI测量、细颗粒度流量统计、实时状态信息收集，以及实时高频的数据上报等。利用内置刀片可有效扩展OLT网元能力，实现多种运维增强功能（见图3）。

- DPI主动发现并定位业务质差。在OLT内置刀片上部署DPI可感知6类业务，测量超30项指标，通过体系算法给出KQI分析和QoE评价，从而准确完整地评估宽带用户业务感知、识别质差用户、实现质差精准界定定位；同时内置刀片部署DPI还可以本地处理用户业务数据，保证数据安全。
- Telemetry实现精准流量采集。源自数据中心的流量采集技术Telemetry可替代传统流量采集技术，采集频度可从分钟级缩短到秒级，采集颗粒度从物理PON端口级到逻辑GEM port级，使得网络性能管理更加精细化，可用于指导网络规划、流量实时调度优化、QoS配置优化和故障实时检测等。而通常OLT板卡，包括主控板、PON线卡均不具备如此精细的流量采集、处理、存储能力，内置刀片服务器可扩展OLT能力，不仅实现秒级流量数据采集，还可以本地存储历史流量采集数据，实现网络智能化、精准化运维

规划。

- MDI (Media Delivery Index) 高效保证视频业务质量。内置刀片服务器可扩展原有OLT线卡CPU能力，支撑多频道并发监测，并将监测指标实时上送后台运维系统，实现视频质量监测和故障定界。

MEC：多业务边缘计算，优化业务体验

5G时代，车联网、自动驾驶、工业控制等体验敏感型业务需要MEC来提供边缘计算能力。同时，构建4G BBU (Bandwidth Based Unit)、5G DU (Distributed Unit) 以及OLT等设备共享的综合接入机房，成为主流运营商的一致选择。利用OLT内置刀片实现MEC，则为MEC部署提供了一种经济快捷的方式。MEC所涉及的分流，如5G UPF (User Plane Function)、5G ToF (Traffic offload Function)，以及MEP和ME APP等都可以动态加载到内置刀片上，组成动态高效的边缘计算系统。

中兴通讯与聊城联通和中通客车合作，率先探索在OLT内置刀片上部署5G UPF实现本地业务转发，并已在5G远程驾驶场景中应用。该方案将5G UPF和MEP下沉到距离用户更近的园区接入机

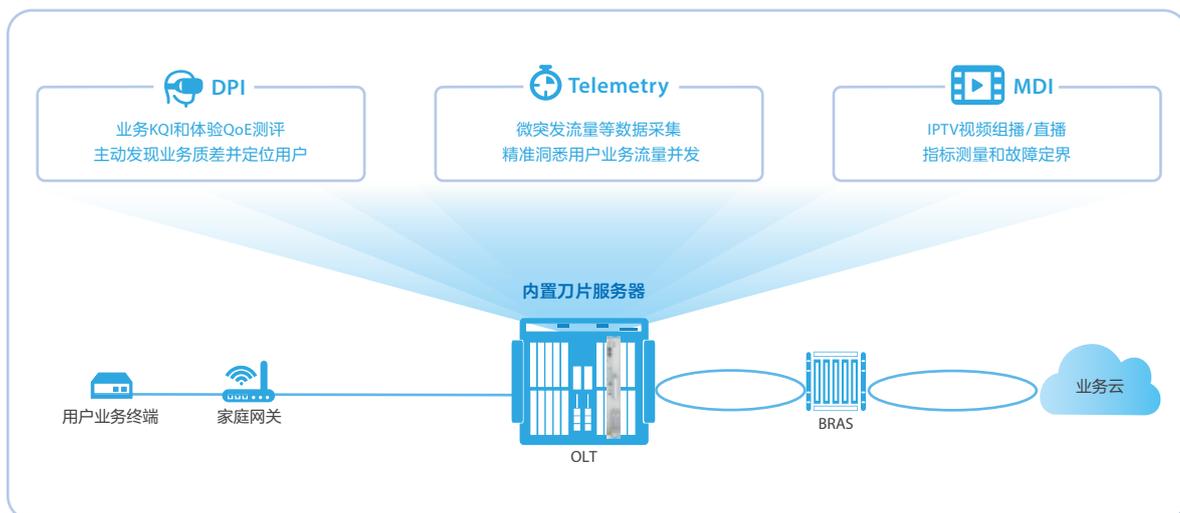


图3 内置刀片实现接入网运维增强



中兴通讯聚焦云网融合中边缘计算不断增强的发展趋势，率先提出OLT内置刀片服务器，创新实现IT和CT在接入网层面的融合，为接入网提供增强算力。中兴通讯将持续在技术和场景方面进行探索，洞察未来接入网的技术发展和潜力空间，为网络建设和业务发展提供更多可能。

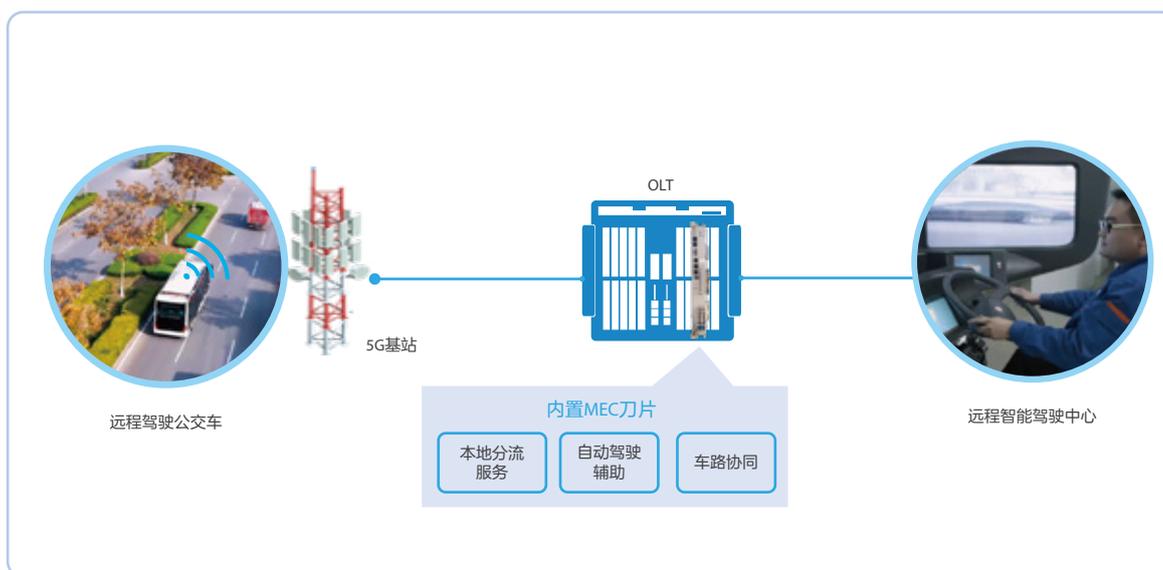


图4 OLT内置刀片实现5G远程驾驶

房OLT内置MEC上，结合10G PON有线宽带接入，车辆控制信息和视频业务的往返传输时延从传统的30ms降低到10ms以内，全面满足5G远程驾驶时延要求。OLT内置刀片可与现网OLT共享资源，部署方便快捷，为智慧交通提供了一个基于有线、无线融合的高性价比的解决方案（见图4）。该方案是业界首个基于固移融合OLT内置刀片的5G远程驾驶方案，在2020年10月一举夺得世界宽带论坛最佳创新奖、Layer123（原SDN/NFV）全球大会新业务创新奖、中国通信产业创新奖等国内外大奖。

园区VNF部署：打造极简智能园区网络

园区场景一般存在有线和无线的一体化接入、数据不出园以及低时延等需求。而传统方式

一般需要客户额外投资建设网络防火墙、无线控制器、信息管理系统等业务系统，并安装在园区机房独立服务器上，这些独立设备构成了一个复杂的园区网络，增加了网络部署与运维成本。通过OLT内置刀片服务器，可以按需将独立物理设备（如安全防火墙、无线控制器等）虚拟化为软件应用并安装到内置刀片上，形成一个易升级、易修改、易增加新功能的开放型园区网络。

中兴通讯聚焦云网融合中边缘计算不断增强的发展趋势，率先提出OLT内置刀片服务器，创新实现IT和CT在接入网层面的融合，为接入网提供增强算力。中兴通讯将持续在技术和场景方面进行探索，洞察未来接入网的技术发展和潜力空间，为网络建设和业务发展提供更多可能。ZTE中兴

覆盖增强， 家庭Wi-Fi体验再升级



赵秋原
中兴通讯固网终端产品
策划经理

家庭业务的本质是解决个人在家庭场景的需求，而用户在家中高频次使用的业务以移动应用为主，因此家庭内部的Wi-Fi能力就显得尤为重要。通过多AP组网的形式能够解决网络有无的问题，迈出了全屋Wi-Fi的第一步，但用户的Wi-Fi体验依然存在着特定业务保障不足、全屋走动切换慢、断网等问题。为了助力家庭体验再升级，需要Wi-Fi覆盖体验增强技术。

Wi-Fi 6智能QoS，保障低时延业务性能

不同的业务对时延有不同的要求，当前的家庭业务按照网络指标可以分为：带宽敏感型业务，如4K/8K视频；时延敏感型业务，如VR、游戏和远程办公；稳定性敏感型业务，如VR、智能家居等。这三类业务分阶段成熟和发展，首先满足带宽型业务需求，之后满足低时延和高可靠型业务需求。基于千兆宽带和千兆Wi-Fi的快速普



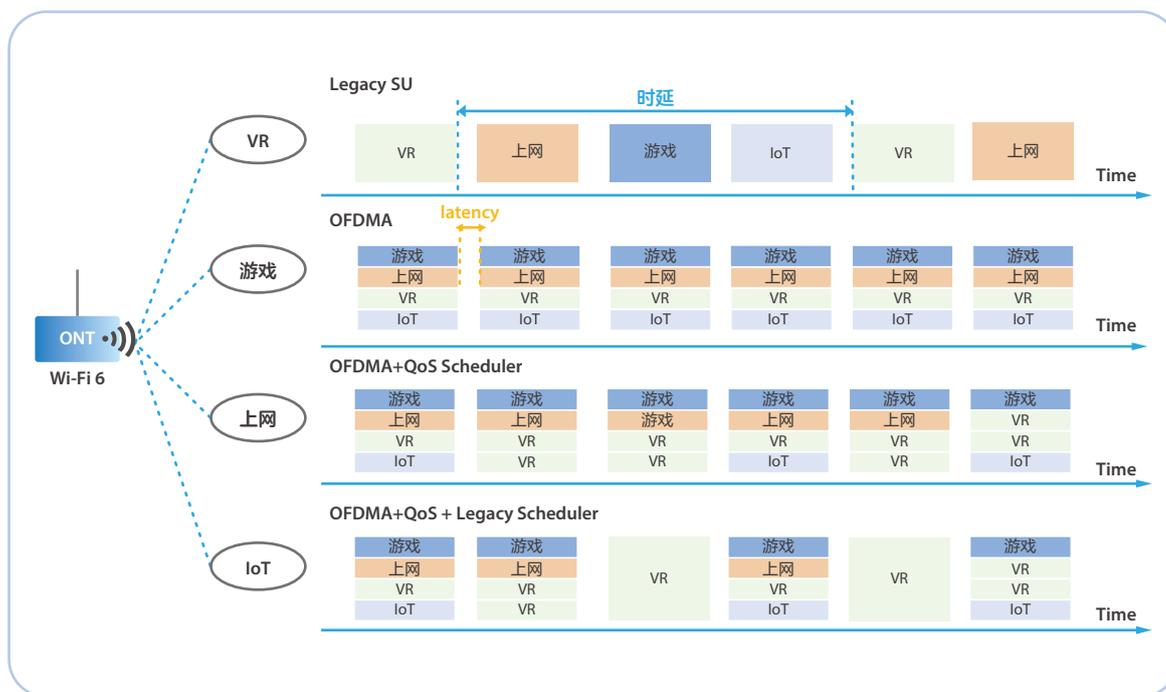


图1 不同业务调度方式示意

及，入户带宽将不再是瓶颈，且当前游戏、VR、远程教育和远程办公已经成为用户使用频率非常高的业务，所以基于Wi-Fi进行QoS保障来提升新业务体验愈发重要。

Wi-Fi 6智能QoS技术优化了时延敏感型业务以及高权益业务的时延，保障了家庭用户的极致体验。智能QoS使用时延感知带宽调度器（Delay Aware Bandwidth Schedule, DABS）、单用户OFDM和多用户OFDMA（OFDM+OFDMA）联合调度器两大核心技术，优化时延敏感型业务以及高权益业务设定时延期望QoS的机制。

DABS技术能够优化高权益业务包队列优先级，降低了高价值服务的时延并提高了通信的有效性。当业务流量发送到家庭网关时，首先对业务感知识别所带的特征值进行分析，根据特征值将业务分配至不同的优先级队列中。将优先级从高到低分别定义为“VO”“VI”“BE”“BK”4个队列，优先级高的队列会被优先调度。除优先级队列对业务进行调度之外，在同一个队列中的不同业务，可以通过DABS机制进行进一步的区

分和保障。在DABS机制中会建立一个“业务延迟需求表”，其中根据不同业务的业务时延需求列出了“时延绑定值”。

另一方面，OFDM+OFDMA联合调度器可以在时间和频域上实现动态调度，这种技术的机制通过分配更多的频谱资源和时隙来减少竞争冲突，进一步降低高价值服务延迟，实现支持针对特定高价值业务（VR、直播、游戏等）设定时延期望的QoS的效果，提高了整机的通信效率。

图1列出了几种业务流量的调度方式。以云VR业务来说，个人侧VR业务接入需要大带宽、低时延的网络带宽保障，运营级8K VR需要130Mbps以上稳定带宽，端到端时延在20ms以内，未来极致VR体验需要8ms以内时延网络。假设将VR业务设置为最高优先级，则它的流量将被发送到“VO”队列中，不同的服务数据包将根据该“VO”队列中DABS的时延绑定值进行重新排序。相比于单用户OFDM调度，多用户OFDMA能够有效减少同一业务（如VR业务）相邻数据包传送时的等待时间，从而有效降低时延。经实际测

表1 同规格产品性能测试：漫游关键指标对比

	产品1		产品2		产品3		Mesh ZSR AP	
	5GHz	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	5GHz	2.4GHz
丢包率	0	0.9%	0.1%	3.1%	2.3%	6.6%	0.1%	2.1%
时延 (ms)	12.2	21.6	32.75	8.2	27.5	51.6	2.3	21.6
切换成功率	95%	100%	100%	100%	100%	97.5%	100%	100%
不断流成功率	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

试对比，使用Wi-Fi 6智能QoS技术后，云VR业务的时延从40ms减少到12ms，时延优化达到70%。

Mesh ZSR智漫游机制，解决全屋覆盖问题

通过Wi-Fi 6 AP能够为用户提供很高的带宽，并保障低时延业务性能。但是单点的AP将会局限在一定的覆盖范围内，在远距离或者多穿墙之后，速率下降比较明显。解决多房间覆盖的问题需要采用多个路由器进行组网覆盖，但是多AP组网又会面临漫游断、安装难、干扰多以及回传链路健壮性问题。这时需要引入Mesh组网技术，这是解决多AP组网问题的关键技术。为了保障不同移动终端在室内的漫游效果，中兴通讯家庭智能终端的另一项自研算法：Mesh ZSR智漫游（ZTE Smart Roaming），通过“决策、选择、切换”三步曲来保障最佳Wi-Fi连接，解决多AP组网时常面临的漫游断问题，实现全屋智能体验。

- 精准漫游决策稳定状态机制：漫游决策采用稳定状态机制，多次检测RSSI（信号强度）和PER（误码率）进行漫游判断，多次判断均稳定满足漫游条件则进入预漫游状态；若检测处于漫游临界状态，此条件下不允许漫

游，防止乒乓效应。

- 五维度评分体系：设备进入预漫游状态后，测量周围可连接AP的RSSI、带宽、负载、工作频段、路由跳数五维度指标进行评测，选出最佳目标AP。
- 结合终端能力制定最优切换模式：漫游快速切换过程中，结合连接终端的能力制定最优切换模式并优化转发路径，从而缩短漫游时长。通过STA（Station，无线终端）分析模型判断终端是否满足802.11k/v协议，若不满足，则选择被动黑白名单强制切换路径；若满足则使用802.11k/v通信协议，将4次握手建链过程降为2次，转发路径快速同步更新。

搭配Mesh ZSR智漫游算法的Mesh AP在同规格产品中实测漫游关键性能表现突出（见表1）。在同等规格的产品中，丢包和不断流成功率与其它产品指标基本一致，而Wi-Fi信号在2.4GHz与5GHz时延和切换成功率指标优于其余3个厂家，有效优化了漫游体验。

Wi-Fi覆盖体验增强方案凭借Wi-Fi 6智能QoS和Mesh ZSR智漫游两项机制，保障家庭业务体验升级，解决了特定业务的QoS保障以及移动终端在全屋网络中无缝切换的问题。[ZTE中兴](#)

可靠性增强， 政企业务承载无忧

“十四五”规划提出“加快数字化发展，打造数字经济新优势，协同推进数字产业化和产业数字化转型”，数字化转型成为当下的热点。网络是企业数字化转型的基石，基于PON技术的POL（Passive Optical LAN）网络相比传统的以太局域网，具有高带宽、简架构、低能耗、长距离和易运维等特点，日益成为政企客户的选择，建设全光网络也逐步成为业界的统一认识。然而，政企业务承载对网络的可靠性要求远高于家庭宽带业务。中兴通讯提出PON+方案，其中就包括可靠性增强的能力提升。

PON可靠性增强，包含两个层级的技术提升：第一层级是企业级的可靠性增强，满足企业办公、安防、Wi-Fi等业务的承载需求；第二层级是工业级的可靠性增强，满足工业生产制造业务的承载需求。

企业级可靠性增强技术实现

PON网络应用于企业办公类园区网络，要承载办公数据、语音通信、视频会议、安防视频、企业Wi-Fi等业务。PON企业级可靠性技术增强，正是为满足以上场景的各类业务承载要求。

PON企业级可靠性技术增强包括三个方面的增强：组网架构的可靠性、系统设备的可靠性，以及业务数据的可靠性。

PON企业级组网架构的可靠性增强

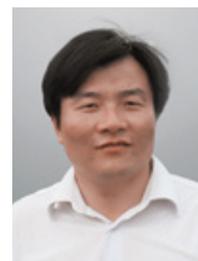
PON组网架构的可靠性包括OLT上行以太网保护和OLT下行PON链路保护。

传统的OLT上行以太网保护一般采用以太网链路聚合的方式，但一旦上行的核心设备故障，则业务全中断。OLT上行以太网保护可靠性增强，OLT上行双归属到两台核心设备，上行端口主备双配置构成保护组，增强OLT的上行以太网链路保护能力。

OLT下行，传统的PON主干光纤保护主要采用Type B保护方式。即同一OLT的2个PON口分别采用独立的PON MAC芯片和光模块，实现PON口的保护。ODN采用2:N的分光器，实现主干光纤的冗余保护。但是，一旦OLT设备故障，则业务全中断。OLT下行PON链路保护可靠性增强，采用跨OLT的Type B双归属保护，对OLT、OLT PON口和主干光纤进行全保护，当OLT、OLT PON口或主干光纤发生故障时，可以自动切换到另外一个OLT、OLT PON口或主干光纤。跨OLT的Type B双归属保护，两根主干光纤连接到两台OLT，实现异地容灾（见图1）。

PON企业级系统设备的可靠性增强

传统的PON系统设备的可靠性，主要是针对OLT局端设备，主控板冗余备份，可以工作在主备模式或负荷分担模式，电源板1+1保护。PON企业级系统设备的可靠性增强还针对ONU设备进



邵忠
中兴通讯固网产品规划
总监

行可靠性设计增强，满足企业应用场景的长时间无故障稳定运行要求。ONU设备器件选用企业级元器件，提供更高的4kV~6kV防雷等级，满足更高的EMC电磁兼容性标准，实现-10℃~60℃更宽的环境温度适应性，并在防尘、防水、抗振等方面增强设计，提升ONU设备在企业多种环境中部署的适应性。

PON企业级业务数据的安全性增强

传统PON业务数据的安全性保障，主要是对ONU进行认证，非法ONU无法注册，对数据进行三重搅动/AES-128加密算法，防DOS攻击和流氓ONU防护。PON企业级业务数据的安全性增强引入802.1X认证。IEEE 802.1X认证是一种基于端口的网络接入控制协议。接入设备提供对接入的物理端口或逻辑端口进行认证控制，在端口通过认证之前，处于关闭状态，连接在端口上的用户无法获取网络资源。如果用户能够通过认证，则端口打开，用户可以正常访问网络，提升网络访问的安全可靠性。PON企业级业务数据的安全性增强还引入软件防火墙功能，保护PON网络内部免遭来自外部网络的非法访问和恶意攻击。

工业级可靠性增强技术实现

PON网络应用于工业生产类园区网络，如矿

山、钢铁、工厂、电力、港口等场景，需要支撑工业数据采集、工业控制、机器视觉等业务。为满足工业级业务高可靠要求，PON工业级可靠性技术增强，从组网架构和系统设备两个方面进一步提升网络可靠性。

PON工业级组网架构的可靠性提升

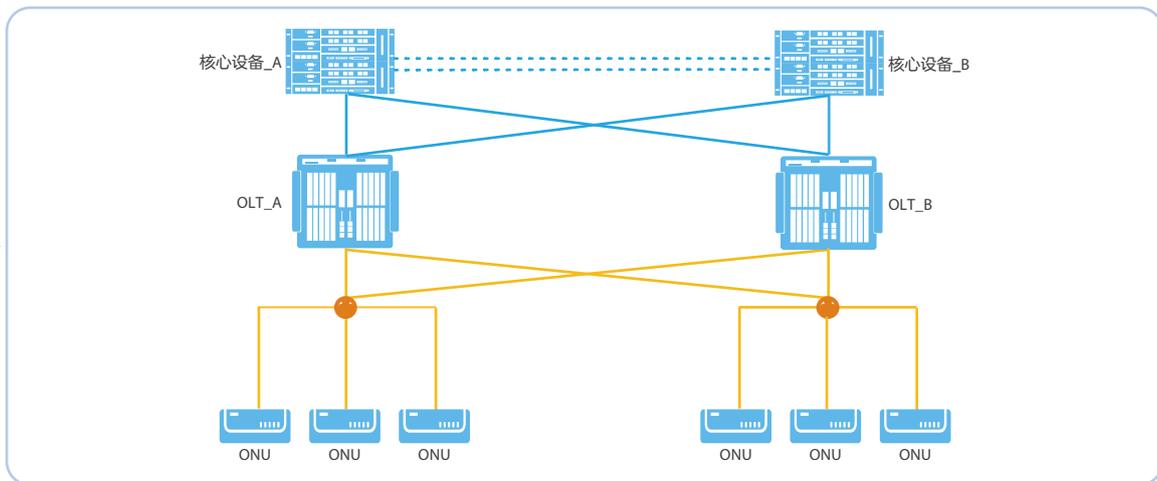
PON组网架构的可靠性提升包括OLT上行采用以太环网保护和OLT下行采用手拉手保护。

OLT上行以太环网保护采用ERPS（Ethernet Ring Protection Switching，以太环网保护倒换）技术实现。ERPS是ITU-T发布的G.8032中的环网协议，不但多个OLT之间可以组成环网，还可以和其他支持ERPS的设备组环网。ERPS收敛速度快，能够满足工业高可靠性要求。

传统的OLT下行PON全保护采用OLT双PON口、ONU双PON口、双主干光纤、双1:N光分路器、双配线光纤冗余保护方式。手拉手保护采用组环网的方式来实现全保护，跨OLT的手拉手保护组网架构如图2所示。

跨OLT的手拉手保护组网中，两台OLT各出一个PON口，采用1:2的不等比分光器形成两条多级链路，ONU双PON口同时接入两链路，形成手拉手环网。两条链路处于主备状态，不同时转发报文。当主用OLT方向的光纤断裂或光纤线路质量劣化、主用OLT故障、主用OLT

图1 跨OLT的Type B双归属保护组网架构





中兴通讯可靠性增强PON网络，帮助运营商进一步拓展政企业务范围，实现从专线到园区专网的网络延伸，探索园区网络加服务新的商业模式创新，开拓新的业务收入增长空间。

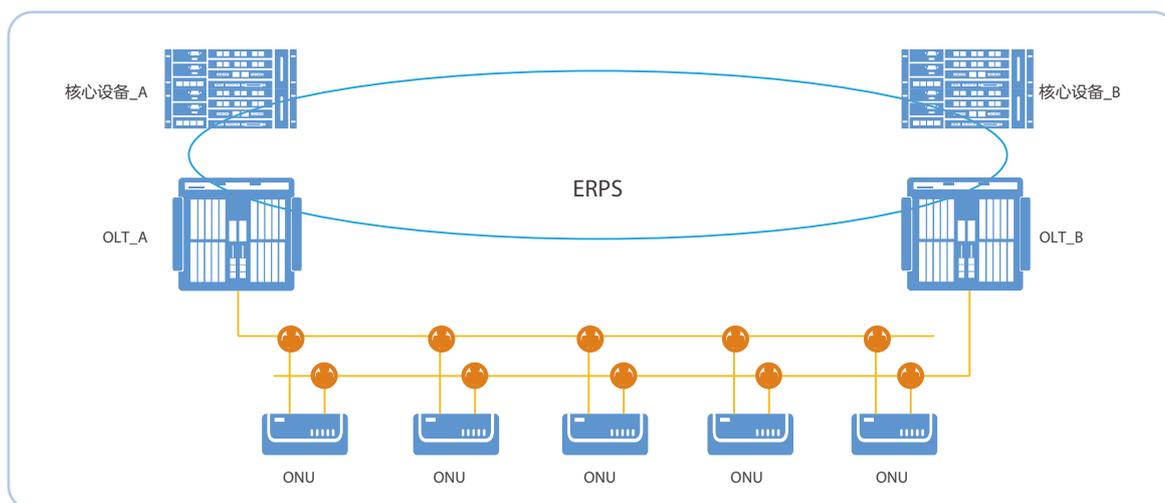


图2 跨OLT的手拉手保护组网架构

PON口故障、主用OLT上行链路故障等情况发生时，会触发自动保护倒换，保障政企业务的连续性。

PON工业级系统设备的可靠性提升

PON工业级系统设备的可靠性增强，满足工业生产制造应用场景的长时间无故障稳定运行要求。ONU设备器件选用工业级元器件，提供最高的防雷等级，满足最高的EMC IV电磁兼容性标准，实现-40℃~85℃的环境温度适应性；设备全密封设计，符合IP68最高防水等级设计，抗强振动设计，提升ONU设备在各种恶劣工业环境中部署的适应性；软件双版本双boot设计，确保系统运行

的长期高可靠性。

中兴通讯可靠性增强PON网络已经在企业园区、教育、医院、制造、电力等多个行业中得到广泛应用。苏州明志科技采用可靠性增强的PON网络构建铸造车间通信网络，匹配智能工厂系统实现MES、ERP系统的贯通。产品定制生产周期从7天减少至0.5天，生产效率提升约221%，产品质量不良率下降58%，综合生产成本降低10%。

中兴通讯可靠性增强PON网络，帮助运营商进一步拓展政企业务范围，实现从专线到园区专网的网络延伸，探索园区网络加服务新的商业模式创新，开拓新的业务收入增长空间。ZTE中兴

洞察用户体验， 大数据时代下的智能运维



邓云祥
中兴通讯FM产品规划总监

带宽经营在早期极大促进了宽带接入网的发展，运营商通过提供更高的带宽套餐，发展和扩大了用户群。当前国内宽带用户近4亿，入网用户数已达到相对稳定的规模，但随之而来的问题也十分明显，不仅仅是运营商的收入出现剪刀差，更重要是用户的体验没有随着带宽的提升进一步提升。固定宽带接入网的经营急需转型，市场竞争进入以关注“用户体验”为中心的下半场。

中兴通讯固网宽带用户体验管理系统

中兴通讯固网宽带用户体验管理系统就是从用户体验角度出发，对主流互联网业务与流程深入分析提炼，建立互联网业务质量指标体系，对主要业务指标、采集方法、评估标准进行规范。系统通过探针采集数据，在服务端呈现报表，构建了完整的互联网业务质量分析系统；通过全网各种业务质量数据自动采集分析，实现分用户、分业务、分地区、分时段的业务质量评估，解决用户体验管理手段不足的问题，实现固网宽带用户体验的可视化管理。

固网宽带用户体验系统包含数据采集和数据分析两部分，即OLT内置DPI探针采集系统和CEM (Customer Experience Management) 大数据AI分析系统。

采用OLT内置DPI探针实时提取和计算用户业务指标，相比传统的集中式探针方案，优势和亮

点更加突出：

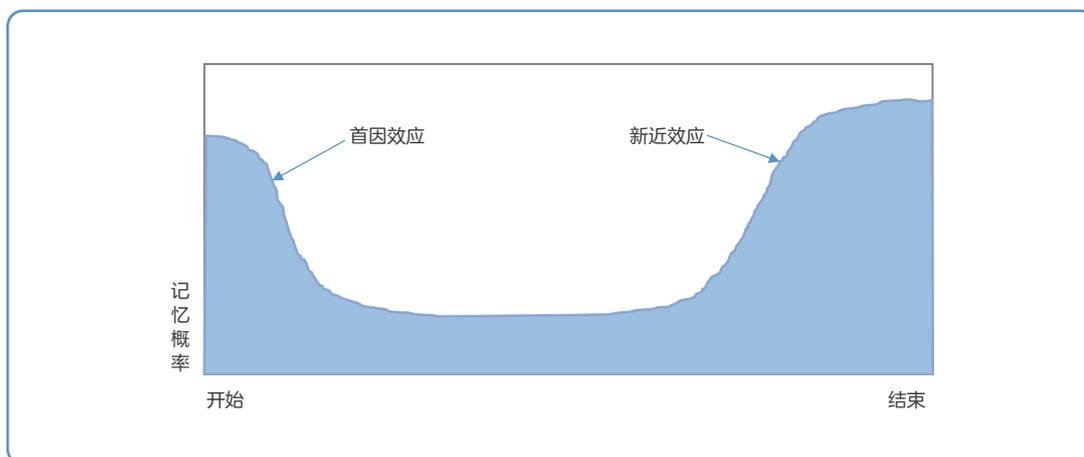
- 灵活部署，按需配置，可全面标配，也可重点设备/节点配置；
- 即插即用，无需进行网络割接，避免业务中断；
- 宽带用户端到端业务体验评估，识别感知质差用户与故障内容源；
- 对接入网故障、家庭网络故障精准定位。

CEM大数据系统根据时间维度（5分钟-小时-天-周-月）、区域维度、设备维度（PON口-OLT）进行多层汇聚（平均值、最大值、最小值），其中用户体验模型根据各指标、各业务的权重，以及流量权重、时段权重进行综合打分。最后通过分析客户对于所提供服务的关注度对KQIs进行加权汇总，建立起尽可能贴近客户体验的CEI (Customer Experience Indicators) 体系。

算法优化，提升大数据分析的准确性

为了提升大数据分析系统的准确性，更真实地反映用户体验，中兴通讯对CEM宽带业务评估算法进行创新，提出两种优化算法。

- 引入AI算法，建立多维动态权重模型
通过引入AI算法，实现科学准确的数据清洗：根据用户业务行为数量以及指标异常情况，设置置信度，对于低置信度用户，不参与总体评价；根据业务流量特征，通过AI算法自动标注后台小流量，后台小流量不参与用户体验评价。从



◀图1 首因效应与新近效应

单一静态权重向动态权重优化，对于不同业务和指标，根据指标业务相关程度、指标样本数量级、指标准确性、指标数据离散性，设置科学的静态基准权重；基于用户流量、业务偏好、业务使用时长和时段、家庭终端数量等用户业务画像，建立多层次多维度的动态权重自动调整模型。采用动态门限，在常规忙时，网络出现短暂拥塞，造成批量群体性故障，而这些造成群体用户体验降低的场景，通过增加指标动态门限的方式，降低用户体验评分下降的幅度，提高质差用户业务评估的鲁棒性。

- 基于新近效应/首因效应/体验残留原理，综合评估用户体验变化

传统的用户体验评估在时间维度上采用均值/最大/最小的简单数学计算模型，对用户体验评估存在较大的偏差，不能综合反映用户体验变化趋势，因此我们引入了新近效应与首因效应评估模型（见图1）。

新近效应指人对时间越近的信息记忆越深刻，因此在形成判断时比先前呈现的信息占有更大的权重。虽然通过“滑窗机制”可以对每个时间区间的业务质量进行度量得出评分，但是随着时间的移动，早期窗口的评分对业务结束时刻的主观体验造成的影响会最小。

基于新近效应原理，采用指数加权移动平均算法，每个滑动窗口的CEI加权系数随时间呈指数式递增，越靠近当前时刻的评分加权系数就越大，从而计算出大时间粒度的用户体验评分。

首因效应也叫首次效应、优先效应或第一印象效应，指双方形成的第一次印象对今后交往关系的影响，也即“先入为主”带来的效果。在评估用户业务的过程中，提升了用户业务使用开始时第一个窗口的权重。

体验残留指过去获得的比较差的体验会对用户的最终体验造成更多的刺激，所以在计算最终体验评估时，需要放大历史的质差体验对最终体验的影响，对业务使用过程中出现严重体验障碍的窗口加大权重。

众所周知，智能运维的基础是大数据分析，大数据分析平台的数据越能有效利用，分析模型越贴近实际，分析结果就会越准确。中兴通讯创新地应用这些新模型，基于AI算法，通过多维度对海量数据进行关联分析，故障根因定位，深刻模拟用户体验，对用户体验进行真实可靠的管理和运营。

中兴通讯固网宽带用户体验管理系统已应用于国内多家运营商，帮助运营商实现从传统的以网络为主向以客户为中心的运营模式转型，对用户行为进行前瞻分析，支撑网络规划、网络建设以及市场营销。未来随着SDN技术和网络技术的发展，该系统将充分发挥质差分析、定位、决策能力，提前预测设备、网络故障，及时通知和触发控制系统，通过控制系统对网络设备实施调整，从而使整个网络形成智能闭环，实现网络智能化、自动化。ZTE中兴

F5G时代全融合OLT： TITAN



康皓清
中兴通讯FM产品MKT规划
主管

TITAN是中兴通讯推出的目前业界最大容量最高集成度的全融合OLT平台，在继承上一代C300平台功能的基础上，持续提升FTTH基础带宽能力，创新更多业务场景和能力融合，包括固移接入融合、CO（Central Office）功能融合等，且独创嵌入式MEC功能。TITAN是10G到50G PON跨代平台，满足未来十年平滑升级需求，实现用户价值最大化。

系列化TITAN设备，兼容性强

TITAN系列目前主要有三款设备，PON板卡支持类型相同：

- 大容量光接入平台C600，满配时最大可以支持272个用户端口。两块交换控制板，单板交换容量3.6Tbps，支持控制面和转发面分离、控制面主备冗余、转发面双交换平面负荷分担；上联单板支持16口千兆或万兆以太网口；支持单板类型主要包括16口10G-EPON、XG-PON、XGS-PON、Combo PON和上联板卡。
- 中容量OLT C650：6U高19英寸，满配时最大可支持112个用户端口，适用于人口密度相对较小的县市、郊区、乡镇等区域。
- 小容量OLT C620：2U高19英寸，满配时最大可支持32个用户端口，提供8×10GE上联，

满足高带宽接入需求；适用于人口稀疏的农村区域；通过室外机柜与小容量OLT的组合，可实现远距离网络快速高质量覆盖。

内置刀片服务器，助力运营商轻云化转型

为实现轻云化，中兴通讯推出了业界首款可插入式内置刀片服务器，可以完成通用刀片服务器的功能。相比于传统外置服务器，内置刀片服务器可实现机房空间零增加，功耗比通用刀片服务器降低50%以上。通过内置刀片服务器，可以为个性化、差异化业务应用提供经济、灵活、快速的解决方案，例如固移融合MEC、接入CDN、接入NFVI部署。并且随着基础设施朝着SDN/NFV和MEC方向发展，轻云化刀片能够租用给第三方厂商做开发，这在将来或许会是一个新的商业模式。

基于轻云化，中兴通讯提出了业内第一个内置MEC，它针对一些要求超低延时传输的服务，例如无人驾驶、工业制造和VR/AR游戏。将MEC放置在接入机房，有效降低了时延，可以满足新业务需求。中兴通讯联合聊城联通和中通客车，创新TITAN内置MEC应用部署，实现5G远程驾驶及车路协同。该方案获得SDN全球峰会“新业务创新”大奖和世界宽带论坛“最佳创新”大奖。

基于轻云化的另一个应用是接入CDN，中兴

通讯已与浙江移动、安徽移动、广西移动等合作开展试点进行CDN下沉测试。

智能运维管理系统，助力运营商提升用户体验

在优质体验方面，TITAN围绕用户体验夯实整个运维体系，实现向体验经营网络架构的演进。传统运维模式主要基于工具和人力，关注的是网元设备的KPI，特点是分散运维、工具单一、依赖于人工经验。新一代的智能运维系统采用人工智能和系统的结合，特点是集中运维、AI分析、端到端分析。

为了实现从传统运维模式向智能运维模式转变，TITAN基于AI分析、Telemetry秒级采集，并通过自研PaaS平台实现云部署，实现对接入网络和家庭网络的运维管理。

TITAN承载的运维体系主要包括4大系统，分别是流量采集分析系统、接入网络管控系统、家庭网络管理系统和用户感知管理系统。这4大系统共同构成了接入网络和家庭网络的运维基石，最终实现管理云化、质量可视化、Wi-Fi可管理以及感知可运营的目标。

基于PON+技术创新，助力运营商拓展行业市场

过去十年，PON技术因为其“光”和“无源”两个基本技术底色，在光纤到家场景取得了巨大成功。未来十年，向光联百业演进，行业将实现全面光纤化。POL (Passive Optical LAN) 是PON+向To B拓展的典型应用，帮助企业构建融合、极简、安全、智能的园区新型基础网络。一张全光网，全业务承载，全场景覆盖，实现一纤多能、一网多用。TITAN可实现跨OLT的Type D、

手拉手保护方式，50ms快速切换，保障业务的安全性。基于TITAN的POL架构相比传统局域网络，网络架构简单，建网速度快，节省网络投资，机房空间减80%，综合布线减50%，综合功耗降60%，综合成本降50%。TITAN助力园区全光网升级，已经在高校、普教、医院、政务等领域获得广泛应用。

面向行业光纤化，PON在工程技术、性价比等方面仍然具备优势，但同时也面临确定低时延、安全可靠等更高能力的挑战。TITAN实现了对PON进行底层技术创新和能力增强，支撑F5G发展，并积极推动行业光纤化商用实践。针对专线场景，基于TITAN业务隔离实现家庭宽带和专线共享FTTx资源，实现一网多用，提升资源利用效率；已在银川联通完成智慧社区切片应用。针对行业应用，TITAN在可靠性、低时延方面实现能力增强，将上行时延降至标准规范要求的1/6，并在苏州移动现网小基站承载试点，多种保护措施满足电力、工业制造和教育等行业应用的可靠性需求。针对园区场景，创新性把接入、路由和计算功能三者合一，为网络云化和业务下沉应用提供支撑。

作为运营商宽带建设的最佳合作伙伴，中兴通讯在千兆时代推出一系列产品方案，包括业界首款全分布式高端路由器架构的光旗舰平台TITAN、业界首发的Combo PON方案，实现千兆网络高性价比的平滑演进，商用领先一年；10G PON、Wi-Fi 6、HOL和Mesh为用户提供端到端真千兆，实现全屋千兆无缝覆盖，实现接入千兆向体验千兆的升级。

千兆时代，中兴通讯将进一步聚焦运营商快速部署、高效运维和价值运营等关键需求，夯实基础能力，探讨商业模式创新，助力运营商构建领先竞争力，实现行业拓展和商业成功。[ZTE中兴](#)

家庭业务转型方向探讨



赵秋原
中兴通讯固网终端产品
策划经理

近年来，在国家政策的大力推进下，FTTH（光纤入户）在国内取得了巨大成功，目前已覆盖超过4亿家庭，现网光纤覆盖率超94%，位居世界第一。2019年，工信部、国资委发布千兆光宽建设规划，国内三大运营商陆续推出各项举措推动千兆光宽部署。截至目前，已有超过40家省运营商为家庭用户提供千兆宽带接入服务。根据工信部发布的数据，2021年4月，全国千兆套餐用户已接近1100万，比上年同期增长459%。由此可见，家庭生态的打造势必是未来几年通信行业的重要方向。在此背景下，本文将探讨运营商在未来家庭场景业务上的发展可能。

运营商家庭业务发展趋势

一直以来，运营商在家庭场景里的业务几乎都围绕着宽带接入开展。当前国内的宽带接入渗透率已接近100%，IPTV的渗透率也逼近70%，传统“到家”业务的发展逼近天花板，迫切需要寻找新的发展方向，拓展新的业务场景。

在家庭内填充宽带的业务可以统称为智慧家庭业务，目前已经有数十款千万销量的智慧家庭产品悄然走进千家万户，小米、海尔等厂家的智家收入也在逐年快速增长。与此同时，运营商的“在家”业务正在蓬勃发展，尤其是全屋Wi-Fi和看家业务，2020年总业务发展规模均在千万级，且智能家居渗透率不足5%，依然有巨大的发展空间。由此可见，全屋智能是未来家庭的发展方向，运营商与厂商需要做好准备，迎接智慧家庭的风口红利。

运营商家庭业务定位探讨

在新业务浪潮中，运营商在家庭场景中面临全新竞争形势，不仅存在各运营商间的竞争，也面临互联网厂商等新家庭数字运营体在智慧家庭领域的不断挤压。运营商如何在当前竞争中占据优势，找准自身定位？

无论运营商的发展方向如何，都始终需要基于其自身禀赋来设计定位。运营商的禀赋主要有五点：网络规模与品质、海量的用户基础、长期的边际成本、线下更低的交易成本以及更可靠的业务保障。定位设计还要符合为用户和应用带来增量价值、服务的原则。

升级“大”管道，构筑“家庭新基建”

以“家庭新基建”的战略定位来构建智家基础设施，能够帮助运营商筛选高价值用户，也能够同业竞争中保持宽带建设领先地位，不仅能够通过增值服务直接实现增收，还能作为未来爆款应用孵化的天使投入，实现长期增值。

升级管道，首先是将现有宽带管道向管道“PLUS”升级。结合现在的“三千兆”热点，大管道升级也有三个阶段：第一阶段是百兆向千兆升级，逐步到千兆普及；其次是千兆向真千兆升级；最终真千兆向全屋千兆升级，将家庭网络基础设施做实做强。

“增强”管道，高品质通道提供增值服务

如果说高带宽是宽带业务经营的上半场，那么以“低时延，精准保障”为特点的高品质宽带就是宽带业务发展的下半场。“增强”管道也可

以分为两个层次:

一是在大管道基础上构建精细管道品质增强,通过家庭超宽带方案为用户额外叠加专用权益通道,为云游戏、云VR和云存储等敏感业务和增值业务提供专用通道,保障差异化品质服务。通过家庭超宽带不仅可以为自营业务提升品质,也可以为合作的第三方权益业务提升品质。

第二是引入边缘算力,CDN可以从原始的内容存储和分发向边缘计算进行媒体处理升级,强化云网融合能力,为第三方业务提供存储分发和计算服务,拓展后项收入。

多样化的终端,实现家庭成员各取所需

家庭业务的本质是解决个人在家庭场景里的需求。以IPTV业务为例,目前IPTV丧失活力的主要原因在于使用率较低,各家庭成员难以协调需求。针对这一问题,可以通过使用多样化的终端实现家庭成员的各取所需,比如:亲情娱乐屏定位老年人群,父母使用子女购买,挖掘银发市场拓潜增收;投屏神器定位商旅人士,体积小易携带,将办公娱乐放进口袋;K12在线教育,定位超2亿规模的K12群体线上教育,打造多屏互动课堂。

培育潜在高频应用,发挥运营商自身禀赋

上文已经对运营商在家庭业务发展上的优势禀赋和需求进行了分析,培育潜在的大规模、标准化、低净值应用是运营商进入智慧家庭生态体系的最好方式之一,如家庭安防、家庭陪护、服务等。并且这些应用容易形成刚需及规模效应,具备非常大的商业价值。除了培育潜在高频应用,运营商还可以发挥线下优势(包括营业厅门店、智慧家庭工程师队伍等)构建一套“新零售”体系。首先全国营业厅门店可以将城市和线

上的业务推广模式复制到农村和线下,而普通OTT厂商难以实现,具备差异化优势;智慧家庭工程师队伍通过提供安装、维修、地推等服务,实现海量用户的价值挖掘,最终提高营销转化率。

家庭业务产品化探讨

一款优秀的产品通常满足用户的两类需求,一类是物理需求,主要是解决实际的问题,第二类是精神需求,重点是为用户提供更加良好的感知,满足用户的心理预期。从某种意义上说,用户的购买意愿并不直接来自应用价值,而是获得感和满足感。产品化为用户带来获得感,刺激付费意愿;比较(增加较少的费用,获得更多的产品、更优质的服务)能够为用户带来幸福感,激发更高的付费意愿。

目前家庭业务的产品量纲较为单一,主要以带宽大小区分,用户感知度比较弱。随着智慧家庭全屋智能业务的开展,可以通过多样化的销售量纲让用户有获得感,比如接入带宽、全屋能力、业务场景、设备以及用户权益等。而在产品设计上要尽可能强化产品的辨识度,如游戏宽带、教育宽带、直播宽带或办公宽带,让用户基于自己的主流需求第一时间选择出适合自己的产品,同时丰富的产品量纲还可以兼顾其他家庭成员的需求。比较与幸福感的提升则可以通过多种分档套餐完成。

运营商宽带和视频等传统“到家”业务逼近天花板,新兴“在家”业务开始规模发展,在此阶段建议运营商坚定“家庭新基建”路线,提升业务品质,丰富终端类型,持续寻求和培育“大规模、标准化、低净值”家庭应用,为参与智慧家庭产业价值分享做好准备。 ZTE中兴

聊城联通：

试点基于OLT内置MEC的5G远程驾驶应用



索煜东

中兴通讯FM产品市场
策划经理

全球范围内，车联网产业已经成为包括美、欧、亚等汽车产业发达国家或地区的重要战略性方向，各国家和地区纷纷加快产业布局，推进车联网的产业化进程。随着5G的快速发展，5G移动通信技术以及MEC边缘计算、网络切片等新技术的应用，助力车联网本地化业务优化网络连接、降低成本、提升效益。未来，5G、F5G等技术将作为协同的连接技术，满足远程操作、自动和协作驾驶等连接需求，并在车辆自动驾驶及安全、道路交通管理等方面得到广泛应用。

中通客车积极响应国家“交通强国”的号召，加速智慧交通建设及智能网联汽车技术研发。中通客车在技术选择上参考国外先进智能网联汽车技术，以“单车智能”为基础，重点发展“网车智能”，实现精度自动驾驶、远程驾驶、智慧交通车路协调等功能。

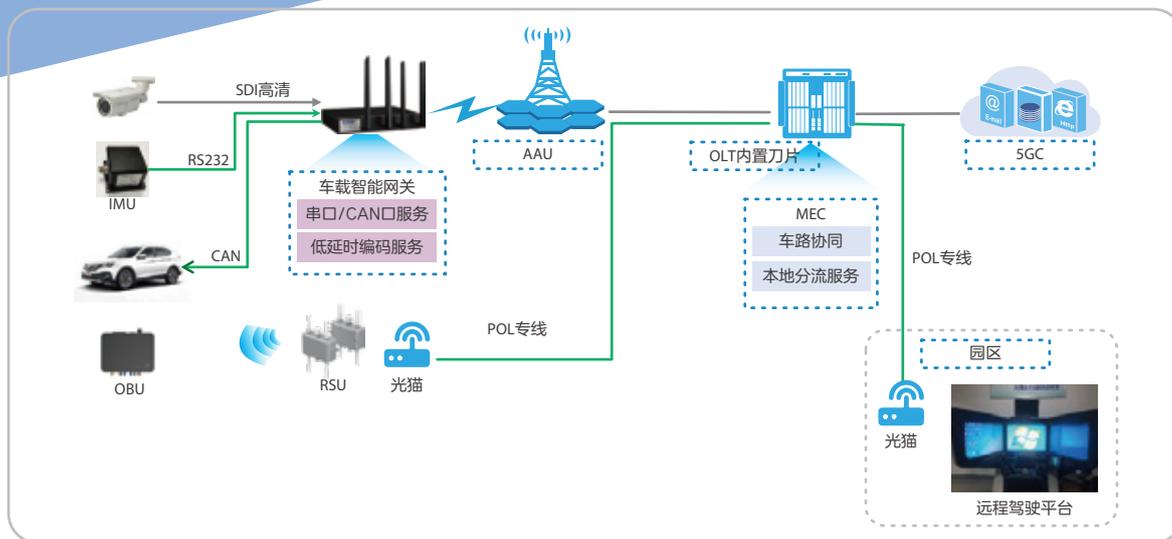
2020年10月，中兴通讯联合山东联通聊城分公司、中通客车三方成功部署全球首个基于OLT内置MEC的远程驾驶方案，验证了OLT内置MEC

方案在ToB场景下的可行性及可复制性。通过该方案的部署，帮助中通客车在智能网联公共交通领域构建核心竞争力，助力山东联通挖掘5G网络应用价值。

创新方案

根据山东联通和中通客车的实际需求，中兴通讯推出定制化的5G+POL+MEC固移融合方案。方案基于5G+10G PON固移融合组网、OLT内置刀片服务器MEC部署两项创新技术，为智慧交通提供了一个有线、无线融合的高性能、低成本、高可靠的解决方案（见图1）。

中兴通讯联合聊城联通在中通客车站区部署5G SA网络，远程驾驶车辆通过超边缘计算网关接入5G网络。在操控中心、路侧单元等网络节点采用10G PON光纤宽带接入，保证信号传输的可靠性和低时延。PON网络P2MP的接入架构实现一根光纤即可连接大量路侧单元（RSU, Road Side Units），成本和可靠性更优。采用5G+10G PON的



◀ 图1 中通客车项目方案示意图

融合组网，为智能网联公交建设打造坚实的网络基础。

MEC计算转发平台是网联公交的算力中枢。中兴通讯创新采用OLT内置刀片服务器部署MEC，与OLT共享空间、供电等资源，无需机房改造，大幅节约成本。同时将UPF下沉到距离用户更近的OLT内置刀片上，实现数据本地转发，大大降低时延。远程驾驶车辆与控制中心的通信时延均降低92%以上，实测时延达到毫秒级，满足智慧交通时延小于10ms的要求。

MEC上部署车路协同、高精地图等应用，实现多维数据实时分析和场景决策，降低车载和路侧终端计算压力；MEC上部署CDN平台，实现基于视频监控、精密地图等数据类业务的存储、流出功能，发挥MEC的巨大优势及潜力，为网联公交快速发展提供更大的空间。

中兴通讯定制化5G+POL+MEC方案具有以下亮点：

- 实现业务可靠传输：5G+10G PON固移融合网络为垂直行业应用提供了更好、更便捷的组网方式。
- 部署更加经济灵活：中兴通讯创新型OLT内置MEC很好地解决了DC化改造以及部署MEC难题，满足接入网多样化应用场景。
- 端到端时延满足远程驾驶要求：方案将5G

UPF和MEP下沉到OLT内置刀片，业务流无需通过上层的5GC核心网，极大缩短传输路径，降低时延。

行业价值

2020年10月，5G远程驾驶车辆在中通客车园区成功运行，经现网验证，业务在网络侧往返传输时延从原来的30ms降低到10ms内，满足5G远程驾驶需求；视频业务端到端延迟从原有的2s降低到100ms内，网络带宽达1000Mbps。同月，该项目荣获Layer123（原SDN/NFV）全球大会“新业务创新奖”和世界宽带论坛BBWF“最佳创新奖”两项大奖，受到业界高度认可。

中通客车实现国内首个5G远程驾驶，在国内交通行业中处于领先地位，极大增强了市场竞争力。2020年12月，中通客车获得开放道路测试牌照。

中兴通讯与聊城联通合作部署5G网络，实现聊城首个5G+行业商用网络，成功验证了固移融合、OLT内置MEC方案的可行性和先进性，有助于聊城联通在基于5G+行业市场拓展应用中掌握核心技术。

结合中通客车项目的成功经验，中兴通讯将与山东聊城联通进一步深度合作，拓展行业市场价值。ZTE中兴

十大创新发布 幸福成都 5G^{nelo}领航

中国·成都

幸福成都，5G领航



刘敏
中兴通讯RAN品牌总监

成都，一座来了就不想走的城市，连续12年蝉联“中国最具幸福感城市”冠军。

在成都，幸福感已经融入了城市的细微肌理，推窗见雪山，文旅活动丰富多彩，生活品质不断提升。5G的到来，让这份幸福更具智慧、活力与潜力。

2020年，四川电信联合中兴通讯共同在成都建设“5G领航城市”，树立成都电信5G标杆网络，打造成都电信5G品牌。2021年伊始，成都电信5G领航城市荣获中国通信企业协会优秀项目奖，为这份幸福满溢的5G成绩单再添喜悦。

幸福源于赋能，让产业焕发新活力

在成都，5G正在与社会民生深度融合，推进全行业加速数字化转型。坚实的5G网络基础为全

行业注入5G智慧，医疗、文旅、工业等传统行业纷纷迈出数字化转型步伐，焕发新生。

5G+医疗：四川电信、中兴通讯和华西医院共同实现了全国首个新冠5G远程会诊，并以“零延迟超高清”5G支持多地“面对面”讨论和两地“同处一室”手术指导。三方还共同实现了首个5G远程跨省CT诊疗、四川首个SICT 5G+医疗机器人探视，以及四川首个5G+VR医疗查房机器人“上岗”。在5G智慧医疗上的突破，缩短了医生和病人之间的时空距离，将华西医院的智慧与经验惠及更多百姓。

5G+文创，全国首个5G双千兆+文创产业基地：成都电信和中兴通讯在完美世界文创园等工业遗址引入5G+MEC+切片方案，实现园区直播视频流量的本地分流，推进4K、8K超高清视频直播在园区的快速部署，改善直播时延体验。园区VR直播视频应用在2020年绽放杯行业应用评比中

“完美文创”和“5G+宽窄巷子文旅”获得优秀奖。

5G+旅游, 5G嗨玩宽窄巷: 2020年6月初, 宽窄巷子依托“5G+VR”技术上线了“全景宽窄”VR景区, 将街景和店铺内景同时搬上“云端”。6月18日—21日, 中国电信四川公司与宽窄巷子景区联合推出“全民5G嗨玩宽窄”5G互动体验活动, 通过5G、AR、MR等全新技术, 以AR新景观、AR寻宝藏、AR抢红包、MR技术体验等形式, 为游客带来全新的景区游览体验。中国电信已经在宽窄巷子景区布局了智慧路灯、智慧垃圾桶、智慧卫生间、VR点餐、全景VR等新应用, 旨在提升宽窄巷子的运营管理效率和数字营销的能力。

幸福源于创新, 成就可持续新未来

创新是成都继幸福之后的第二个关键词, 从5G SA网络架构和产业链的推进、频谱的研究和验证, 到运营商关注的能耗、体验, 及面向行业的关键技术领域突破等方面都蕴含着成都电信和中兴通讯的创新领先的技术实力。

在5G SA商用进程中, 中兴通讯和成都电信一路领航, 2020年初双方率先验证通过了异厂家SA切换, 囊括全部五大芯片平台和主流品牌终端, 现在成都电信已成为电信集团5G SA终端入网测试基地, 为5G SA终端商用入网保驾护航, 加快5G SA商用进程起到了重要作用。

为了实现城美山青、更绿更美更生态的城市环境, 中兴通讯和成都电信高度关注5G碳中和探索, 在成都完成了全球首个基于业务导航的节能商用验证。4G AI智能节能大规模部署, 年度节省365万电费; 5G基于负荷预测AI节能可达到34%的提升。2020年底, 中国电信和中兴通讯的“5G绿色通信”项目荣获全球电信管理论坛TMF的“杰出社会影响力”奖项。

全国首个2.1GHz 40MHz带宽动态频谱共享,

保障4G用户体验同时大幅提升5G用户的业务速率, 实现整网效率最优化, 客户体验最优化。此外, SSB 1+X立体覆盖在成都落地, 让高层楼宇立体综合覆盖提升30%。PRB硬隔离切片专线电信首用, 确保重要用户独占资源, 实现热点区域的服务连续性。

幸福源于精品网, 5G千兆轻松体验

在成都, 一张极致性能的5G网络也让幸福感融入了城市的细微肌理, 融入到了广大市民更美好的信息新生活中。中兴通讯和成都电信通过点-线-面多维覆盖, 全力构建高质量、全方位的5G网络体系, 已经实现了5G网络在主城区的连续覆盖, 以及重点区域的深度覆盖, 为春熙路太古里的千兆体验、宽窄巷子的5G嗨玩、商业综合体高楼层5G体验无忧等老百姓摸得到的幸福感提升, 提供了坚实的基础。

在春熙路, 太古里, 全国闻名商业步行街, 潮文化发祥地, 平均下行速率近千兆, 直播美拍不耽误; 在大运村+凤凰山体育中心, 5G在积极备战大运会、亚洲杯等顶级体育赛事, 多制式多站型多频段精准覆盖, 从容迎接极致话务量高峰; 在成都东站, 西南地区核心的交通枢纽, 西南首个5G室内外全覆盖火车站, 创接入人数最高峰, 单小区峰值用户超200个; 在太升南路, 西南最大消费电子产品商圈, 宏微协同, 1+X立体组网等多手段应对错综复杂密集建筑群, 覆盖率超99%, 下行近千兆, 形成精品5G商圈; 在天府熊猫塔, 中国西部第一高塔: 大运会倒计时1周年活动, 现网全球5G直播。

幸福, 永无止境, 创新, 永不停息。中兴通讯和成都电信将持续领航, 坚持“城市, 让生活更美好”理念, 助力成都实施“幸福美好生活十大工程”, 建成高品质生活环境新标杆和共建共享幸福城市新样本。 ZTE中兴



5G赋能工业智造，

泰国AIS、SUT、中兴通讯合力打造智能工厂



陆焯明
中兴通讯无线产品总监



陈燕飞
中兴通讯无线综合方案经理

2021年5月，泰国移动运营商Advanced Info Service（以下简称“ AIS”）联合素罗娜丽科技大学（SUT）和中兴通讯，共同举行了泰国首个5G智能示范工厂的发布活动。该案例依托5G网络，结合5G云化机器视觉、5G工业自然导航AGV、AR远程指导、VR全景监控以及无人巡检机器人等技术，将普通工厂改造成5G+工业应用创新的智能工厂。

AIS是泰国第一大运营商，泰国电信市场占有率约47%。中兴通讯2015年开始与AIS建立合作关系，成为其网络设备供应商。2020年泰国政府发放5G牌照之后，AIS成为首家提供5G商用服务的运营商，目前已经在全国77个省的主要城市提供5G服务。

素罗娜丽科技大学位于呵叻府。该府是通往泰国东北地区其他各府的关口，位于泰国东部经济走廊（EEC）与东北部经济走廊（NEEC）的交汇处，泰国三个主要的工业园都位于该地区。得益于其得天独厚的地理位置，素罗娜丽科技大学设立了众多与人工智能、云、物联网、虚拟和增

强现实等数字科技相关的课程，培养服务于周边工业园区的人才。与AIS和中兴通讯的合作，将更有利于素罗娜丽科技大学通过实际的设备和网络演示各种5G行业应用，帮助本地企业近距离地感受最新技术，发现利用5G技术改造和提升工厂运作效率、降低成本和扩大生产能力的各种方式。

针对智能工厂的室内覆盖，采用QCell方案提供2.6GHz频段上的5G网络覆盖。通过40MHz带宽，Qcell能够提供下行约250Mbps和上行约40Mbps的峰值吞吐量。这张网络完全服务于智能工厂，所以也可以看作是一张独立于AIS公网的园区私有网络。通过AIS现有承载网络，智能工厂的5G网络能够接入AIS位于曼谷的5G核心网。在另一处位于Rone的机房，部署了智能工厂的相关应用服务器。为了进一步提升相关5G智能工厂应用的网络性能，中兴通讯的MEC服务器也部署在该机房。智能工厂应用服务器和MEC服务器都采用中兴通讯自研的云计算平台。在SUT现场大厅，安装了用于现场演示的PC及TV。3条新

建的路由保障了演示现场、智能工厂、5G核心网和智能工厂应用服务器四地之间的业务连接。

本次在泰国演示的智能工厂方案，将5G技术与传统工厂生产线完美集成在一起。智能制造设备可通过5G CPE或5G模组接入5G网络；5G工业自然导航AGV使用激光+云化增强的视觉定位导航技术，实现自动、快速、准确地规划、移动和工作，提高了工厂、仓库和生产车间效率；5G巡检机器人能够对可疑活动发出警报，在各个区域巡逻，担负保卫职责；5G云化机器视觉通过在边缘云部署机器视觉中台的方式，集中处理来自5G上传的工位图像信息，并进行大屏呈现和工位设备控制，重点解决工业制造领域在产品质检、机器控制、产线监测等方面的痛点；5G AR远程指导可以实现人员远程培训、设备维修以及跨部门协作等，提高工作效率；VR全景监控通过5G+VR技术，实现生产车间360度无死角沉浸式监控，确保整个生产流程可视可控可查。

AIS Business首席企业业务官(CEBO) Tanapong Ittisakulchai表示：“2020年2月，AIS率先宣布推出5G服务，AIS在低频、中频、高频段中拥有丰富的频谱资源。在2020年和2021年，AIS投资预算总额超过350亿泰铢，覆盖东部经济走廊以及全国重点公共卫生场所，支持抗击新冠肺炎疫情。这次与素罗娜丽科技大学教育部门、中兴通讯共同开发解决方案，更好地满足工业的需求，旨在基于工业领域5G整体解决方案，建立一家智能工厂样板。我们在2.6GHz频段上部署了5G独立组网(SA)的数字基础设施，该中段频谱性能出色，能够降低网络延迟，完全支持物联网(IoT)领域应用，非常适合智能工厂案例。”

对于本次智能工厂的演示，素罗娜丽科技大学研究与发展研究所所长Peerapong Uthansakul副教授认为：“AIS和中兴通讯之间的合作旨在



通过技术彻底改变工业实践。双方的开发、研究和共同努力符合我们在国际水平上整合卓越科技的愿景。我们创建了一个研究数据中心，并将这一成就应用于当地和国家的发展。我们让学生、企业家和公众都能参与部署这些创新，扩大创新成果。”

作为智能工厂端到端方案的提供方，中兴通讯副总裁凌志表示：“作为全球领先的综合通信解决方案提供商，中兴通讯愿意在泰国扩展5G智能制造。我们携手AIS和素罗娜丽科技大学，为工业客户提供创新的解决方案，旨在通过5G技术更好地为制造业提供服务，为企业提供灵活、智能的端到端解决方案。中兴通讯致力于用5G助力传统行业，与合作伙伴一起，在超过15个重点行业开展5G应用创新。面向未来，我们将与AIS和素罗娜丽科技大学一起，帮助泰国制造业朝着绿色、低碳、数字和智能的方向发展。”

本次演示是中兴通讯5G+智能制造方案在海外市场的初次亮相，体现了5G技术对未来产业转型和产业升级所提供的巨大助力。中兴通讯将与客户和伙伴继续合作，继续推动5G技术更好地服务于社会。 **ZTE中兴**

智联5G，焕新未来， 构筑智慧广电能力矩阵



刘爽
中兴通讯中国区无线方案
总监

放 眼全球，5G建设正如火如荼地开展，中国的5G发展也正式进入快车道。截至2021年3月底，中国5G套餐用户数已接近4亿，5G终端月度出货量占总体出货量比重也接近80%。与此同时，中国广电与中国移动共建共享的700MHz频段的基站设备、5G手机、CPE终端、芯片模组等不断成熟，700MHz 5G网络建设蓄势待发。

中国广电5G发展具备自身独特的优势。“黄金频段”700MHz协同4.9GHz等频段资源，为广电构筑优质网络基础。基于此，广电可在2B业务发展中重点聚焦与差异化竞争并举，在聚焦煤矿、电力等重点行业的基础上，结合5G广播等差异化业务，在5G垂直行业市场缔造独特的优势。围绕基础网络筑基，泛在算力赋能，差异化业务及行业聚焦并举，中国广电将构筑具备核心竞争力的5G能力矩阵。

700M低频卓越性能，多频协同打造优质网络基础

700MHz网络凭借低频优势，以及穿透强、覆盖广、时延低的性能，可以助力广电快速建成全国连续覆盖网络，强化其2C、2B业务基石。

面向大容量需求场景，广电可在700MHz卓越性能的基础上，结合4.9GHz等频段资源，依据5G用户发展情况适时引入负载均衡，实现多层网络之间的负荷分担。对于边缘或超高速率场景，

可采用中兴通讯提出FAST载波聚合方案。FAST载波聚合方案补充上行容量，且兼顾下行速率，支持共站/跨站灵活部署，高低频有效协同，为广电业务发展奠定优质的网络基石。

打造泛在算力智能基础，强化行业赋能

面向算力智能基础，中兴通讯除了提供面向大型、中型企业的一体化MEC、双架全栈云网柜之外，更是创新性提出NodeEngine基站引擎。该方案仅需要在园区基站上插入一块计算单板，就可以快速开通2B业务，将算力下沉至最边缘，从而在最靠近产业园区的地方将本地业务进行分流和卸载，实现业务数据的“空口一跳直达”。这样即插即用的边缘算力赋能模式，结合700MHz的优质覆盖性能，能够助力广电在2B业务发展中快速高效地构建无处不在的算力网络，快速打造行业赋能模板。

重点行业聚焦与差异化业务发展竞争并举

相比于传统运营商，广电不具备网络基础，2B行业的拓展需与5G网络建设并行，这也决定了广电在2B行业发展需要精准定位，重点行业聚焦与差异化并举，而非大而全的“撒网部署”。

广电可利用700M覆盖优势，对煤矿、电力等行业进行聚焦。以电力行业为例，中兴通讯基



于R16的5G精准授时已完成测试，同步误差最大值在300ns以内，满足电力 $1\mu\text{s}$ 的同步指标要求，这表明700MHz精准授时已具备商用条件。中兴通讯在2020年6月就与河南广电携手完成了700M智能电网的联合创新，完成了差动保护验证。今年，国网陕西省安康供电公司联合陕西广电网络公司、中兴通讯，在国内也完成了基于700MHz 5G电力切片专网的5G+差动保护测试，测试结果显示差动保护终端动作时长最短可达72ms，双侧通信时延最短11ms，这是对700MHz 5G电力端到端切片商用能力的一次重要检验。

作为主流传播媒体，广电可在国计民生、公共安全等领域发挥自身核心优势。例如，在700M广覆盖的基础上结合5G广播特性，构筑安全稳定可靠的通信保障，确保各类灾害发生时紧急消息以及各类政策宣传等内容能及时、高效传达。

5G广播是广电差异化发展的关键因素。面对全新的领域，中国广电可充分发挥广播电视内容优势和5G的支撑能力，将广电5G建设成为一个具有核心竞争力的网络。随着5G广播标准的推

进，中兴通讯持续携手广电推进5G广播高效落地。中兴通讯业界首家实现了5G广播demo演示，并基于商用手机完成了5G NR广播端到端商用验证。今年4月27日，中兴通讯业界首家实现了5G应急广播通信，这对于防灾减灾以及安全生产、消防救援等工作都具有十分重要的作用和意义。未来，5G广播业务将成为广电与传统通信运营商差异化发展的杀手级应用，有利于形成智慧广电竞争新优势。

中国广电采用多频组合打造面向未来的高品质5G网络基础，推进5G通信、5G广播、5G行业的融合纵深发展，三维共生，重点聚焦与差异化竞争并举，加速智慧广电建设，将在差异化发展道路中塑造独属于中国广电的核心竞争力及优势。

智联5G，焕新未来，中兴通讯作为国内5G建设和发展的主力军，期望在未来与中国广电携手同行，建设优质的5G网络，推动特色业务发展，打造具备现代传播特色及竞争力的5G智慧广电体系。 [ZTE中兴](#)

Wi-Fi 6E和Wi-Fi 7技术演进



张志刚
中兴通讯固网产品规划
总监

Wi-Fi技术自问世以来，为世界带来巨大的社会效益和经济效益，成为社会和经济发展的驱动力之一。尤其在疫期间，Wi-Fi保持了用户的联系和娱乐，推动了教育模式变革，增强了医疗保健业务。Wi-Fi技术在弥合全球农村和偏远地区的数字鸿沟方面也做出突出贡献。据一项研究显示，2021年Wi-Fi全球经济价值估计为3.3万亿美元，并持续增长，到2025年预计增长至4.9万亿美元。

Wi-Fi技术演进概况

将近20年来，Wi-Fi高效利用可用的非授权频谱，建立了一种分布式连接架构，使Wi-Fi进入了各种领域，同时使用安全技术保护了用户。Wi-Fi技术的主要优势包括：

- 价格适中的性能；
- 非授权频谱业务；
- 易用性；
- 自助部署；
- 长期兼容性。

Wi-Fi技术演进了多代，为了易于理解，WFA（Wi-Fi Alliance）将基于不同PHY技术的802.11n（2009）、802.11ac（2013年）、802.11ax（2019年）分别命名为Wi-Fi 4、Wi-Fi 5、Wi-Fi 6。

Wi-Fi技术提供的可靠性、安全性、互操作性，以及大容量、高速度、低延迟特性，使其能够支持下一代用例，包括虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、超高清（UHD）视频、多方游戏、物联网（IoT）等。Wi-Fi 6能提供更大容量和更高

性能；WiGig（Wireless Gigabit）在60GHz频段提供极高速率；Wi-Fi HaLow™（IEEE802.11ah标准的简称）可以在IoT等场景提供节能用例。因Wi-Fi 6能够满足下一代用例的需求，减轻了运营部署昂贵蜂窝网络的压力和紧迫性。有研究报告认为，Wi-Fi减轻了60%的蜂窝网络流量。Wi-Fi 6和5G是互补技术，两者都有助于扩大无线网络的丰富性以及整个无线连接结构的强大功能。

Wi-Fi 6E扩展到6GHz频段，改善Wi-Fi频谱短缺问题

过去20年来，对Wi-Fi网络的需求一直在稳步增长，但直到2020年，可用非授权频谱的数量却始终未变。工业界推动各国监管机构开放6GHz作为Wi-Fi新的非授权频段，美国FCC率先批准使用6GHz频段中的1200MHz频谱，这几乎使可用频谱增至原来的3倍。如图1所示，6GHz加入非授权频谱后，可用频谱和信道大为扩展。

如下3个因素使6GHz频段对于Wi-Fi技术的部署特别有吸引力：

- 连续频谱

目前考虑中的6GHz频率与现有5GHz Wi-Fi频率相邻，这有助于减少为已经支持5GHz频段的Wi-Fi设备增加6GHz功能的增量成本。6GHz频段无线电信号的传播特性与5GHz类似，因此现场升级现有设备更容易。类似的传播特性允许复用原5GHz网络覆盖图和指标。

- 更宽的频道

多达1200MHz的连续频谱允许使用更宽的频

道，支持要求严格、需要高吞吐量和低延迟的应用，例如高清视频传送、AR/VR和遥现（Telepresence）。

● 干扰减少

6GHz频段相对不那么拥挤，未来将仅由Wi-Fi 6及后代Wi-Fi设备使用。把对性能要求严格的应用迁移到6GHz频段，将减轻2.4GHz和5GHz频段的拥挤问题，从而改善已经部署的Wi-Fi设备的总体容量和性能。

Wi-Fi 6E设备即运行在6GHz频段的Wi-Fi 6设备，天然具备采用6GHz频谱带来的优势。6GHz上述特色相结合，使Wi-Fi 6E设备能够提供10Gbps速率、极低的延迟和更大的网络容量。

虽然一些国家和地区（如美国和欧盟）已经批准6GHz中或宽或窄的频段用于Wi-Fi，但采用6GHz也需要考虑如下几种场景可能占用6GHz带来冲突：

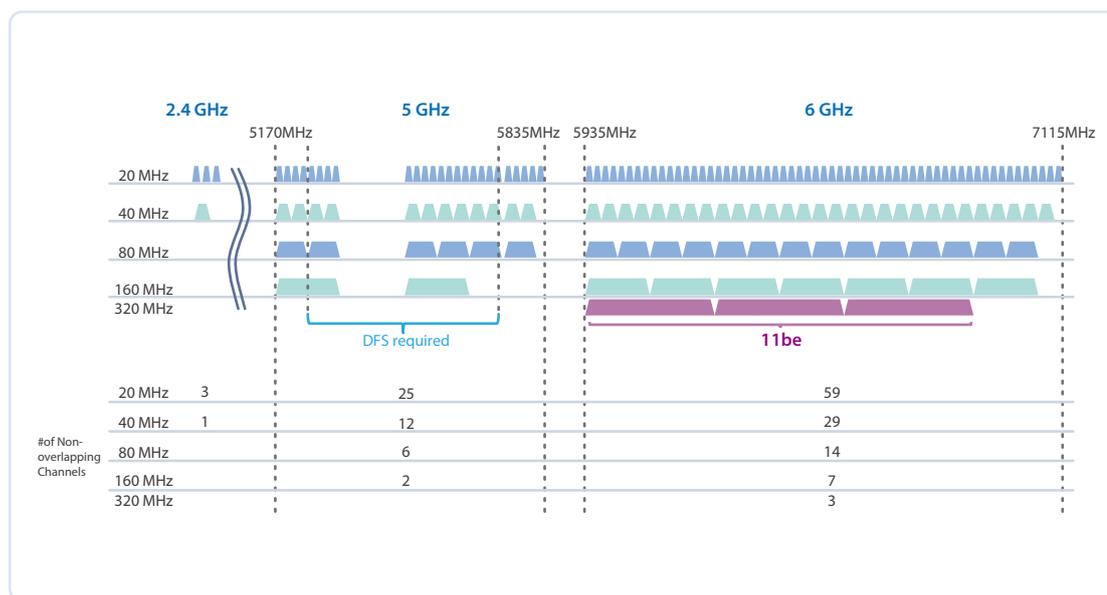
- 5G NR-U（5G New Radio in Unlicensed Spectrum）在3GPP R16版本里定义，5G空中接口可工作于免许可频段。在一些地区，如美国，NR-U

也将被用于部署在6GHz频段的服务。此外，基于NR-U Sidelink的C-V2X服务如果部署，也会占用6GHz部分频宽。

- 美国已经划分了5.9GHz的20MHz给5G C-V2X，部署需要考虑共存问题。
- 2023年世界无线大会WRC-23将会讨论是否将6GHz频谱授权给6G。

Wi-Fi 6E仍然提供以下Wi-Fi 6标准认证功能：

- 多用户多输入多输出（MU-MIMO）：允许同时传送更多下行链路数据，并使接入点能够同时向大量设备发送数据；
- 160MHz频道：带宽增大，能够以低延迟提供更高的性能；
- 目标唤醒时间（TWT）：显著延长物联网（IoT）设备等Wi-Fi设备的电池寿命；
- 1024正交幅度调制模式（1024-QAM）：通过在相同数量的频谱中编码更多数据，提高Wi-Fi设备的吞吐量；
- 发送波束成形：在给定范围内支持更高的数据速率，从而提供更大的网络容量；



◀图1 6GHz扩展了包括2.4GHz、5GHz在内的非授权频谱范围

- 正交频分多址 (OFDMA)：有效共享频道，以在要求严格的环境中提高网络效率，降低上行链路和下行链路流量的延迟；
- 增大的符号持续时间支持可靠的室外性能；
- 改善的MAC信令，提高效率；
- WPA3更高的安全性；
- 空间复用 (Spatial Reuse)，通过BSS Coloring技术，提高高密场景效率；
- 4xlonger OFDM符号 (Symbol)，子载波从Wi-Fi 5的312.5kHz降到78.125kHz，提高效率。

Wi-Fi 7，重点提升速率

Wi-Fi 6协议组的名称为IEEE 802.11axHEW (High Efficiency WLAN)，主要目标是提升效率；而Wi-Fi 7协议组名称为IEEE 802.11be EHT (Extremely High Throughput)，一个重要的目标就是提升速率。特别地，视频流量仍是许多WLAN部署中的主要流量类型。由于出现4K和8K视频 (20Gbps的未压缩速率)，对吞吐量的要求在不断提升。新的高吞吐量、低延迟应用将大量涌现，如虚拟现实或增强现实、游戏、远程办公室和云计算。由此，Wi-Fi 7 (802.11be) 标准制定的目标是：

- 至少配置一种能够支持至少30Gbps的最大吞吐量的工作模式；
- 支持1GHz~7.125GHz频段 (2.4GHz/5GHz/6GHzbands)；
- 向下兼容11a/b/g/n/ac/ax，定义了至少一种

能够改进最坏情况延迟和抖动的操作模式。

Wi-Fi 7标准工作2019年启动，成立了TGbe (Task Group be)，计划2024年发布标准，标准推进里程碑如图2所示。

Wi-Fi 7 (802.11be) 中，主要候选技术特征包括：

Wi-Fi 5、6、7三代Wi-Fi主要的技术特征对比如表1所示。

- 最多可以支持16个空间流，总速率比Wi-Fi 6提1倍，并且对于MIMO工作机制进行增强；
- 带宽最大支持320MHz，单条流速率比Wi-Fi 6提升1倍，并且允许非连续信道进行聚合使用；
- 支持4096QAM，相比Wi-Fi 6 1024QAM性能提升20%，并且对于MIMO工作机制进行增强；
- MLO (Multi-Link Operation) 和Multi-RU (Preamble Puncturing)，允许不同的频带、信道间进行链路层面上的聚合和协作；在多频带/信道下进行流量切换 (traffic steering) 和负载均衡 (load balancing)，利用多频带/信道进行并发传输，以及重复传输增加可靠性；
- Multi-AP Coordination，采用多AP间的协调和联合传输技术，通过避免BSS之间干扰和碰撞、多AP发送同一数据帧、AP收集非关联STA的CSI信息等手段，明显改善多AP环境中的网络性能，尤其是用来改善家用或者商业部署中越来越多的Mesh APs；

图2 Wi-Fi 7标准推进里程碑



标准版本	802.11ac (Wi-Fi 5)	802.11ax (Wi-Fi 6)	802.11be (Wi-Fi 7)
发布时间	2013年	2020年	2024年
工作频段	5GHz	2.4GHz、5GHz、6GHz	2.4GHz、5GHz、6GHz
最高传输速率	1Gbps	10Gbps	46Gbps
传输技术	MU-MIMO OFDM	MU-MIMO, OFDMA (单STA单RU)	MU-MIMO, OFDMA (单STA多RU), Multi-AP, Multi-link
信道带宽	20/40/80/160/80+80 MHz	20/40/80/160/80+80 MHz	20/40/80/160/240/320/80+80/160+80/160+160 MHz
天线数目	8×8	8×8	16×16
调制方式	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM、1024QAM	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM、1024QAM、4096QAM
编码	卷积码、LDPC	卷积码、LDPC	卷积码、LDPC、其他

◀表1 三代Wi-Fi技术的特征对比

- 采用增强的链路自适应和传输协议，比如采用HARQ (hybrid automatic repeat request) 技术；
- 增强低时延能力，为了支持RTA (Real-time Application)，TGBE分析了IEEE802 TSN的主要发现，并讨论了如何改进EDCA、Enhanced UORA等；标准委员会正在进行的讨论涉及backoff procedure、AC (Access Categories)，以及报文服务策略等。

802.11be是Wi-Fi下一代重要的里程碑，它的目标是提供极高的吞吐量和支撑低时延业务，目前标准还处在很初级的阶段。以上介绍了若干项创新，理论上来说，高吞吐和低时延的目标通过EHT PHY (4096 QAM, 320MHz, 16×16 MU-MIMO, EHT Preamble) 就可以实现，然而实践中，由于未授权的频谱、干扰和巨大的开销，仅EHT PHY不能为最终用户提供显著的输出和延迟增益。这就是为何TGBE也探讨了其他重要创新的原因，如改进的EDCA、灵活的OFDMA、多链路、降低信道探测 (channel sounding)。最后，TGBE讨论了可以提高频谱效率的高级PHY方法，如混合自动

重传请求HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request)、非正交多址技术 (NOMA) 和全双工FD (Full Duplex)，以及各种Multi-AP协作方法。在这一组建议中，我们看到了另一种范式的转变，即从通过在时间/频率/空间或功率上分离传输来减轻干扰，转变为在分布式大规模天线系统中进行联合传输。尽管TGBE可能会推迟下一个Wi-Fi版本的许多Advanced PHY和Multi-AP协作功能，但这些技术为我们指明了Wi-Fi 7之后的进一步发展方向。

中兴通讯积极参与Wi-Fi 7技术规范的制定，在OFDMA操作性能、RU分配机理、MAC对RU分配的支持技术、Multi-Link中低时延支持技术、信道访问机制、MLD之间的协调操作、低时延的时延统计指标测量及优化等方面，提供了理论支持、工程验证。

随着Wi-Fi技术不断创新，持续提供各种解决方案以满足日益增长的用户需求并随时随地保持用户的高质量连接，Wi-Fi对全世界的社会和经济价值将不断增加。 ZTE中兴

ZTE中兴

让沟通与信任无处不在