

华为技术
HuaweiTech
 EXPLORE · INNOVATE · INSPIRE

总第 **096** 期

2024年 第1期

引领商业成功

**拥抱 5G-A
 释放产业红利**

引领数智转型

**EM2.0 模式：非洲运营商
 数智化转型发展之路**

创新引领未来

**共同定义 5G-A 时代 ICT 架构
 共赢新机遇**



扫描体验移动阅读

**拥抱5G-A
 引领智能世界加速到来**

内部发行 免费赠阅

出版物准印证号
 粤B L0230032

5G-A Use Cases

面向 **5G-A时代** 的4大业务趋势和10大应用场景



人

家

车

物

企

【内容3D化】

裸眼3D视频, 3D直播, XR...

【大屏智能化】

大屏/多屏娱乐, 车路协同...

【内容生成AI化】

文生图, 文生视频...

【全连接智能化】

Passive IoT, Redcap, 柔性生产,...

构建万物互联的智能世界

拥抱5G-A, 引领智能世界加速到来



华为高级副总裁、
ICT 销售与服务总裁
李鹏

来而不可失者，时也；蹈而不可失者，机也。

当前，智能技术突飞猛进，智能化应用日益丰富，人类社会正在加速进入到 All Intelligence 的智能时代。据《智能经济使能可持续发展》报告分析，2030 年全球智能经济规模将达 18.8 万亿美元。随着智能时代的加速到来，“信息流、价值流、时空流”正在被重构，为 ICT 行业带来新的发展机遇。

智能化不断提升信息获取、呈现、传送、存储、处理的整体效能，重构了信息流。 根据预测，“内容生产”将迎来大爆炸的奇点，仅 2026 年一年，AI 将产生超过 2500 亿张的高质量图片、7000 多万部短视频。以 AIGC 为代表的新的内容生产方式，以 AI 手机、数字人、智能车为代表的新的连接对象和连接场景，以及云边端协同的新的“存算”模式，以 Open Gateway 为代表的网络能力开放将释放万亿 GB 的流量红利。

创新应用让“上行速率、QoS、时延”等体验倍受用户关注，带来新的价值流。 权益、SLA 等新变现商业模式不断涌现，为 ICT 行业开拓出千亿美元的增收空间。例如，运营商为直播业务设计了保障上行体验的套餐，通过变现“上行速率，QoS 保障”等多维商业量纲，ARPU 增长了 70% 以上。运营商利用 5G 新通话的位置服务、实时交互等能力，不仅为用户提供出行、车险等方面的便利，自身也实现了 B2B2C 新商业模式的升级。

泛在联接不断帮助人类突破时空限制，让信息与价值更快、更广地流动。 如今，基于大带宽、低时延、全场景的联接能力提升，智能无人车可以实现 7*24 小时工作；工业生产可以实现更实时的控制；云手机的普及可以让用户随时随地使用云端高质量算力开展云游戏、云办公；从电网到制造，从仓储到物流，更多的广域物联场景需要支持 10 倍以上的联接密度与定位精度。

“信息流、价值流、时空流”的重构将激发更高的网络需求，5G-A 网络成为迈向智能化时代的“必由之路”。图强创新，中国、中东、欧洲的部分领先运营商开拓前行，在商用网络中验证了 5G-A 的能力，涵盖了智慧人联、家联、车联和场馆等多个场景，“万兆智慧之城”如雨后春笋，蓬勃生长。

华为也已于 5G-A 商用元年做好准备。2024 年巴塞罗那通信展上，华为发布了全场景、全系列的 5G-A 产品解决方案和业界首个通信大模型，帮助运营商提供更好的用户体验并持续提升运营运维效率。

正如诗人纪伯伦所说：“进步不在于改善已有的事物，而是引领将要产生的事物。”华为愿同全球运营商与伙伴携手并进，面向明天的应用，建设今天的网络，拥抱技术创新，引领智能世界加速到来！

李鹏

主 办 华为技术有限公司
ICT 战略与 Marketing
出品人 周 军
本期顾问 宋晓迪
主 编 邢竞帆
特约主编 唐晓强
编 辑 付栋炜
GARY MARCUS MAIDMENT
美术编辑 周书敏 许创亮
本期编委 王享田 王钰华 朱 伟 龚 涛
留浩飞 漆福水 何 慧 唐 江
张力强 曾晓菲 魏永富 赵英男
杜彦琛



关注 HuaweiTech,
探索前沿科技,
洞察行业趋势,
解读技术创新,
共享成功实践。

索阅、投稿、建议和意见反馈请联系
HuaweiTech 编辑部
Email HWtech@huawei.com
地址 深圳市龙岗区坂田华为基地 G1
邮编 518129
电话 (0755) 89241326
出版物准印证号 粤 B L0230032

印刷单位: 雅昌文化(集团)有限公司
印刷地址: 深圳市南山区深云路 19 号
印刷日期: 2024 年 5 月 10 日
印数: 10000

版权所有 © 2024 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, 除非适用法律要求, 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者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。

特邀文章

全面智能化之路 06
华为副董事长, 轮值董事长
徐直军

引领商业成功

拥抱 5G-A, 释放产业红利 14
华为 ICT Marketing 与解决方案销售部总裁
刘康

**全覆盖、厚覆盖、短接入、
易接入——华为 ODN 3.0 让
光网无处不在!** 18
华为家宽解决方案 CTO
赵麦庆

**从默默无闻到全国冠军,
5G 助力轨道交通数字化** 30
华为 ICT 销售与服务部
高级咨询专家, 营销专家
何涛

引领网络演进

**中东领航 5G-A 时代,
加速迈向智能世界** 40
华为中东中亚 ICT Marketing 与解决
方案销售部部长
唐臻田

**未来全光网络架构
及关键技术设想** 46
华为光产品线技术规划部长,
首席技术规划师
唐晓军

**APN6 使能云网
边端协同系统创新** 52
华为首席协议专家,
IETF 互联网架构委员会
(Internet Architecture Board, IAB) 前委员
李振斌

**AI 数据湖: 连通数据孤岛,
加速智能涌现** 60
华为数据存储产品线营销运作部部长
樊杰

引领数智转型

**网云智四层三重构,
ICT 加速进入智能时代** 68
华为综合解决方案 Marketing 部部长
汪苏

**EM2.0 模式: 非洲运营商
数智化转型发展之路** 74
华为北部非洲 ICT Marketing
与解决方案销售部部长
孟庆涛
华为北部非洲 Marketing 部部长
王杰
华为埃塞俄比亚分公司总经理
刘冀帆

**打造数智平台, 以应用驱动
产业协同, 加速智能转型** 82
华为战略营销首席专家
李常伟

**AI ready 的智云助力
运营商数智化转型** 90
华为 ICT 计算产品与计算方案
(运营商领域) 首席架构师
王晓滨

创新引领未来

**共同定义 5G-A 时代
ICT 架构, 共赢新机遇** 98
华为首席战略架构师
党文柱

AI, 一座迈向 6G 的桥梁 104
华为无线 CTO Huawei Fellow
董文
华为无线研究高级 VP Huawei Fellow
朱佩英
华为无线研究技术 VP
马江镭
华为无线研究高级专家
陈雁

全面智能化之路

华为轮值董事长徐直军在华为第 21 届分析师大会的主题演讲，围绕“全面智能化之路”，分析了 2024 年的关键趋势和机会，介绍华为在 AI 领域的研究和实践，以及对下一步发展的思考。

女士们、先生们，大家上午好。非常欢迎大家从世界各地来到美丽的深圳，参加华为第二十一届分析师大会。在座的很多机构和个人，共同见证了华为公司这 20 多年的成长，见证了华为的每一步发展。我在这里代表华为，真心地感谢大家。

此次我分享的主题是“全面智能化之路”，主要是考虑到 AI 大模型是当下的产业焦点，因此想主要介绍一下华为这么多年在 AI 领域的研究和实践，以及对下一步发展的思考。

首先看看 2024 年的关键趋势和机会。

第一，5G-A 将在 2024 年开始规模商用。预计在 2024 年 6 月 3GPP 关于 5G-A 的第一个标准 Release 18 就会冻结，紧接着就会有 5G-A 对应的产品和解决方案投入商用。在 MWC 2024 期间，华为也已经展示了 5G-A 端到端、全系列解决方案。我们也一直在跟全球领先的运营商密切探讨，尽快把 5G-A 投入商用，给消费者带来更好的网络体验，推动产业进一步发展。

第二，大模型正在加速 AI 的技术突破和应用发展。关于这点业界没有分歧，随着 OpenAI 的 ChatGPT 的推出，全世界都在关注大模型。来自各行各业的企业都在建设算力设施，结合自身的业务需要训练大模型，同时也期望在这个风潮中找到新的机会，未来有更好的发展。

第三，清洁能源发电占比持续提升，光伏和风电加速成为主力能源。在中国尤其如此，中国目前正在大规模发展太阳能发电和风能发电。同时，欧洲及全球很多地区也一样。在这种趋势下，以光伏和风电为基础的新能源会加速成为主力能源。

第四，新能源汽车产业会持续快速发展，并从纯电动走向智能化。中国汽车突然间成为了全球热议的话题，主要是由于电动汽车的发展。尤其随着去年智能电动汽车的陆续推出，消费者发现智能驾驶真正带来了体验的提升，从而逐步接受智能驾驶，



文 / 华为副董事长，轮值董事长
徐直军

使智能化成为了新的趋势。在走向电动化的过程中，最大的挑战还是充电基础设施，如果没有好的充电基础设施，电动化就很难快速发展。在这种情况下，华为在去年推出了超级充电桩，使电动汽车充电一秒钟就可以跑一公里，一杯咖啡的时间就能够充满电，使得消费者真正意义上可以放心地购买和使用电动汽车。华为正在中国和全球，与伙伴一起，快速推进超级充电桩的部署，构筑高速充电网络和城市充电网络，消除电动汽车用户的充电焦虑，使得电动汽车真正能普及开来。

最后，我们认为，全球的经济环境和地缘政治环境依然不乐观，同时美国对中国的遏制和打压，还将不断升级。

接下来，结合我们对以上趋势和机会的判断，分享一下我们在 2024 年的关键战略举措：

自 2018 年 10 月发布华为 AI 战略及全栈全场景 AI 解决方案以来，我们一直在坚定地执行战略和打造 AI 解决方案，持续推进全面智能化。

第一个举措，坚持以质取胜，实现高质量的发展。

华为这些年来一直在深化基于 ISO 9000 的全面质量管理体系，沉淀过去 30 多年来在质量管理上的成功经验和能力，结合各个产业的特点，开展全面质量管理，以实现高质量。我们坚信，不管世界如何变化，只有高质量才是华为持续走向未来的关键。同时在公司各产业，构建端到端质量管理体系，将质量要求构筑到各业务流程中，用高质量的产品和服务持续赢得客户选择和信赖。由于我们的供应链发生了彻底的变化，所以还要将质量要求和质量管理延伸到供应商、渠道及合作伙伴，推动产业链共同进步，通过共同的质量提升构筑面向客户的高质量。

第二个举措，持续优化产业组合，增强发展韧性。

这些年来，我们一直在持续优化我们的产业组合。现在已经形成由 ICT 基础设施、终端、华

为云、数字能源、智能汽车解决方案等面向客户的产业组合，以及由 2012 实验室、海思作为后盾的技术支撑平台。这些产业中，既有传统的优势产业，比如 ICT 基础设施中的通信产业；也有开创型的产业比如 ICT 基础设施中的 AI 计算产业；既有稳定发展的产业，也有快速成长的产业；有依赖先进工艺的产业，也有不依赖先进工艺的产业，比如数字能源；有硬件主导型产业，也有软件主导型产业。这其中华为云、数字能源、智能汽车解决方案等产业都在增长。无论从产业结构看，还是从未来发展空间看，我们已经构筑了一个有强大韧性的产业组合，从而为公司的持续生存和发展奠定了坚实的基础。

第三个举措，构建生态，打造统一的开发者平台，实现共赢发展。生态对于华为的产业发展至关

重要，华为已经决策，在 2024 年及未来五年，将强力战略投资生态的发展，通过生态的发展牵引、促进、带动终端产业和计算产业的发展。

首先是打造鸿蒙原生应用生态，这是华为 2024 年最关键的事情。鸿蒙操作系统采取的是一个创新的架构，一开始就基于物联网操作系统打通了所有的端，然后打通从物联网终端到移动终端，到家庭终端，也包括笔记本、PC 机等，能够一个操作系统，全面覆盖。过去的鸿蒙操作系统更多是在南向适配各种各样的端设备，但是在北向的应用上还是共享安卓的应用生态。华为希望通过 2024 年一年的时间，先在中国市场把智能手机上使用超过 99% 时间的 5000 个应用全面迁移到鸿蒙原生操作系统上，真正实现操作系统和应用生态的统一。同时我们也在推动更多的其它应用，也能迁移到鸿蒙操作系统上。现在 5000 多个应用里面，有 4000 多个应用已经明确了迁移计划，还有不到 1000 个应用正在沟通中。这个迁移工作量是巨大的，已经得到了整个产业界和应用开发者的广泛支持。当我们把这 5000 个应用以及其它成千上万的应用都从安卓生态迁移到鸿蒙操作系统上时，我们的鸿蒙操作系统就真正完成了打造，并真正成为除了苹果 iOS 和谷歌安卓外的全球第三个移动操作系统。我们首先立足中国市场打造鸿蒙操作应用生态，未来逐个国家推广，逐步推向全球。

其次是打造鲲鹏生态。在 2019 年我们开源了通用计算操作系统 openEuler，接着在 2020 年开源了数据库 openGauss。经过这几年的努力，在中国 75% 以上的应用软件已能跑到鲲鹏处理器上，再经过未来几年的努力，期望能够推动中国所有的应用软件既能跑在 X86 处理器上，也能跑到鲲鹏处理器上。

然后是打造昇腾生态，这是华为发展人工智能的关键。这些年来围绕昇腾处理器、CANN 和 MindSpore，华为一直在构筑昇腾生态，在整个产业界的努力下目前取得了很大的进展。我们期望未来基于 CANN 和 MindSpore，企业和开发者能够训练所有大模型，也能完成所有的推理工作。

同时，面向鲲鹏、昇腾和鸿蒙生态所有的开发者，我们将基于华为云打造一个统一的开发者平台，

给开发者一个统一的入口，让开发者在这三个生态上自由地移动。这些就是未来几年华为战略投资和重点打造的生态领域，基于这些生态的建设，我们将能够为世界计算领域提供第二个选择，同时为世界提供第三个移动操作系统。

第四个举措，打造光风储发电机，解决光伏、风能等新能源对电网的冲击。

华为为数字能源业务做了多年的太阳能发电的逆变器，在跟新能源发电企业和电网沟通时，发现太阳能发电和风电并网对电网的冲击很大。电网在光伏和风电发电的接入和消纳方面一直面临非常大的挑战，使得大量的新能源发的电没法上网，只能丢弃，这是一个世界级的难题。如果这个难题不解决，新能源发的电很难成为主力能源。在这种情况下，华为经过持续探索，找到了对应的解决方案，我们取名叫做光风储发电机。光风储发电机是基于储能和变流器，通过构网控制算法，模拟同步发电机的有功功率控制和无功功率控制的原理，建立电力系统的电压和频率，主动构网，从而解决光伏、风能等新能源对电网的冲击。最终使得新能源发的电像传统火电和水电一样，能够被电网所接受。这种情况下，可以理解为所有的新能源发电就是跟传统发电站发的电一样，从而助力光伏、风电加速成为主力能源。

第五个举措，也是今天要重点阐述的，华为如何抓住智能化战略机遇，推进全面智能化。

华为公司的 AI 战略以及全栈全场景 AI 解决方案是在 2018 年 4 月的分析师大会向大家预告的，并在 2018 年 10 月的全联接大会正式发布的。在 2023 年 9 月的全联接大会上，华为进一步发布了全面智能化的战略，今天我将更具体地阐述华为如何来全面推进智能化。

用 AI 以及大模型来增强产品竞争力，同时打造新的产品和解决方案。主要包括：

- **以昇腾服务和盘古大模型使能行业智能化。**2017 年华为在华为云专门成立了企业智能的组织，简称 EI，并发布了 EI 企业智能服务，目标是用 AI 解决各行各业问题。早期基于专用算法、专用模型，面向金融、工业、矿山等各行各业，针对各种各样的问题，推出了相当多的解决方案，当时还



图：华为副董事长、轮值董事长徐直军发表主题演讲

没有大模型。到 2018 年发布了 AI 全流程开发平台 ModelArts，使能产业伙伴，基于华为提供的开发平台、工具等 AI 能力，开发 AI 算法和应用，解决各行各业的问题。2021 年，我们发布了盘古大模型，推出了全球第一个最大的千亿参数的中文语言预训练模型以及 30 亿参数的视觉预训练模型。2021 年全联接大会上，我也详细阐述了华为大模型的战略方向主要是使能各行各业的智能化。2023 年，我们进一步推出了盘古大模型 3.0 以及开始打造 AI 原生的基础设施。下一步的重点，一方面通过盘古大模型服务，持续深耕行业，解难题、做难事，帮助客户训练好自己的大模型，让客户用自己的大模型解决自己的问题。同时，我们持续构建昇腾云服务，为各行各业提供澎湃的 AI 算力服务，通过 ModelArts 提供全生命周期的模型开发工具链，支持普惠的大模型训练和推理。我们同时持续打造 AI Native 云基础设施，通过分布式擎天架构，突破算力边界，突破网络边界，突破存储边界，最佳匹配 AI 算力模型。

- **打造自动驾驶网络，革命性改变通信网络运维模式。** 电信运营商网络运维是非常复杂的，因此成本也非常高。因此在 2018 年的日内瓦 UBBF，华为参考汽车自动驾驶的分级理念提出了自动驾驶网络的概念，也就是 ADN（Autonomous Driving Network）。经过这么多年和电信运营商持续的探讨、联合创新，形成了大量的 ADN 解决方案，到今天，ADN 已经成为网络运维智能化转型的战略共识。而大模型出来以后，自动驾驶网络的目标更加具有现实意义了，运营商都希望自己的网络能够尽快实现自动驾驶、实现 L4 高度自治，未来实现完全自治，带来以“零等待、零中断、零接触”为标志的极致的用户体验，和以“自配置、自修复、自优化”为标志的极简的网络运维。华为将与中国及全球运营商合作打造

通信大模型，并首先通过基于角色的 Copilot 和基于场景的 Agent，帮助运营商赋能员工，提升用户满意度，让运营商尽快因大模型技术和自动驾驶网络而获益。

- **基于盘古大模型，打造“小艺”超级智能体。** 在终端领域，华为是最早把 AI 引入到智能手机的，事实上华为在 2016 年就开启了 Mobile AI 的时代。在这个过程中，不断把 AI 引入到影像、翻译以及各种手机应用。并逐步把 AI 从手机扩展到全场景的各种智能解决方案，包括智慧家庭、智能汽车座舱等。但之前都没用到大模型，很多场景用专属模型也够了。随着大模型出来以后，为每一个终端用户配一个智能助手，越来越成为了现实。下一步期望是，基于盘古大模型把“小艺”打造成为超级助手，并把 HarmonyOS Next 打造成为一个原生智能的操作系统，统一 AI 能力底座，构建系统级原生智能。
- **打造自动驾驶解决方案，最终实现无人驾驶。** 自动驾驶业务也是华为最开始投资 AI 的重要领域，因为自动驾驶的目标是无人驾驶，是 AI 的应用最为挑战的场景之一。2019 年在上海国际汽车工业展华为提出打造智能驾驶方案，2022 年推出了自动驾驶 ADS 1.0 版本，基于高精地图把“AI+规则”结合起来，第一款车就引起了市场轰动。2023 年推出了自动驾驶 ADS 2.0 版本，现在市场上跑的车，比如问界 M7、M9，阿维塔等，用的都是 ADS 2.0 的版本。在高速上接管率非常低，在城区不依赖高精地图全国都能开，而且越开越好开，比人还会泊车，同时在业界首创了全向防碰撞系统。这些进步让消费者真正看到了智能驾驶带来的体验提升。现在，中国消费者对汽车智能驾驶已经非常熟悉了，购买新车时配智能驾驶高阶版本的比例非常高，汽车的智能驾驶能力也已

经成为中国消费者购买新车时重点考虑的因素。为什么华为的智能驾驶能够做到领先？首先，我们的起点就瞄准 L4 的架构和 L4 的目标来开发，然后向下适配不同车型的智能驾驶配置要求。其次，到今天还是有争论的，到底未来要不要激光雷达？如果用纯视觉摄像头方案能够彻底解决当然好，但我们研究认为，视觉摄像头、毫米波雷达、激光雷达三个传感器各有优缺点，目前没有一个传感器能够解决所有问题。同时用了激光雷达在安全上带来了明显的好处，尤其是在 AEB 上，激光雷达发挥的价值比其它传感器都大很多。所以我们提出融合感知方案，把激光雷达、毫米波雷达、摄像头等充分结合起来，通过把多种传感器融合在一起，更有利于未来实现自动驾驶的目标。同时我们提出期望未来可以把激光雷达的成本做到 200 美金，从而解决成本的顾虑。

- **把 AI 引入华为内部管理，持续提升运营效率与用户体验。** 华为把 AI 引入到内部管理分为两个阶段。第一阶段对准业务重复、海量、复杂的场景，用 AI 提升公司内部运营效率，比如看发票、生产线检测、基站安装等。2018 年开始公司内部成立了人工智能使能部，帮助公司各个环节利用 AI 技术来提升效率。第二阶段，抓住 AI 大模型技术变革的机遇，各业务领域一体化协同，形成信息、决策、行动优势。下一步我们会基于盘古大模型以及企业高质量数据构建企业大模型，通过大模型重构业务模式。一方面把 AI 大模型与人结合起来，使得每个员工都有“懂我”的智能助手；另一方面把 AI 大模型跟事情结合起来，将大模型全面引入到研发、销售等各领域，重构作业模式，提升业务效率。
- **投资 AI 基础研究，推动人工智能持续创新。** 华为在 AI 基础研究上一直有着较大的投资。在 AI 国际顶会上，华为每年都有 200-300 篇论文发表，近期数次在优化理论、模型量化、优化器、

生成模型理论等方面获得大会最佳和优秀论文奖。2017 年华为把所有的 AI 研究统一到诺亚方舟实验室，这些年诺亚方舟实验室在 AI 领域的研究取得了很多成果，比如手机上 AIHDR 算法、加法网络、第一个千亿参数稠密中文语言大模型，以及 HEBO 黑盒优化平台等。这些基础研究的成果支持了华为通过 AI 技术提升产品和解决方案竞争力，提升内部效率，以及开创新的产业。下一步我们将持续投资 AI 基础研究和 AGI 技术，构筑基于 AI 大模型底座的通用人工智能能力，构建数据高效、能耗高效的基础 AI 能力。这些 AI 的基础研究方向包括基础模型架构、高效训练、端侧大模型，多模态理解、多模态生成、长链条推理、决策优化、AI 智能体自演进、世界模型等。

- **积极参与全球的 AI 治理，增加人类、社会和环境的福祉。** 我们认为 AI 应服务于人，提高人的工作效率和生活品质，通过 AI 使能行业数字化，改变行业的生产方式，成为各行业进入智能世界的核心引擎；要持续降低 AI 的技术门槛，让每个人、每个家庭、每个组织拥有平等获取和使用新技术的机会。同时，AI 应用于为社会创造更广泛的福祉等善意的用途，在 AI 的设计、开发和使用过程中，要审慎评估新技术对社会带来的长期和潜在影响，避免技术滥用。以及，AI 应用于生态环境保护 and 可持续发展，积极运用 AI 来研究、解决全球关注的问题，如联合国可持续发展目标。

总结来讲，自 2018 年 10 月华为发布 AI 战略及全栈全场景 AI 解决方案以来，我们一直在坚定地执行 AI 战略和打造 AI 解决方案，在各个领域上也取得了一定的成果。面向未来，我们将持续推进全面智能化，为客户贡献更有竞争力的产品和解决方案，真正解决各行各业的问题，推进各行各业的智能化，期望跟产业界一起让智能无所不及，谢谢！

01.

引领商业成功

拥抱 5G-A， 释放产业红利



文 / 华为 ICT Marketing 与解决方案销售部总裁

刘康

5G-A 作为 5G 技术的自然演进，网络能力提升十倍，引起产业热议。2024 巴塞罗那通信展期间，在 Mobile World Congress 举办的 5G Advanced: Completing the Enterprise Opportunity 论坛上，华为提出 5G-A 使能产业加速迈向数智化。

5G 商用至今已经取得广泛成功。截至 2023 年底，全球已经部署有 294 张商用网络，拥有超过 14 亿的 5G 用户。5G 已经成为运营商收入增长的主要引擎。90% 投资 5G 的运营商在 2023 年收入同比正增长，已经实现商业正循环。在行业领域，5G 助力千行百业数字化转型，已形成 5G+ 机器视觉、5G+ 远程操控等十多种高价值、规模化应用场景，成为驱动数字经济发展新引擎。

产业正在巨变，呼唤联接技术再升级。生成式 AI 的快速发展带来无限可能，驱动流量爆发、5GtoB 进入到生产环节深水区、裸眼 3D 技术达到体验临界点……，新业务、新联接、新体验的不断涌现，带来了前所未有的机遇，领先运营商也开始从流量变现走向确定性体验变现和融合新业务变现，这些均对现有网络的能力提出更高要求。

5G-A 是 5G 技术的自然延伸，5G-A 带来更高速率、更低延迟、更高网络可靠性、更广联接并内生智能，满足未来社会对于通信网络更高的需求。

5G-A 支持更多的载波聚合，带来下行传输速度达到万兆，上行千兆，网络能力提升十倍

5G-A 是个长期演进过程。第一阶段以 260MHz 以上的 TDD 3CC 聚合带来至少 5Gbps 以上的峰值速率，首次将无线网络下的人联业务体验由尽力而为升级到确定性体验，第二阶段将实现 10Gbps 下行峰值速率目标。

5G-A 带来确定性体验的网络将显著提升消费者的使用感知，过去内容交互的方式主要是语音和 2D 视频，未来的交互将是以 3D 视频、XR、全息等为主的完全沉浸式交互，体验升级的同时对联接的要求更高。过去一般业务要求时延在 100 毫秒，而未来业务要求时延达到 10~20 毫秒，时延要求提升 10 倍，这意味着需要用 3CC 为典型部署模式的 5G-A 网络以实现体验跃升。此外，在高铁站、地铁站、机场等交通枢纽，以及商业办公、体育馆、旅游景点等场所，3CC 的带宽优势更有利于发挥作用。

在家庭市场，FWA 将持续演进到 FWA²，也将带来新的三大应用场景，即满足高速业务需求的

FWA Pro，可以提供 1~2Gbps 带宽的体验，还可以提供确定性体验保障，提升服务等级，支撑家庭超高清视频、VR 等应用；高性价比的 FWA Lite，面向 4G 向 5G 迁移市场和当前无联接的新市场，在建立和迁移家庭用户的同时，运营商可以释放 4G 频谱资源给 5G，提升网络效率；面向行业市场的 FWA Biz，从 FWA 延伸出来的面向企业市场的解决方案，可实现 99.99% 的稳定联接，20ms 低时延，让运营商更轻松替代微波专线和低速铜线专网，加速中小企业互联互通。

5G-A 为运营商网络能力变现增加新维度，能够基于确定性体验提供差异化套餐，运营商可以满足客户多样化需求，促进 APRU 值提升。

5G-A 带来内生智能，网络将具备自我优化和管理的能力，高效适应不同场景和服务需求

随着无线网络持续发展，承载的业务越来越丰富，网络复杂度也在持续提升，面临的极简运维、降低能耗、提供业务多样性同时保障业务体验的挑战也日趋严峻。通过 5G-A 智能化解决方案 IntelligentRAN，将助力运营商建设一张运维智简、网络智优、业务智营的自动驾驶网络。

- 5G-A 使能运维智简：基于通信大模型，构建无线 FME Copilot 及重保 Agent 等能力，使能无线域智能告警管理，实现告警精准识别、快速问题定位、故障预测预防能力，助力运营商从响应式运维走向预测预防式运维，实现网络“零”故障。
- 5G-A 使能网络智优：引入网元智能化，实现资源智能调度，使能多频段多站异构组网的体验与容量达到最优，最大化提升频谱效率；并融合拓扑、时序、栅格等多种特征，形成统一的性能泛化预测模型，减少多目标串行预测的累计误差，实现多 KPI 精准快速预测，助力运营商从性能最优走向性能能耗双优，在保证网络性能稳定的基础上，最大化提升网络节能效果。
- 5G-A 使能业务智营：面向差异化业务 SLA 需求，通过用户级动态仿真，实现基于覆盖、速率、时延等多目标的精准网络规

划，使能业务快速开通；同时针对潮汐、突发话务、大事件等场景，基于预测能力，实现实时动态资源调度，保障业务体验，实现网随业动。

5G-A 首次将通信能力由联接扩展到通感一体，带来革命性新能力，开辟新的市场空间

- 5G-A 首次实现通感一体，一网两用。通过商用网络大规模部署，可实现全区域、网格化、低成本的探测能力，相较于传统雷达具备以下四大优势：
 - 共频谱：感知频谱资源占 10%，通信占 90%，从而实现频谱利用的最大化。
 - 共基站：依托百万级站址，构建广域内生感知大网。
 - 低成本：通信可分担大部分部署成本。
 - 组网协同：通过多站协同感知可克服传统雷达盲区。
- 通感的行业应用场景丰富多样，包括低空无人机黑飞预警 / 航线监管、近海海面监控、内河航道管理、对道路车辆 / 行人泛感知、高铁 / 高速周界入侵、边境入侵、抛洒物的感知、气象监测预测、楼宇 / 桥梁 / 山体微形变、农作物监测等。
- 运营商可以通过 5G-A 大网内生的通感能力，发挥云、算力、联接等综合优势，弥补行业能力空白，提供人无我有、人有我优的关键方案，避免同质化竞争，极大地扩展运营商的商业边界，创造新的商业机会。

5G-A 完善 5G 物联网能力，使能全场景物联，让万物互联愿景真正变为现实

5G-A 推动物联网 (IoT) 的发展，彻底解决 5G 在某些领域的局限性，通过增强网络性能、扩展连接能力、降低成本等措施，在物联网领域实现 5G 未能完全达成的目标，使万物互联成为可能，运营商也可以实现商业价值的最大化。

- 5G/5G-A RedCap 原生支持 5G 大上行速率、切片、定位和网络切片等能力，通过轻量化来提供中高速联接需求，满足智慧电力配电、智慧城市监控、工业传感等行业 UC 的高 SLA 要求，降低部署和使用成本。

- RedCap 产业生态加速成熟。2023 年全球已发布 8 款 RedCap 模组、30+ 款各类终端 (DTU、摄像头、CPE)，2024 年预计商用发布终端数量将超过 100 款。当前 30 美元的 RedCap 模组有望在 2024 年降至 20 美金。同时，基于 Redcap 的数采终端价格也下降到了 150 美金。随着中国的 Redcap 在今年百万级出货，终端价格将会持续走低。
- 5G-A P-IoT 技术可发挥大带宽、连续组网、长距覆盖、低功耗等技术优势，支持低于 10kbps 速率的超低速物联业务场景需求，如涵盖仓储、生产制造、物流和远程监控等。

5G-A 进一步释放产业生产力，带动更多行业场景延展，撬动更大经济效应

5G-A 拓展专网服务从行业专线到专线 +ICT 服务，加速行业数字化转型。5G 专网专线市场正处于快速发展阶段，2025 年将达到 200 亿美元。5G 专线以快速、低成本部署优势，在各行业得到广泛应用。5G-A 进一步为专网提供强大的网络性能，包括 300Mbps 可保障速率、毫秒级时延，5G-A 融合组网、计算、云、IoT 等行业诉求，为行业数字化转型带来更多可能性。5G-A 支撑单用户上行 1Gbps 的传输速率，可以满足 AI 训练数据上云、云拍照、云会议等交互类沉浸式业务的需求；在工业生产中，5G-A 可以赋能 AI 质检、安全监控、远程控制等业务应用；在医疗领域，5G-A 低时延、高可靠的特性，可满足远程医疗应用。

5G-A 能力增强，技术应用从企业辅助系统走向企业核心生产系统。5G 在各行业数字化转型中发挥着使能器和加速器的作用。以矿山为例，5G 已经在包括中国、泰国、巴西、南非等在内的全球 400 多个矿山中得到应用，20 多家运营商为矿山提供 5G 服务。5G-A 技术为产业数字化升级带来新动能。5G-A 提供 1Gbps 超大上行速率、低至 4ms 的超低时延，可有效支撑高密质检、柔性生产等企业核心生产流程，大幅提升企业生产效率。例如，煤矿综采面长度一般在 100 米到 300 米，过去存在看不清、看不准的问题。通过 5G-A 无线接入技术，可实现井下采

爆面网络覆盖，解决光纤易断和数据无法采集的问题。通过低频、大带宽资源，帮助 100 多路摄像头视频回传，并利用 AI 技术实现综采面的全景视频拼接，让井下作业“看得全、看得清”。

5G-A 扩展车联网应用从车内娱乐到车路协同，智慧交通加速到来

随着汽车行业的自动化和电动化转型，全球网联车数量快速增长，到 2023 年底已达到 3.5 亿，并且在售车辆中的 45% 带有 L2+ 以上的自动驾驶。这些趋势促进网联汽车流量增长 100 倍，车内 DOU 可超过 100GB，这需要 5G 网络高速率的支持。同时，为了交通安全和提效，车路协同需要 20ms@99% 的高可靠低时延网络支撑，5G-A 网络可以满足这项需求。在上海已经验证了 E2E 的新技术，在浦东金桥 1 公里示范路线实测中，全路段 5G-A 网络时延稳定，网络十分可靠。基于 5G-A 感知能力，车路协同技术加持下的汽车如开启了上帝视角，让司机无惧复杂路况，更可解决“鬼探头 (视野盲区)”等突发交通事故的发生。预计未来将提升交通效率 30%，减少 20% 通勤时间。

5G-A 全球运营商已达成产业共识，并在积极部署。2023 年 10 月全球移动宽带论坛期间，全球领先的 13 大运营商联合宣布成为 5G-A 网络先锋 (Global 5G-A Network Pioneers)，正式标志 5G-A 从技术验证步入商用部署阶段。2023 年 12 月第 17 届《电信评论 (Telecom Review)》领袖峰会期间，来自国际电联 ITU、阿联酋 du 和 e&、卡塔尔 Ooredoo、阿曼 Vodafone、华为、爱立信、诺基亚等权威组织和企业的专家代表共同宣布开启 5G-A 元年。在过去一年里，来自中东、中国、欧洲、亚太等地的领先运营商采用 TDD 3CC 进行了充分的现网技术验证，并已经开始进行商业部署。

产业紧密合作、生态协同发展也是释放 5G-A 价值的关键，华为将与产业和生态伙伴一起，共同探索 5G-A 的广泛应用，并通过提供端到端智能化 5G-A 解决方案，开启 5G-A 应用智能互联的新时代。这将使所有参与者都能从 5G-A 的发展中受益，共享成功。



全覆盖、厚覆盖、短接入、易接入——华为ODN 3.0 让光网无处不在！



文 / 华为家宽解决方案 CTO
赵麦庆

本文从 ODN 3.0 网络的两大重要技术变革说起，深入分析过去运营商的建网误区，提出“全覆盖、厚覆盖、短接入、易接入”的华为 ODN 核心建网理念，并简要介绍充分运用新技术适配五类典型网络场景的华为 ODN 3.0 解决方案。

ODN 3.0 的两大重要技术变革

自 FTTH 技术方案开始推行，分光器都是等比分光，连接都是熔纤或冷接，这也被称为传统方案或 ODN 1.0。八年前，部分供应商把入户段光缆与 FAT 连接，实现了入户段预连接，这被称为 ODN 2.0 方案。2018 年开始，华为在 ODN 2.0 的基础上逐步实现了配线段光缆与第二级分光器的预连接，以及第二级分光器 FAT 的不等比例分光，又把馈线段光缆与第一级分光器实现了预连接，即真正实现了全预连接、级联和不等比分光技术的完整解决方案，这也被称为 ODN 3.0 技术解决方案。

1. 不等比分光器：高效联接，降低成本

不等比分光器（如图 1）是把局端来的 100% 光功率信号进行不等比例分光，70% 的光功率输出到远端，30% 的光功率留用到本机用户，再进行等比例分光到本机用户。虽然本机用户仅留分了 30% 的光功率，但也能够满足本机用户的需要。

通常，将多个这种不等比分光器进行“级联”，如 4 级“级联”（如图 2），前三个都是不等比例

分光，第四个分光器是等比例分光，即局端来的光功率 100% 留给了 FAT4 本机用户。虽然第三个、第四个分光器的局端光功率绝对值相对较小，但是，也仍然能够满足其本机用户的需要。

不等比例分光器的优点，是大大减少了分光器到局端的光缆总数量，4 个分光器之间，以及到局端方向，仅需一根单芯光缆即可。如果是等比例分光呢？就必须用 4 根光纤了（如图 3）。

通常，一个 ODN 工程项目，分光器的物料及其安装费用仅仅占了工程项目总投资的 15% 不到，85% 以上的投资均与光纤有关，光纤数量越多，物料成本和施工成本就越高。因此，不等比例分光是 FTTH 网络的先进技术方案，是一个革命性的大变革。

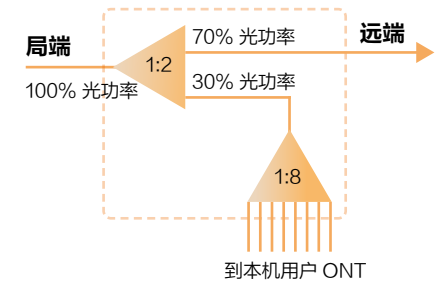


图 1：不等比分光器

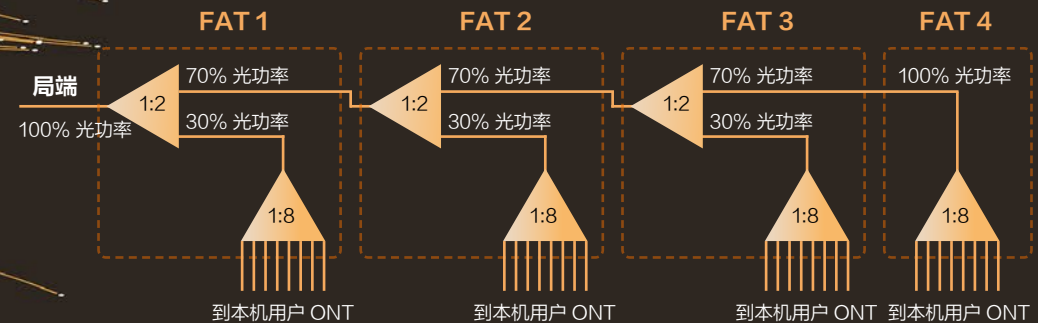


图 2：4 级不等比分光“级联”

2. 预连接：减少 ODN 网络的故障点

FTTH 的 ODN 网络构成，实质上就是光纤与各类设备，如分光器、分纤箱、光接线盒等相连接。一种方式是用熔纤机现场熔纤，但对于技师的操作技能要求很高，而且受现场施工场地条件限制，有时候熔纤操作十分困难。另有一种方式是冷接，比熔纤操作简单，但是其连接质量堪忧，3年之后，就会发生连接点故障或光信号衰减太大的问题。此外，这两种方式都需要把设备盖板打开，日久天长，盖板很难再密封严实，风吹日晒，对盒子、箱子等设备内的设施影响太大。ODN 网络的故障绝大部分发生在这个连接点。尤其是 FAT 盒子内的末端分光器，由于频繁地开盖以进行入户安装和修障，久之，盒子的盖板大多难以密封如初，就会进入频发故障的循环状态。

预连接（如图 4），是在盒子外预留一个光纤插座，而光纤的连接端则是在工厂预留一个光纤插头，到了施工现场，将插头连接固定到插座上即可。预连接可以保证盒子永不打开。当

然，为了保证预连接可靠和光衰达标，对盒子、箱子等设备的插座及光纤的预连接插头的要求都非常高，必须在工厂进行严格的高标准制造，而且要保证连接牢固不松动。

FTTH 网络中 OLT 的选用

FTTH 网络（如图 5）主要由三部分组成：OLT、ODN 和入户部分。通常，又把 ODN 部分称之为 home pass（HP），入户部分称之为 home connection（HC）。HP 又分为馈线段和配线段。其中，OLT 根据场景条件分为几种类型（如图 6）。

1. 室内型普通 OLT

适合安装在 CO 机房或者基站的室内机房，通常，每个 OLT 可以承载 4,000~6,000 个用户。每个 OLT 机架可以安装 2~3 台 OLT。每个 OLT 至最远端的 ONT 距离，也称之为 OLT 的覆盖半径，通常要求在 6km 之内。

2. 室外柜型 OLT

在没有室内机房的条件下，通常把 OLT 室外柜安装在室外空地上，一般最佳是安装在基站位置。为防止雨水灌入，会预先建造一个专用的水泥底座。每个室外柜内部仅装一台 OLT，通常覆盖 4,000~6,000 用户，室外柜内根据需要还可安装波分、IP 设备。此外，供电设备

和蓄电池是必须配置的，并根据当地气温条件，可选择性配置自然风散热、电风扇散热和专用空调制冷。

3. 微型 OLT

- **Blade OLT**：体积小、重约 13kg，可抱杆安装，也可安装在基站的空地上。可以承载 1,000 个 FTTH 用户，也可两台背靠背安装，

不等比例分光是 FTTH 网络的先进技术方
案，是一个革命性的大变革。

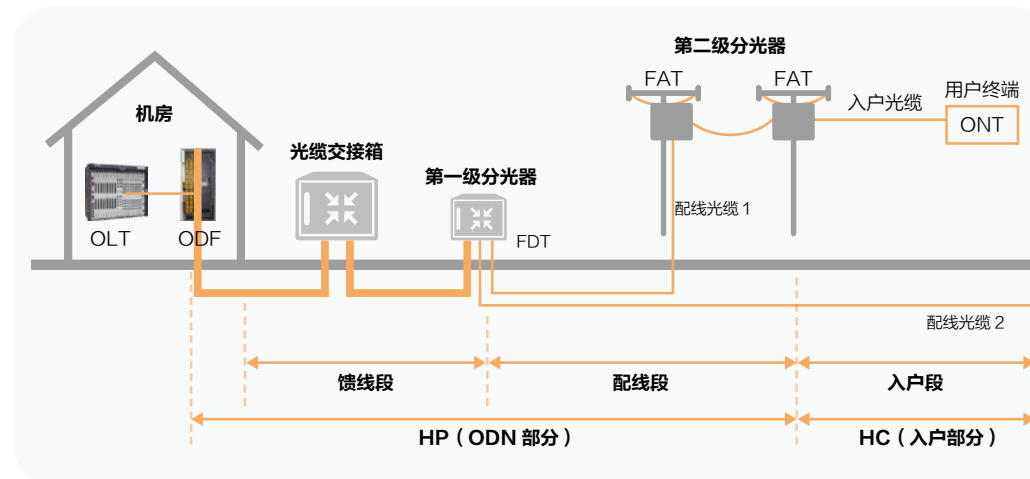


图 5：FTTH 网络示意图

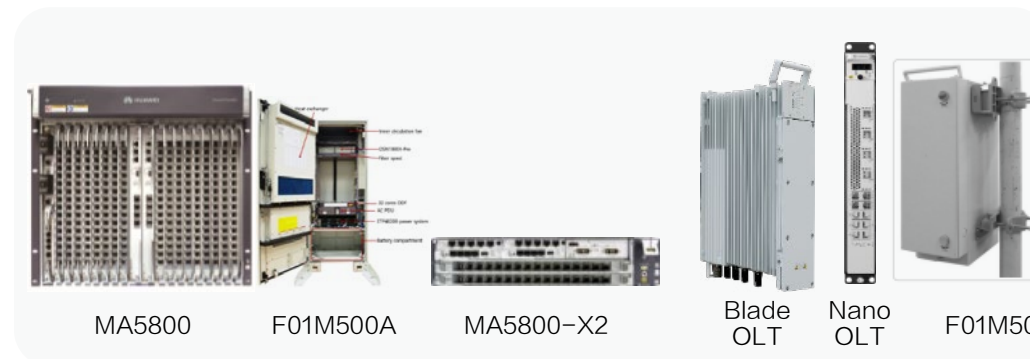


图 6：各类型 OLT 实物图

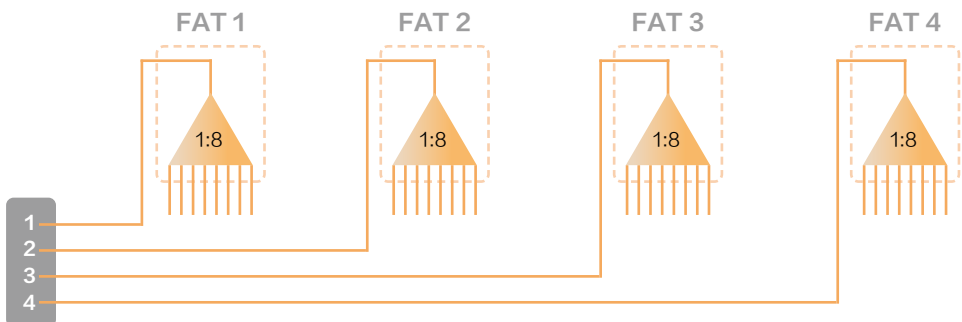


图 3：4 级等比分光“级联”



图 4：预连接设备示意图

“全覆盖、厚覆盖、短接入、易接入”
是华为 ODN 核心建网理念。

承载 2,000 个 FTTH 宽带用户，共用两根上行光纤到 CO 机房。

- **MA5800-X2:** 可将其安装在微型室外柜内部，再固定于基站位置或街边柜位置，每台承载 2,000 用户。
- **Nano OLT:** 仅有 4 个 GPON 接口，可承载 256 个宽带用户。体积更小，重量更轻，可将其安装在微型室外柜内部，再固定在室外场地上，特别适合于乡村场景。对于居住人口数量少、住户密度小的区域，是一个极低成本解决方案。

ODN 网络的核心设计理念

1. 重新认识两个考核指标

$$\text{端口实装率} = \frac{\text{实装用户（本区域）}}{\text{所建二分箱端口数（本区域）}}$$

运营商过去简单地考核端口实装率是有问题的，工程刚刚验收，当年就要求较高的端口实装率。在工程完工之后的前两年，如果端口实装率考核指标过高，必然会导致首期工程尽量少建端口，必然是薄覆盖，必然是长接入，必然是后续重复施工，必然是浪费时间和金钱。一般情况下，一个 FTTH 项目验收之后，三年内实装率达到 30% 就已经不错。大规模多区域建设 FTTH 网络，5 年后总实装率能达到 50% 以上已是相当不错了。个别运营商要求基层单位实装率必须达到 70% 以上，在大规模发展时期，这显然脱离了实际情况，很难达到。

$$\text{端口家庭渗透率} = \frac{\text{指定区域 FAT 端口数}}{\text{指定区域实际居住家庭数}}$$

端口家庭渗透率的通俗理解就是某区域有 100 个住户，设计布放多少个光纤端口。如果运营

商过度追求所谓的前期投资资金少，那么首次施工时就会尽可能少建端口，导致“端口家庭渗透率”低。

一般，FTTH 项目的主要成本构成是：施工的人工费约占 60%，光缆采购约占 25%，分光器设备物料等仅占 15%，还有设计、监理等其它少量成本，可见最主要成本是施工队的人工费用。“端口家庭渗透率”低，就会导致 1~2 年之内，又要进行 2 次、3 次（甚至多次）施工，且每次工程所需的施工队人工费用几乎相等，与一次施工到位相比可能浪费了 3 倍以上的投资。

建议首次施工设定端口家庭渗透率目标为 70% 以上。

2. 全覆盖、厚覆盖、短接入、易接入

- **全覆盖：一次性整体规划的关键**
中小城市进行一次性的整体规划，一次性全覆盖，不进行二次设计和施工。只要确定在某城市开展 FTTH，那么除了该市个别区域暂时不进行覆盖之外，大多数区域都应该连续一次性全覆盖。尤其对于传统固网运营商，因为所有区域都需对原有 xDSL 用户进行 FTTH 迁移，所以更是应该如此。
只有全覆盖才能在本区域或城市做到用户规模致胜，构筑品牌影响力，因为老用户会把自己的感知传递给潜在的新用户，产生良好的口碑效应。
如果插花式覆盖，可能导致在未覆盖区域引起消费者抱怨和负面市场效应，也极易引入竞争对手，紧随之来进行补缺性重复覆盖，在同一城市争抢用户。
- **厚覆盖：提升投资效益和市场信心**
厚覆盖就是端口家庭渗透率尽量在 60% 以上。

厚覆盖充分体现了运营商对市场的预期和市场信心。厚覆盖既可以提高投资效益、压缩工期、确保网络运营质量，又可以坚定市场发展信心，降低管理成本，降低竞争对手的市场期望。

端口家庭渗透率建议 60%~100%，FTTH 网络的 FAT 端口数量是衡量运营商网络能力的科学标准，代表着市场的中远期发展能力，是为了满足 5 年以上的发展需要，不可能当年建设当年实装率就很高。

• **短接入：提高 FTTH 网络装机率**

如果居民密度一般，通常选用 8 端口 FAT，如果用户密度非常小，也可选用 4 端口或 2 端口 FAT。FAT 至住户平均接入距离通常在 30~80 米。
短接入保证了运营商的装机效率。人均日装机宽带数量是影响运营商用户发展规模和入户安装总成本的主要因素，FTTH 网络是宽带用户规模发展的重要基础，网络建设得好，装机效率就高，服务品牌就好，而且故障率低，用户感知好。

• **易接入：快速装机，快速排障**

全程预连接 FAT 方案，既不用空中熔纤操作，又减少了卡接导致的高故障率，日常 FAT 若有故障只需要更换，能够做到快速装机和快速排除故障。

3. “薄覆盖、长接入”的弊端

薄覆盖、长接入是过去十多年全球运营商 FTTH 投入回报差的主要原因。在一个区域内重复施工，是部分运营商 FTTH 不能成功的首要原因。既浪费了资金，又浪费了时间，更浪费了市场发展机会。

• **薄覆盖导致二次施工浪费投资**

第一次施工薄覆盖，带来了二次施工的巨大投资浪费。这是一个典型的二次施工案例（如图 7）。与端口家庭渗透率达到 70%~90% 的一次施工到位相比，二次施工的实际总投资是一次施工到位的 2 倍左右。所以，为什么有的运营商年年施工，几乎是在同一个区域，还总是端口不够用，还总是缺钱？根本原因就是片面、教条地进行了实装率考核，被所谓的前期投资紧张导致重复施工折腾“穷”了。通常，第 2 次、第 3 次重复施工时，在光交箱 FDT 内找出空闲光纤比新建光缆还费时间。个别运营商在许多区域施工次数多在 3 次，甚至 5 次以上，所以资金浪费非常严重。

• **长接入导致入户安装成本太高**

这是一个长接入的典型例子（如图 8）。因为薄覆盖，第一次施工只有一个 FAT1 覆盖本区域用户，所以当用户 4、用户 10、用户 11 报装宽带时，只能长距离接入。
当 FAT1 端口接近装满，又进行第二次施工安装 FAT2。此时，原来已连接到 FAT1 的老用户（用户 4、用户 10、用户 11）又不可能再改接到 FAT2。
当 FAT1 首先装满，没有空闲端口了，在 FAT1 周边的新用户（如用户 7）无奈需要连

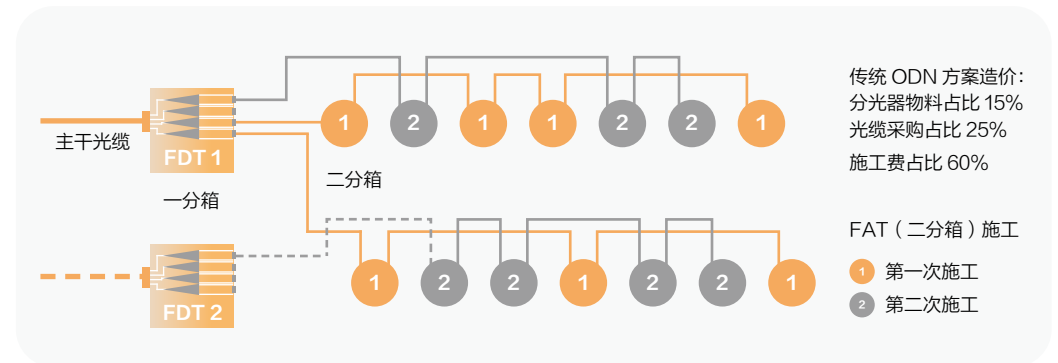


图 7：二次施工浪费投资

接到 FAT2。同样，入户安装距离太长，大大增加了入户装机成本。

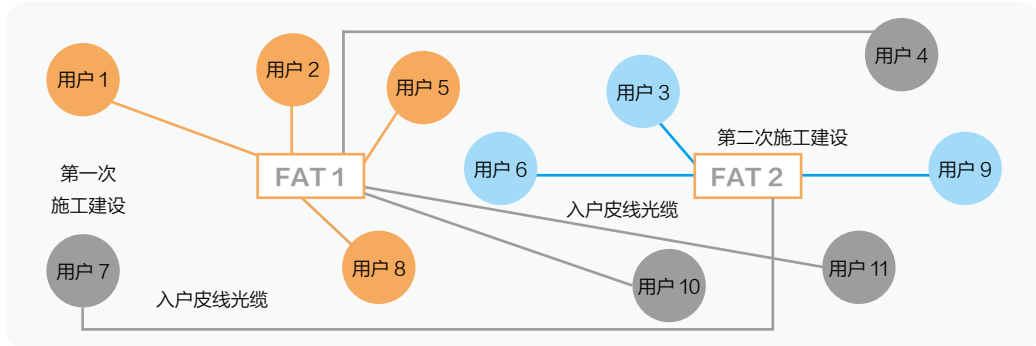
- 如果两个 FAT 一次施工完成，就很好地避免了因“薄覆盖”而导致的“长接入”问题，不会因为 HC 的太高人工成本而导致“长接入”的总安装成本居高不下。FTTH 网络建设好与坏的评价标准，就是一个技师每天能够安装几个宽带。建议二分箱到住户平均距离最远不超过 100 米。

ODN 网络设计中的三个关键点

1. 第一级分光器 HUBBOX 和第二级分光器 FAT 选址

FAT 尽量靠近消费者住址。比如，8 端口 FAT，其能力就是能够接入 8 个住户，FAT 的位置应该距这 8 个用户的平均距离最短，位置适中。

× 如果 FAT1 和 FAT2 分两次施工（薄覆盖、长接入）



✓ 两个 FAT 一次施工到位（厚覆盖、短接入）

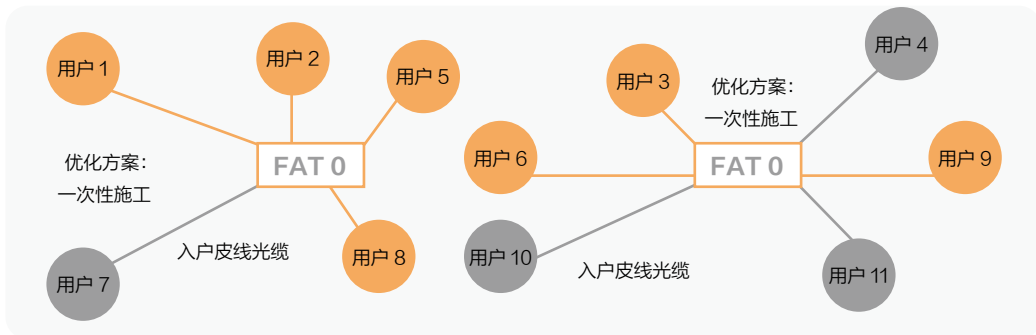


图 8: 长接入增加入户安装成本

HUBBOX 首先要明确其容量，该 HUBBOX 最多连接多少个 FAT，比如每个 HUBBOX 可以覆盖 8 组 FAT，每组是 4 个 FAT，那么 HUBBOX 的位置就是要距这 8 组 FAT 的平均距离最短，位置适中。

当然，这些选址也要根据现场综合条件合理确定位置。

只有这样才能保证 HUBBOX 到 CO 机房光缆数量最少，HUBBOX 到 FAT 距离最短，FAT 到消费者住址距离最短，既要尽量降低馈线段和配线段光缆的成本，也要降低入户段光缆的投入。

个别运营商把第一级分光器装在 CO 机房是不科学的。还有的运营商把 FAT 集中装在大街上，在街边柜内安装多个第二级分光器，这会造成 FAT 至消费者住址的距离太远，远远大于了 100

米，即街边柜内、地下管道内布放了大量入户段光缆，这不仅投资巨大，日后维护也很不方便。

CO 机房到第一级分光器的馈线光缆是稀缺资源，数量越少越好。

两级分光器之间以及第二级分光器到 ONT 的光缆数量是确定的，因此，其距离越短越好。

2. 利用现有网络资源

中心机房 CO、无线基站和原有光缆交接箱等站址有 FTTH 网络必需的电源和光缆资源，

如 CO 出局光缆，以及基站或光节点到 CO 的现有富余光缆。充分利用这部分资源设置 OLT 站点，可以减少长距离大芯数的馈线段的新建光缆布放以及电源引接的重新投资。

3. 用 ODN 3.0 技术更新传统 ODN 网络

由于 ODN 3.0 技术设计和施工都非常简单高效，网络运行稳定、故障率很低，能有效降低 ODN 网络的维护费用，如果运营商早期所建的 ODN 网络故障率太高，维护费用居高不下，可以考虑用维护费用逐步更新原有的 ODN 旧网络。

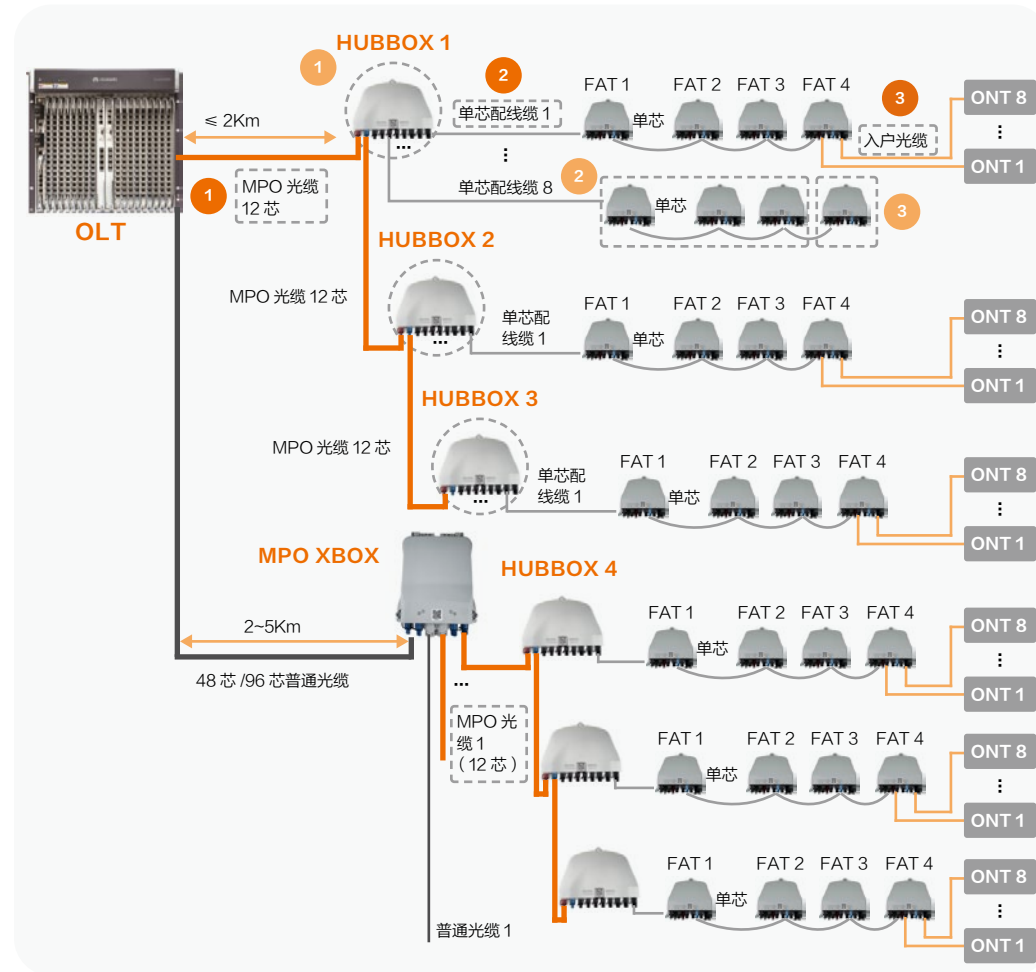


图 9: 低楼层高密度区域架空场景解决方案

ODN 3.0 解决方案简介

1. 低楼层高密度区域架空场景解决方案

此方案（如图9）包含三个盒子，即HUBBOX、SUBBOX、ENDBOX和三根缆，即MPO光缆、单芯配线缆、入户光缆。每个HUBBOX对4个GPON口的纤芯进行1:2

分光，输出8条链路。SUBBOX是不等比分光，可级联4个FAT，每个FAT可连接8个用户。离OLT较远的区域可用普通光缆+MPO XBOX方案，XBOX不仅可以直接与12芯预连接光缆相连，还可以与普通光缆连接输出。方案全程预连接，非常适合架空场景，安装效率高、故障率低。

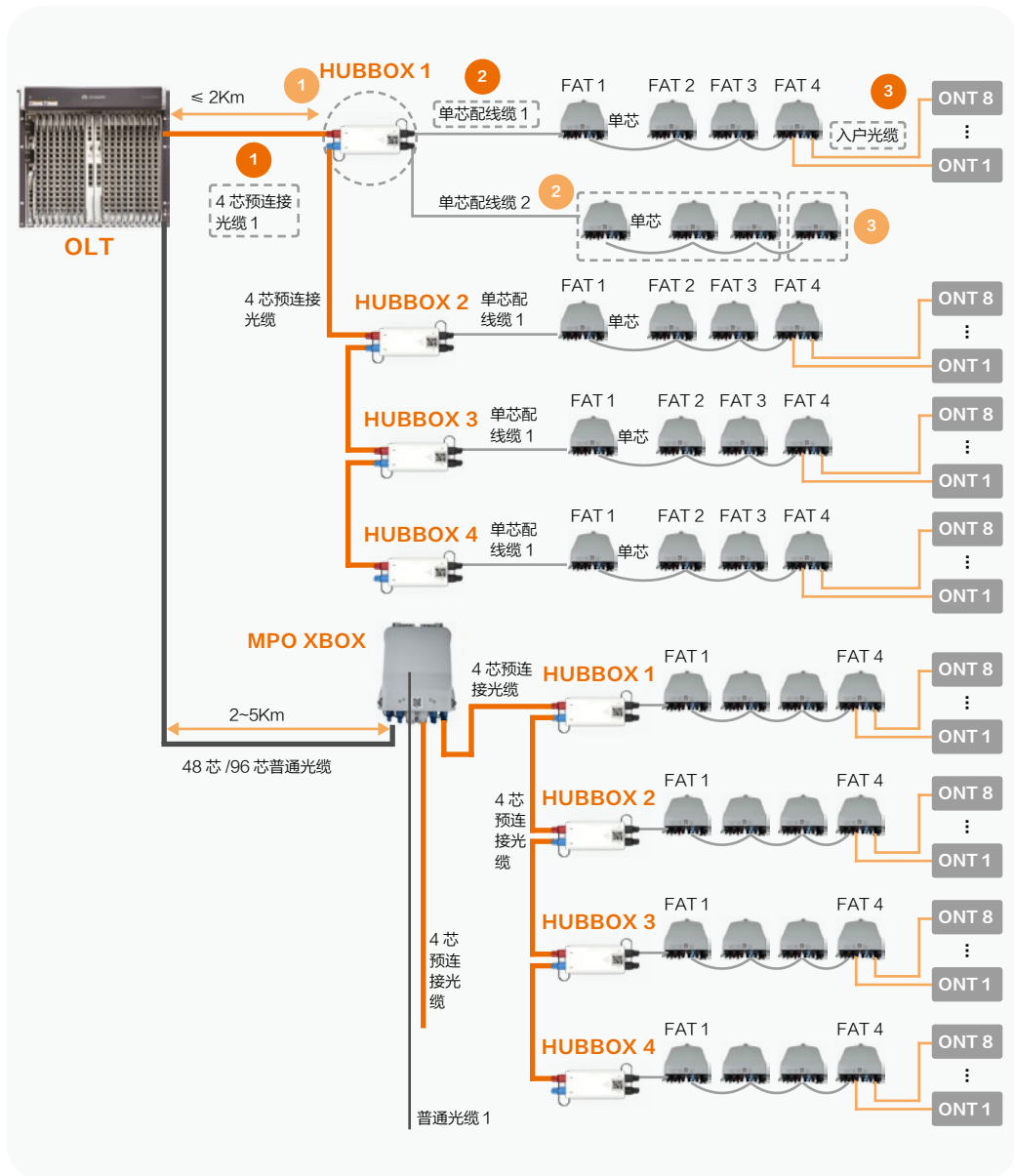


图 10：低密度区域架空场景解决方案

2. 低密度区域架空场景解决方案

此方案（如图10）的HUBBOX内装1个1比2分光器，FAT1-FAT3仍然为不等比分光8端口，FAT4为等比例分光。三根缆分别是4芯预连接光缆、单芯配线缆以及单芯预连接入户缆。当机房覆盖区域较近时，可从OLT 4个GPON接口直接输出一根4芯预连接光缆，供连接4个HUBBOX，共计可承载256个用户。

3. 楼宇解决方案

此方案（如图11）是传统馈线光缆进楼，与HUBBOX相连，每个HUBBOX内装4个1:2

分光器，出8条链路，每条链路级联4个FAT，覆盖一个单元32个用户，比如每层楼有8个用户，每个单元有4层，共计可覆盖8个单元，256个用户。

4. 地理场景解决方案

此场景建议在街边柜位置安装第一级分光器HUBBOX。条件具备时，可将第一级分光器覆盖区域缩小，使HUBBOX尽量靠近其所覆盖的FAT，以缩短与FAT之间的距离。

图12中FAT为第二级分光器，建议安装在人井的壁上，可根据住户的密集程度选用8端口

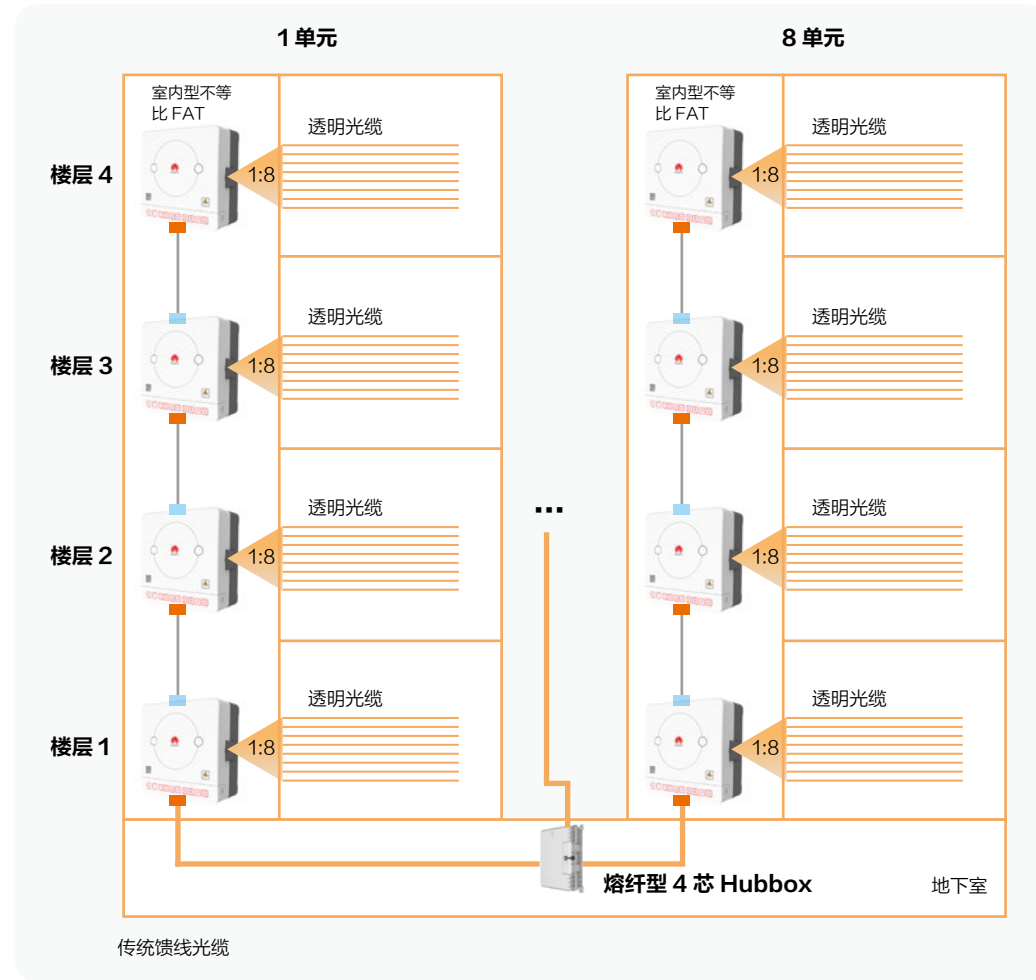


图 11：楼宇解决方案

FAT 或 4 端口 FAT，FAT 至用户住址采用预连接方式，在用户门口（墙外）布放 OneTB（地平面之下）。FAT 至 OneTB 采用预连接光缆可与配线段光缆同沟纵向布放，此段预连接光缆可外加一层保护管，到用户门口位置再横向挖沟，与 OneTB 相连。

HUBBOX 至 FAT 之间的光缆，以及 FAT 之间的光缆可以是穿缆方式，也可以是微管吹缆方式。此方案最大的

优点就是避免在用户门口二次开挖地面，当然上述的缩短 HC 距离，缩短配线段光缆长度也是非常显著的优点。

5. 利用原有的骨干光缆资源建网

一种方案是利旧原有 FDT 扩建网络（如图 13）。此方案的优势是充分利用原有的馈线段光缆和 FDT，FDT 后采用预连接方案，无需熔纤。仅在 FDT 处进行一次熔纤，将传统光缆和 4 芯预连接光缆进行连接，通过 4 芯预连接光缆连接 FAT。每个 FAT 对一根光纤进行 1 比 8 分光，连接 8 个用户。

另一种方案是利旧原有骨干光缆发展 2B 和光纤到站（如图 14）。传统 ODN 网络最大的问题是长距离布放多芯光缆，光缆利用率很低。从机房到分光器，中间经过多个光缆熔接点，如光交箱、光接头盒等，导致故障率高、光衰大，维护和排障困难，资源管理复杂。

通过 ODN 3.0 解决方案提供的 P2P BOX 可以直接输出双芯光缆到 P2P 专线用户和移动基站，特别适合综合运营商进行网络布局和充分利用骨干光缆资源。

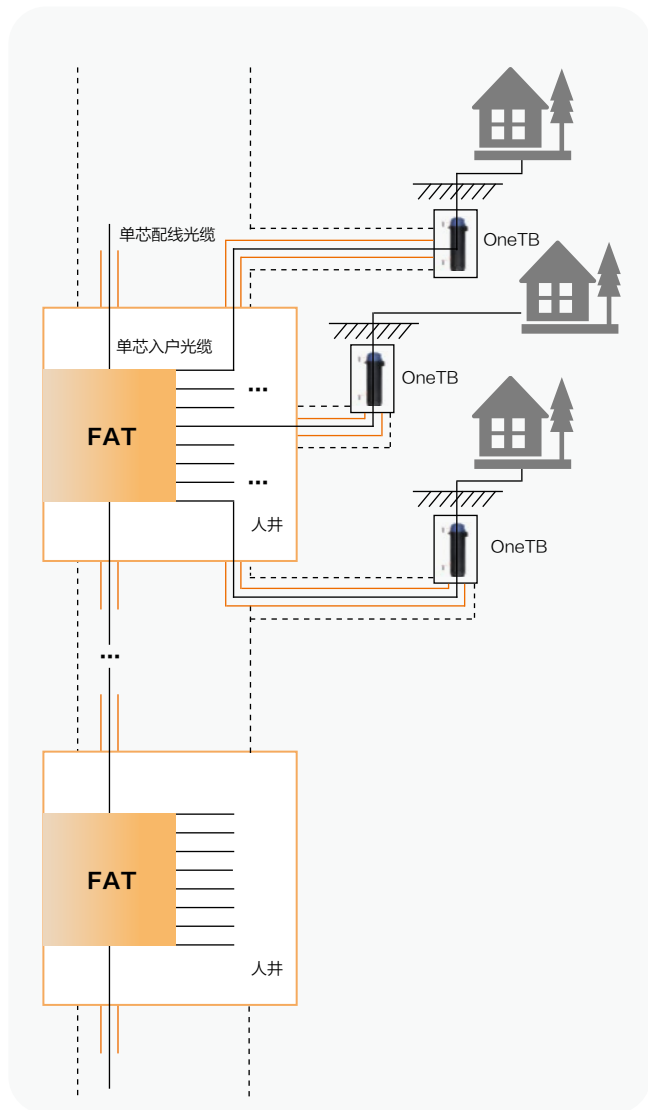


图 12: 地埋场景解决方案

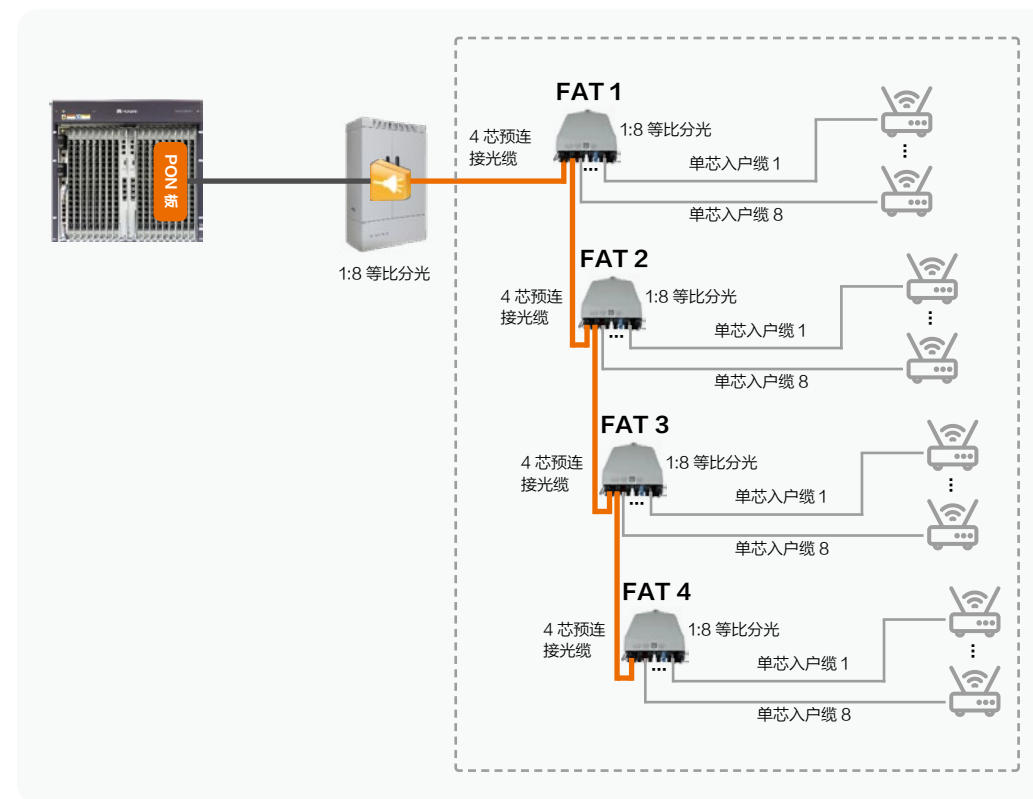


图 13: 利旧原有 FDT 扩建网络

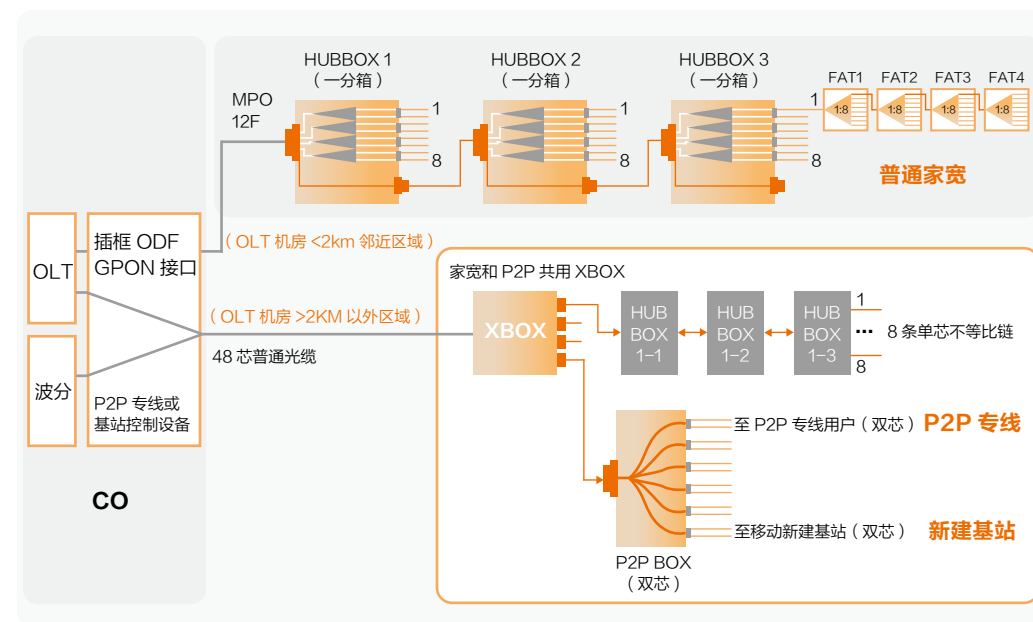


图 14: 利旧原有骨干光缆

从默默无闻到全国冠军， 5G 助力轨道交通数字化



文 / 华为 ICT 销售与服务部
高级咨询专家，营销专家

何涛

限速
35
058号墩

武汉地铁 5G 智慧城轨项目的夺冠如长风破空，让城市轨道交通业务成功承载在 5G 网络之上，得到了行业及运营商的广泛认可。未来，运营商可以借鉴成功经验，帮助行业客户落地 5G 公网专用项目，让 5G 网络在更多行业绽放更大的魅力。

2023 年 10 月 17 日，由工业和信息化部举办的第六届“绽放杯”5G 应用征集大赛全国总决赛在上海圆满落幕。大赛以“5G 扬帆风正劲，数实融合新引擎”为主题，旨在进一步推动 5G 广泛赋能经济社会各行业数字化转型，促进数字经济与实体经济深度融合。

武汉地铁 5G 智慧城轨项目在全国 45728 个参赛项目中脱颖而出，获得全国冠军。这一桂冠的摘取，标志着 5G 公网专用在轨道交通的应用已经得到国家相关机构、行业和运营商的广泛认可，商务模式可行，技术方案能有效落地。展望未来，轨道交通 5G 公网专用项目将迎来爆发期。

武汉地铁 5G 智慧城轨项目的落地经历了许多困难和挑战，但同行者始终坚持到底，最终守得

云开见月明。在这个项目中，作为运营商的中国移动，是如何说服轨道交通行业客户将自身业务承载在 5G 网络上的呢？对未来运营商拓展 5G ToB 业务，又有哪些借鉴经验呢？

全国冠军的“求索”之路

运营商若要深入轨道交通行业，初期行业需求主要集中在网络联接本身，但若涉及垂直行业的生产系统和未来的数字化发展，必然需要获得整个产业的认可，不是运营商单独与一家地铁公司合作就能实现。

从中国移动拓展 5G ToB 行业的经验来看，要说服行业客户使用 5G，运营商需要具备战略耐心，遵循“链式发展”逐步打通行业断点，在前

期要走得慢而稳，这样才能在后期迎来快速爆发上量。总结起来有三点经验：

经验之一，方向总体正确，坚持不懈努力。中国移动选择轨道交通行业是看中其潜在的商业逻辑（如图1）。每个运营商都会在地铁建设5G网络，然而根据客流的潮汐效应，网络的资源使用率并不充分。通过话统分析，大部分线路的运营商5G网络PRB资源使用率仅为20%左右。同时，地铁行业有自建专网的需求，每公里造价高达百万。然而，实际情况是地铁的无线带宽有限，无法承载更多数据业务，网络只能尽力而为，传不下来的数据业务需要靠人工拷贝，运营成本因此增加。如果能够利用运营商网络的空闲资源来解决地铁最头疼的专网带宽问题，就可以实现一网多用，多方共赢。

商业模式的顺畅无阻意味着方向的正确性。过程中遇到的任何困难挑战，可以通过针对性解决方案，来达到行业和运营商共同认可的目标。

经验之二，建立行业拓展生态，团结行业资源。为了将5G应用推广到轨道交通行业中，运营商需要面对行业中各种错综复杂的利益关系。因此，团结行业生态资源，寻找合作共赢的切入点，形成合力才能推动历史发展。

在任何时候，让行业接受一种新技术，技术与商业的双轮驱动必不可少。在技术上，运营商需要确保行业客户对使用5G感到放心。运营商在南京地铁首个试点5G的切片技术，通过独享的资源承载轨道交通业务，为行业打造了标杆，增强了信心。在网络安全方面，5G在其他行业的网

络安全经验可以移植到轨道交通领域，为业务承载提供可靠保障。在商业模式上，运营商经过长时间的探索，总结出以租代建ABC商业模式，使行业客户能以相同的建网费用按年付费给运营商来使用5G新技术。

通过三年来的不断摸索和拓展，运营商解决了行业中的十四个关键问题。可以说，每个项目的实践都为最终胜利打下坚实的基础。最终，武汉地铁一飞冲天，荣获冠军，成就了今日的辉煌。

经验之三，打造场景化方案，一致解决行业关键问题。5G网络的本质是扩大终端的联接能力。但仅仅联接上数据并不能产生真正的价值。为实现地铁运营业务的本质需求，需要结合人工智能、大数据和融合通讯等技术，实现数据使能，让采集到的数据转化为生产要素。对于最终使用的行业客户来说，他们最关注的是应用价值的呈现。因此在地铁中拓展5G公网专用，必然会经历重塑联接、重构平台和构建智慧的三个阶段（如图2）。



图1：轨道交通5G公网专用的价值

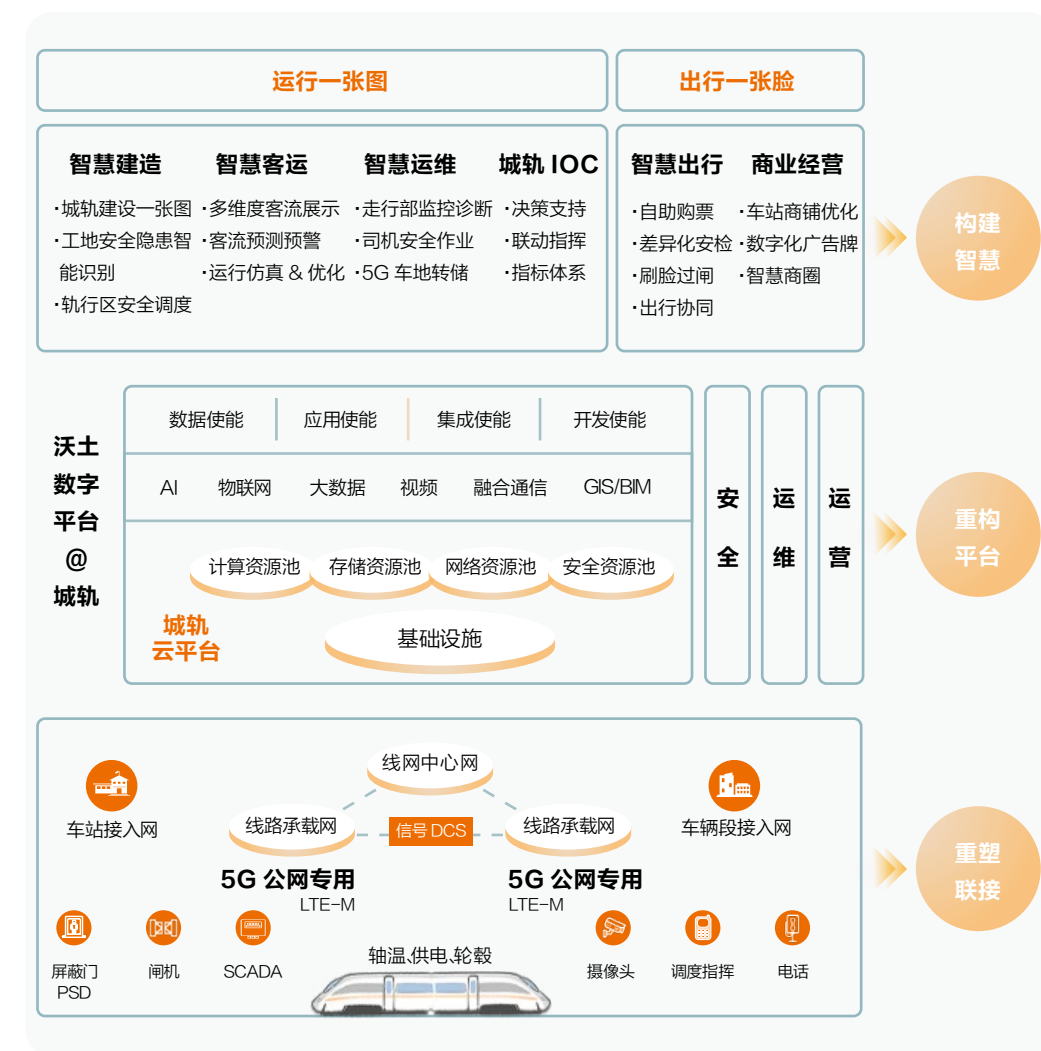


图2：智慧城轨的蓝图架构

地铁自建网络	地铁业务	5G 网络承载
WIFI (目标网迁移)	CCTV 部分承载	CCTV 业务 12Mbps 上行保障
	PIS 业务	业务牵移 16Mbps 下行保障
TETRA 800 (目标网迁移)	窄带集群	宽带视频通讯 4Mbps 上下行保障
LTE1800 利旧 (增加链接)	TCMS 500Kbps	TCMS 带宽到 5Mbps 上行保障
	CBTC 红蓝网	
	列车集群通讯	5G 融合通讯

5G 网络基础包提供上行专线，实时在线 26Mbps 带宽能力，错峰使用 80Mbps 带宽能力，非实时业务 200Mbps 带宽服务。10 年合同期，网络可用性按照 99.9%。承接了 WIFI 和 TETRA 网的业务，还对 TCMS 业务有提升，并额外提供对 LTE-M 网络业务的备份功能。

表 1: 5G 网络可为地铁提供专网能力置换

团结行业生态资源，寻找合作共赢的切入点，形成合力才能推动历史发展。

第六届“绽放杯”大赛的成功举办对推动 5G 应用不断走深向实，持续挖掘新业态、新模式发挥了积极作用。轨道交通 5G 公网专用已经成为产业界共同认可的方案。

好风凭借力，规划正当时

2023 年初，武汉地铁 19 号线完成首个 5G 替代 800M 集群通讯招标工作，随后全国多个地铁业主纷纷提出类似需求。例如，上海地铁计划在 2024 年全面使用 5G 公网专用覆盖其 23 条线路。广州地铁也不甘示弱，从单线扩展到全城全网。其他城市如南宁、无锡、天津和苏州等地也都制定了各自的蓝图。在行业形势大好的前提

下，运营商如何快速落地 5G 公网专用项目，让行业客户更愿意采用呢？

根据已有经验，运营商可以从商业模式、网络方案、增值创新三个方面来规划。

第一，商业模式。商业模式设计需要考虑地铁场景特点，以确保 5G 网络能以合理的价格为行业所使用。通常，一个完整的 5G 公网专用项目包含地铁的正线和车辆段。对于运营商来说，提供专网业务的成本主要包括以下几点：

1. 为确保全线覆盖新增加车辆段，折返段等无人区域的覆盖成本: C (Construction cost)

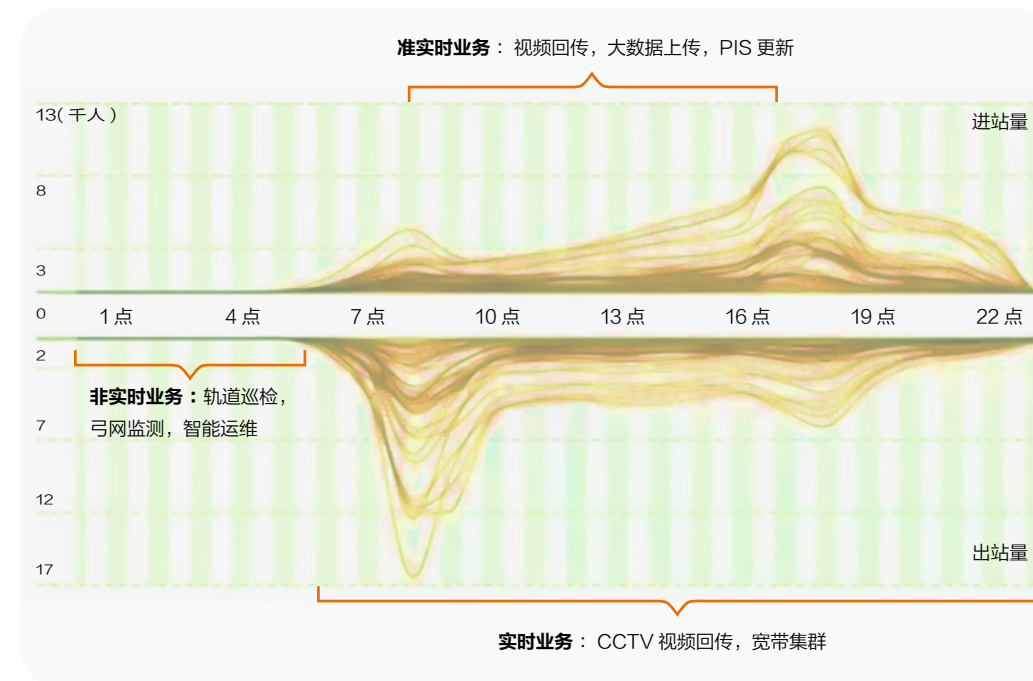


图 3: 地铁三类回传业务的错峰情况

2. 已经投入建设的 5G 公网部署成本: B (Basic sharing cost)
3. 分析 5G 公网上行 RB 资源占用率是否在安全基线内。如果要提供 RB 资源给地铁使用，RB 占用率不超过此基线。
4. 在安全基线内，地铁使用的上行 RB 资源占用率百分比: X
5. 10 到 15 年切片服务、网络优化、网络维护等保障服务: A (Annual Fee)
6. 错峰使用时长: T

因此，5G 公网专用按带宽使用的成本公式为: $C+B \times X+A$ ，按时间使用的成本公式为: $C+B \times T \div 24+A$ 。

如果地铁按需使用 5G 无线网络资源和地铁自建无线专网成本相当，那么一条线路已经完成 5G 覆盖，夜间资源不用也是浪费。地铁可以将

无人巡检机器人应用在隧道巡检中。机器人通过 5G 网络回传数据，从而实现作业的无人化和远程化。

对于地铁的车地业务，一般来说，通过 5G 网络可以提供专网能力的置换（如表 1）。

第二，网络方案。为满足轨道交通车地回传业务的需求，5G 网络承载必须符合 SLA 的要求。对于公众用户而言，断线和掉话可能不会带来太多损失。但地铁业务在运营商 5G 网络上承载时，业务必须保持随时在线。只有提供高质量的网络能力，才能让地铁客户满意，并持续使用 5G 网络且基于网络开发更多的应用。在已经招标的武汉地铁项目中，业主选择中国移动的关键因素并非价格，而是网络的可靠性、可用性、系统的安全性以及数据的冗余设计。

基于地铁业务潮汐效应的特点，中国移动针对5G网络定制化出五域切片方案。该方案主要包含业务分析、存量评估优化、切片定制开通三个步骤。

业务分析是指根据地铁回传业务的实际情况进行规划。按照业务使用属性的不同，可以将业务分为实时、准实时、非实时三种类型（如图3）。将实时业务整理出来，作为基础带宽保障。

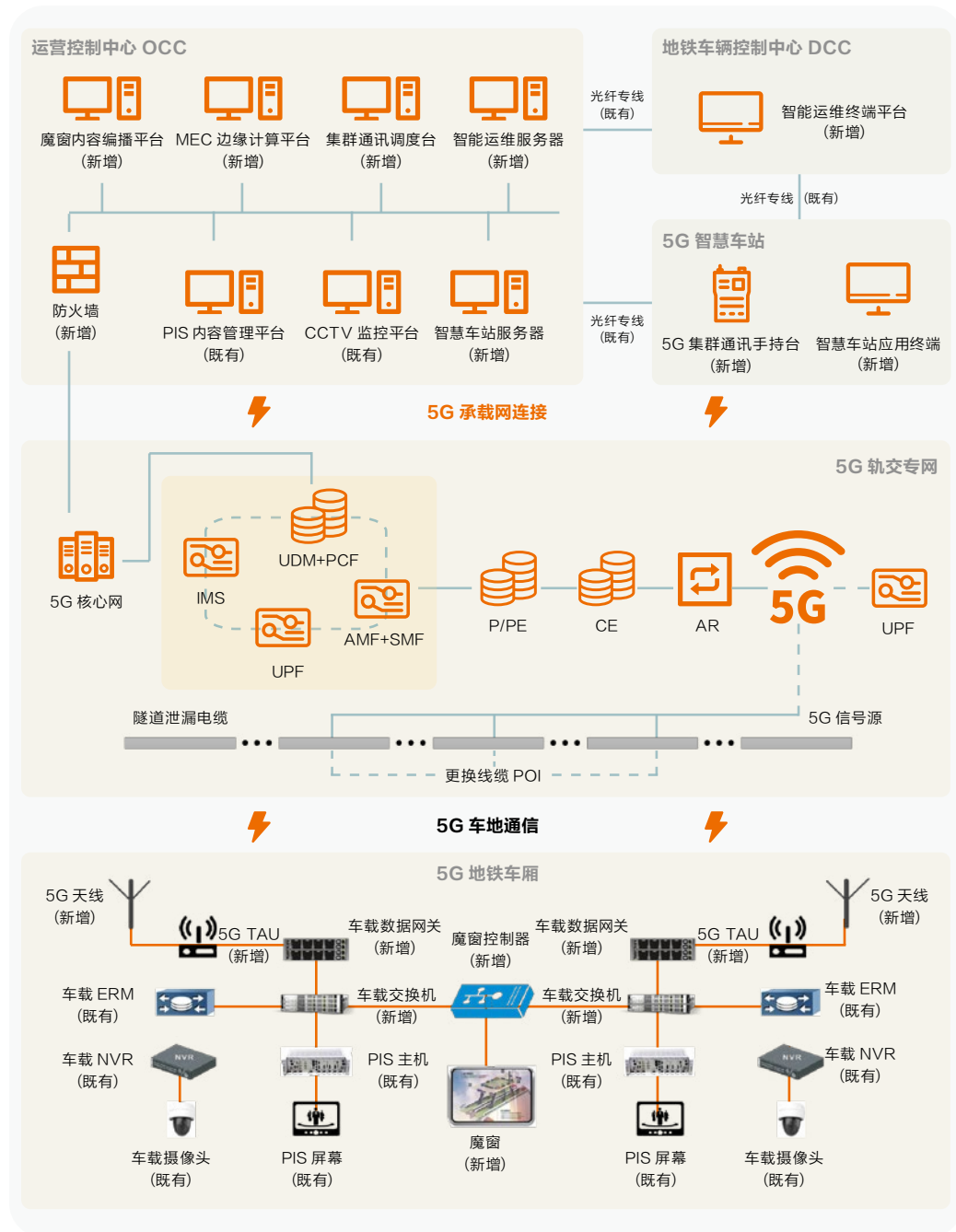


图4：轨道交通5G公网专用方案组网架构

存量评估是对已在地铁部署的5G网络进行分析。随着客流潮汐效应，网络也会呈现资源使用的波峰和波谷。通过获取运营商网络在时域、空域的流量特点，可以利用波谷时段实现地铁准实时业务的错峰使用。在夜间，当列车停运且隧道网络完全空闲时，一些非实时业务可以利用网络能力进行回传。通过这种模式，能够最大程度利用5G网络资源，同时降低使用成本，并迅速在行业中形成复制。

切片定制开通是通过网络分析来确定5G ToB业务的时间和空间策略（如图4）。结合当前无线、承载、核心网三域的特点，通过参数设置来实现对行业应用的SLA保障。5G公网专用的切片方案是基于地铁场景的一种定制化方案，目的是实现资源的充分利用。该方案需要对每个小区的资源情况做好阶段监测，并提供业务时域和空域的策略，其次在核心网和无线设置相关的参数自动配置，以实现一站一策的业务设计。

第三，增值创新。本方案是基于5G技术的定位漏缆方案，旨在满足轨道交通领域对定位的需求

（如图5）。通过定制化漏缆和无线UTDOA特性，能够实现在轨行区的人员和车辆定位。其中，人员定位主要用于维护人员在轨行区巡检时对故障点的准确、及时定位；而车辆定位是指车载弓网监控和运维系统在运行过程中对故障点的定位。目前，地铁系统在常用的计轴定位模式之外，引入UWB基站定位，但其造价较高，按照30公里的标准线路，每线投资约200万元左右。相比之下，利用已经部署在隧道内5G网络实现定位功能，就可以帮助地铁公司节省自建UWB网络的成本。

通过运营商在轨道交通行业的成功实践，5G网络迸发出磅礴的生命力。目前，运营商在轨道交通行业推行的5G公网专用模式已成为行业标准。未来，这种模式可以应用到民航机场、高铁车站、医疗园区等更多场景。

随着技术的不断发展和应用的推广，5G网络将在更多领域发挥作用，推动各行各业的数字化转型和发展。

多个地铁提出隧道定位需求	当前隧道人员定位方案	当前轨道交通采用的定位方案
<p>隧道人员定位需求</p> <p>人员巡检定位，故障区域数据实时上报</p>  <p>车辆弓网监控定位及数据回传需求</p> 	<p>靠隧道墙面标识定位误差大，后台无法实时监控</p>  <p>UWB造价高（约6-8万/公里），单独维护成本高</p> 	 <p>采用计轴定位误差20米每公里</p> 

图5：轨道交通当前定位需求及方案

The background is a solid blue color with a subtle, abstract pattern of white dots and lines that create a sense of depth and movement, resembling a digital landscape or data flow. The pattern consists of a grid of dots that recedes into the distance, with some lines connecting the dots to form a path or a series of steps.

02.

引领网络演进

中东领航 5G-A 时代，加速迈向智能世界



文 / 华为中东中亚 ICT Marketing 与解决方案销售部部长
唐臻田

中东运营商始终追求网络和商业领先，是海湾六国数字化的推动者。5G-A 时代，中东运营商积极开展场景化验证、探索新型增长机会，借此持续夯实 5G 商业成功成果、赋能区域数智化升级。

纵 观历史，阿拉伯世界繁荣领先的关键要素在于“连接”。中世纪时期，阿拉伯商人的骆驼和船上满载中国的丝绸、瓷器，印度和马来群岛的香料、矿物、蔗糖，中亚的宝石，东非的象牙、金砂，以及北欧的蜂蜜、毛皮和木材。强大的运输与商业网络连接了世界各地，极大推进了阿拉伯帝国强盛，促进世界经济、科技、文化、艺术的交融和发展。

在数字化、智能化的今天，海湾六国正坚定不移推进国家经济结构转型，对内寻求非石油经济占比大幅提升，对外阿联酋、沙特等国均提出要成为周边区域的数字枢纽。stc、e&、zain 等跨国运营商作为数智化时代的新商人，把握机遇开启数字化转型，形成云、DC、toB 集成等多元化战略，赋能中东、非洲等区域数智化升级。而打造世界级 ICT 基础设施，成为中东运营商的共同追求。

中东迈入 5G-A 商用元年

2023 年 MBBF 期间，中东 6 家运营商参与全球 5G-A 网络发布，预示着中东正式进入 5G-A 元年。这一年中东运营商完成了 20+ 场次关于 Redcap、Passive-IoT、裸眼 3D 等场景化探索，所有运营商均完成了 10Gbps 测试。

务实探索 5G-A 新业务，推进 5G 商业长青

中东运营商是务实的，5G 商业成功是其持续投资 5G 的核心动力。

截至 2023 年底，5G 用户渗透率和 5G 分流比均超过 40%。从经营上，5G 扭转了 4G 末期（2018 年）运营商经营上的跌势，领先运营商收入实现了 20% ~ 45% 的增长，FWA 也成为中东电信业的名片。

面向 5G-A 时代，中东运营商已识别多个价值场景，面向个人（toC）、家庭（toH）、行业（toB）全面提升用户体验、挖掘创新应用，进一步夯实 5G 商业成功。

个人（toC）：裸眼 3D，沉浸式体验激发十倍流量红利

裸眼 3D 的第一波热潮起于《阿凡达》的上映，经过十多年沉淀和发展，当前裸眼 3D 核心技术基本成熟，良好体验、高效 3D 内容制作和平价终端等均能支撑规模商用。

迪拜、阿曼的商场已经开始应用裸眼 3D 巨幕。根据谷歌趋势显示，“Naked-eye 3D”关键字的搜索热度近半年来迅速攀升，在沙特、阿联酋、阿曼等国热度过半。运营商纷纷开始结合自身业务优势，探索 5G 商业变现的新思路。运营商 A 认为 3D PAD 比手机膜效果更好，PAD 与 FWA、手机膜与 2C 可以协同发展，将于近期推广上市。运营商 B 计划在 5G-A 创新中心中引入裸眼 3D UC，围绕 OSN（本地 OTT）、YouTube 等构建 3D 内容生态。运营商 C 在规划 3D 直播，同时与 OTT 合作设置 3D 专区，5G 用户绑定 3D 权益。运营商 D 则先试用 3D 贴膜场景，后续考虑 3D 内容转制。

“**卡塔尔 Vodafone 正在联合供应商、监管机构、战略合作伙伴等相关方联合制定面向 5G-A 的演进路径，为国家数字化转型、各大类型活动做好准备。卡塔尔 Vodafone 的定位是，在这次技术演进中，取得最前沿的位置。**”^[1]

——Ramy Bector, 卡塔尔 Vodafone CTO



整体上，当前运营商已经展开高端套餐设计，着手构建 3D 内容生态。预计在 2024 年上半年，将有运营商商用发布裸眼 3D 业务。

家庭 (toH)：FWA 体验再升级，从 Fiber-like 到 Air-Fiber

FWA 的可持续发展是运营商关切的重中之重。

中东 FWA 的家庭渗透率已经超过 21%，即使在光纤非常发达的市场，如阿联酋、卡塔尔、巴林等，FWA 也在快速发展。在此背景下，运营商遇到了两个共性问题：第一，单站用户持续增长带来网络拥塞，用户体验下滑、投诉增多，如何提升用户满意度？第二，光纤下行速率以每年 40%+ 增长速度的提速，当前主流光纤套餐已经是 300Mbps~500Mbps，FWA 如何保持竞争优势？

经过一年的探索，运营商与华为得出结论，通过套餐升级，即从不确定的 100Mbps 体验走向可靠的 300Mbps，FWA 业务还有巨大价值可挖掘。调研和分析发现，70% 的用户套餐均可升级，且其中 67% 的用户愿为更好的体验多支付 20% 以上。这意味着可靠的用户体验必须贯穿整个用户旅程。发放前，需要对网络可用资源、覆盖和干扰做出正确评估，确保高速 FWA 业务可发放。发放中，除了提供性能更强大的 CPE，还需从资源调度上给予更高优先级。在部分场景，还需上门辅助安装，确保点位最佳。在消费者使用过程中，要能够实时监控用户体验指标，在指标恶化的时候能够预防性优化，并且为他们提供专属的 VIP 客服通道。

阿联酋 du 是 FWA 的领先探索者。MWC 2024 期间，du 表示将发布面向游戏者的高速、低时延套餐，在 FWA 中绑定更多 TV 类权益^[2]。

与光并进，FWA 具有广阔想象空间。

行业 (toB)：万兆城市底座，助力行业数字化发展

2022 年，华为已经和沙特通信部签署了共同打造“10Gbps Society”的 MoU，万兆愿景正在新城规划落地。5G/5G-A 带来的网络增强能

“白皮书呈现了我们对阿联酋 5G 技术卓越和领导力的承诺，反映了我们对应用先进技术的积极态度，以及我们对开拓创新的持续投入。”^[7]

— Khalid Murshed, etisalat by e& CTIO

力，让运营商在提供泛在基础连接的同时，还有机会成为国家 ICT 综合解决方案的主导者。

- **打造低碳“认知城市”**：沙特 NEOM 集团提出要以 5G 技术为基础，连接城市的人和物，打造“认知城市”。沙特红海集团和 zain 合作，在红海新城部署零碳 5G 网络，在珊瑚礁、海龟筑巢地等生态点位基于 5G 部署 IoT，实现生态实施监控^[4]。当前，运营商正在验证基于 5G 智慧灯杆的综合场景物应用，包括智能安防、电子屏幕、新能源充电桩、环境监控、自动驾驶等。
- **助力行业数智化**：行业对 5G 的接受程度正在提升。阿联酋政府调研显示，约有 40% 的企业计划在一年内应用 5G 技术。例如，stc 集团与沙特港务局启动智能港口倡议以实现港口运营的自动化，包括起重机远程操作、起重机三维可视化、车牌识别、人脸识别等各类场景应用^[5]。etisalat by e& 发布 5G-A 白皮书，产品包括 5G 移动边缘、5G 园区、

车载 5G 网络等，以推进 5G/5G-A 在政府、交通、医疗、航空、油气等行业应用^[6]。

- **构建数字孪生**：中东运营商正在积极测试和应用 P-IoT 和 Redcap 等 5G-A 技术。阿联酋运营商通过 P-IoT 技术升级智慧零售，基于 P-IoT “无源，长待机，低成本”技术优势连接各式各样的商品，打造“数字孪生”，实现对商店物品高效地跟踪和调配。沙特运营商利用 Redcap 低成本 5G 模组，探索新型的 CCTV，加速智慧安防发展。

技术引领，有序打造万兆网络

区域领先运营商已经完成 5G-A 目标网规划。

第一步，用户体验三年翻倍。当前 5G 用户平均下行速率为 100Mbps，FWA 体验速率在 165Mbps。用户体验速率整体规划是，2026 年 5G 下行速率 200Mbps，FWA 体验速率 500Mbps。

“5G 将提供接近甚至媲美光纤的体验。我们相信，从 5G 到 5G SA，再演进到 5G-A，我们在走向 6G 的半路上。”^[3]

— Karim Benkirane, du CCO

第二步，逐步迈向泛在万兆时代。到2026年，用户峰值速率5Gbps、时延小于20ms。到2030年，实现下行体验10Gbps、时延小于10ms。

运营商一致认为，TDD 3载波（300Mhz频谱）是5G-A相对于5G的根本性差异，并在积极推动与华为的联合创新。比如区域率先孵化了双频META（2.6/2.3+C-band）、支持5G-A极简部署，以及3载波小站产品，持续提升室内用户体验。阿联酋du已开始大规模TDD 3载波部署，应用ELAA（Extreme-Large Antenna Arrays）技术，阵子数量从192迈向384，峰值速率达5Gbps，用户体验提升近30%，能耗降低近30%^[6]。

沙特stc开启4载波建设，包含C-band和中低频，持续提升网络性能和用户体验，面向5G-A演进^[9]。

2024年巴塞罗那通信展上，华为与阿联酋du签署MoU，共同打造“5G-Advanced Country”；与科威特CITRA（科威特通信和信息技术管理局）签署MoU，共同打造“5G-A Smart Cities”；与沙特zain签署“All in 5G-A”MoU。

运营商纷纷表示，希望联合华为一起探讨网络平滑向5G-A演进、打造5G超级套餐（利用新通话、3D、MR等新业务树立5G-A品牌）、FWA基于速率的定价演进等等。在新世代演进和巨大的商业前景面前，运营商的追求和关注是华为持续创新的动力。


合力同心，高质量5G建设推进数字绿洲发展

向数智化、低碳化转型，是政府和运营商一致的追求。

从政府层面，近年来海湾国家纷纷提出国家愿景，如沙特“2030愿景”，阿联酋“UAE 2031”等，寻求数字经济占比大幅提升，促进国家在区域和全球领导力提升。政府从资金、产业政策上牵引5G建网，驱动移动网络质量迅猛提升。当前Speedtest Top10国家中有四个来自中东。同时，巴林、阿联酋、沙特、阿曼四国已经承诺碳中和。数字化、智能化的理念正在各城市、行业加速落地。

从运营商层面，持续打造领先的、高质量的通信网络，是中东运营商在数字化转型中“不变的初心”。5G的商业成功驱动了运营品牌价值迅速提升，2018~2023几年间，stc品牌价值提升85%，在全球运营商排名第11，提升了19名；e&排名提升至14。在面向5G-A演进的道路，中东运营商追求走在最前列。预计2024年将是中东全面建设5G-A的元年，领先国家如阿联酋预计将开展全国性5G-A部署。

据观察，海湾国家的经济活力在逆势跃升。2023年迪拜商会新企业注册量增长了43%，阿布扎比的创业生态增速全球排名第六，阿联酋在2031前打造20家独角兽企业。沙特2023年初创企业增加了33%，并以创纪录的13.8亿美元风投领先中东和北非。海湾国家正在成为全球初创企业的首选目的地之一^[11]。

可以预见，5G-A将进一步推进中东地区的经济和社会发展，与沙特2030愿景、阿联酋“UAE 2031”等各国愿景发生化学反应，不仅激发更多数字新活力，更能吸引全球智慧、激发更多创新，从而加速中东各国的数字经济转型，构建广阔无垠的数字绿洲！

引文：

[1] <https://www.marhaba.qa/vodafone-qatar-hosts-groundbreaking-discussion-on-5-5g-technology/>

[2] du, Huawei sign strategic cooperation to boost 5G-A in the UAE. <https://www.rcrwireless.com/20240228/5g/du-huawei-sign-strategic-cooperation-boost-5g-uae> Feb 28, 2024

[3] Du to bolster FWA 5G play to challenge rival. <https://developingtelecoms.com/telecom-business/operator-news/16333-du-to-bolster-fwa-5g-play-to-challenge-rival.html> Feb 29, 2024

[4] An Inspiring Journey: Zain KSA and Red Sea Global Pioneering World's First Zero-Emission 5G Network. <https://www.telecomreview.com/articles/exclusive-interviews/7406-an-inspiring-journey-zain-ksa-and-red-sea-global-pioneering-world-s-first-zero-emission-5g-network> Oct 09, 2023

[5] 5G-Advanced: The Future of Wireless Communications in the UAE. https://www.samenacouncil.org/samena_daily_news?news=94414 Mar 09, 2023

[6] https://www.eand.com/content/dam/eand/assets/docs/general/5G-advanced_the_future_of%20_wireless_communications_in_uae.pdf

[7] etisalat by e& launches white paper on UAE's transition to 5G-advanced and commitment to global standards. <https://wam.ae/article/b0ys2bv-etisalat-launches-white-paper-uaes-transition> Jan 03 2024

[8] du Spearheads Commercial Deployment of 5G-Advanced. <https://www.telecomreview.com/articles/telecom-operators/7818-du-spearheads-commercial-deployment-of-5g-advanced> Feb 07, 2024

[9] stc Achieves Substantial Progress in Advancing 5G. <https://www.telecomreview.com/articles/telecom-operators/7719-stc-achieves-substantial-progress-in-advancing-5g> Jan 02 2024

[10] du Commits to Building UAE as 5G-Advanced Country. <https://www.telecomreview.com/articles/telecom-operators/7882-mwc24-du-commits-to-building-uae-as-5g-advanced-country> Feb 27,2024

[11] Accelerating Growth: the GCC's Start-up Ecosystem. <https://communicateonline.me/category/industry-insights/post-details/accelerating-growth-the-gccs-start-up-ecosystem> Jan 31 2024

“这是 du 5G-A 商用的关键里程碑，华为的技术将助力 du 实现战略愿景，即在 5G-A 的商业创新、行业数字化上发挥关键作用，共同推进和深化阿联酋的数字化转型。”^[10]

——Fahad Al Hassawi, du CEO

未来全光网络架构及关键技术设想



文 / 华为光产品线技术规划部长，首席技术规划师

唐晓军

如何演进和迈向 2030 光通信网络系统和架构是一项重要课题。文章将从产业化角度观察光通信系统的未来发展方向和创新理念，找到可以真正落地的技术路线，以构建面向未来的新型光通信网络系统，满足智能世界多元化、高品质的需求。

光网络为数字世界提供了超宽带、大容量、低时延的联接底座。从 20 世纪 80 年代语音通信，到现在以视频为代表的宽带通信，固定网络的发展历经 5 个代际。2024 年是 F5G-A (俗称 F5.5G) 元年，适逢 AI 催生的各种应用及 3D 显示产业方兴未艾，以 OpenAI 为代表的 AI 大模型技术突破带来大量 AI 集群建设和全新应用，以 Apple Vision Pro 为代表的沉浸式 3D 显示技术将大规模产品化上市。同时，巨大的算力、运力对全光底座需求迫切，作为数字基础设施底座的光通信网络面临空前的机遇和挑战，呼吁架构及关键技术的突破，主要包括以下 3 大方面：

- **骨干网**：为满足东数西算等 DC 流量持续增长的需求，单通道速率和系统容量提升仍是主要演进动力。
- **城域网**：随着业务流量方向变化，从传统的南北向网络架构演变为以云为中心的低时延高品质 T 型网络架构。
- **接入网**：随着 3D 应用进入家庭，AI 大模型技术进入端侧，演进方向将从单纯的带宽提升，转变为大带宽加高品质体验。

到 400Gbps@150GHz，频谱效率提升了 33%，容量提升了 33%。同时单通道速率提升也伴随着持续降低比特成本 / 功耗的需求。为满足这些需求，单通道速率将朝着相干 1.6Tbps@400GHz 演进。因逼近香农极限，频谱提升难度越来越大，需在算法、器件的持续创新上有所突破。当前面临的技术挑战如下：

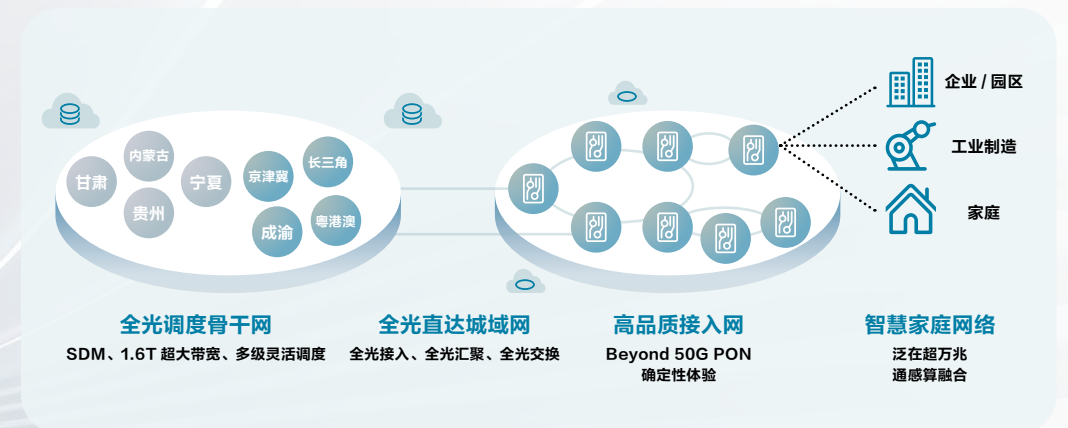
- **高调码型和算法优化提升频谱效率**：1.6Tbps@400GHz 的频谱效率为 4bit/Hz，相对 400Gbps 的 2.67bit/Hz 频谱效率要提升 50%，调制码型将从 QPSK 变为 CS16QAM，同时要覆盖骨干长距离传输，对码型设计和算法优化提出了更高要求。
- **400G 波特器件**：如果基于单激光器实现相干 1.6Tbps，将需要接近 400G 波特的器件，如 AD/DA，调制器和 PD。虽然当前业界研究已能实现 250G 波特左右的调制解调，但与 400G 波特仍有差距。
- **高集成度超通道技术**：受限于器件工艺，波特率的提升难度越来越大，实现单通道

骨干网络架构：单通道速率和系统容量持续演进

容量提升是骨干网代际演进的主要驱动力，AI 技术的爆发式增长进一步推动了骨干网络传输容量需求。目前来看，持续提升骨干网容量有三个方向：持续提升单通道速率，继续拓宽频谱，向 SDM 系统演进。

方向一：持续提升单通道速率

提升单通道速率一直以来是提升骨干容量的主要方式。从相干 100Gbps@50GHz 演进



图：2030 全光网络架构

1.6T 的另一条路线是基于 2 波 800G 或 4 波 400G 的多通道集成。多通道使用相对低带宽的器件，但对光子集成技术提出了更高要求，需要解决相对频率控制、多通道器件良率提升、能否用更少原料、box 及基板翘曲等问题。

方向二：继续拓宽频谱

系统容量等于单通道速率乘以系统通道数，通过拓宽频谱增加通道数是光系统容量演进另一个重要方向。C120 + L120 系统相对 C80 系统频谱增加了 2 倍，结合单通道速率提升使系统容量从相干早期 8T 增加到当前的 32T。C+L 波段之外，S 和 U 波段是潜在可继续拓宽的频谱。然而 S 和 U 波段所需的光电器件尚不成熟，如新波段的可调激光器、PD 和光放大器，另外调制器和收端混频器也是波长敏感的，需要重新研究设计。引入 S 和 U 波段还会增大系统的受激拉曼散射 (stimulated Raman scattering, SRS) 非线性效应，劣化 C+L 波段的传输性能，增加了系统设计和运维复杂度。这些挑战都需要学术界和产业界的进一步研究和投入，即使最终成功，系统容量只能实现翻倍，此方案投入产出比较低，很难进行长期演进。

方向三：向 SDM 系统演进

由于前述两种方案的技术挑战越来越大，骨干网向 SDM 系统演进成为必然，且迫切度越来越高。60 年前提出的 SDM 概念，在最近十几年学术界开展了大量关键技术研究，也取得了一定成果，但产品化道路仍有如下问题悬而未决：

- 学术研究为 SDM 提出了多条技术路线，包括弱耦合多芯、强耦合多芯、多纤对、少模、多模和 OAM，多条路线各有优缺点，最终路线尚未明确。
- SDM 可能由多种光纤介质承载，包括 G.652、G.654 或者空芯光纤。

- 系统架构是先 WDM 后 SDM，还是先 SDM 后 WDM，尚未明确。
- SDM 的通道数也存在多种可能：2 通道、4 通道、……

经过分析，华为认为多纤对和弱耦合光纤是目前技术成熟度最高的两种路线。前者基于成熟单模光纤并行设计，后者的串扰度较其他方案更低并且控制工艺已经取得了突破。基于分析研究，华为认为 SDM 走向产业化还需要突破如下 4 个基本概念并达成共识。



第一，兼容的系统架构。WDM 系统是骨干光网过去成功的关键，SDM 系统能够兼容 WDM 系统是其商用的前提。SDM 和 WDM 复用维度不同，需要详细设计兼容方式，建议采用先波分后空分方案，如此便可以通过结构简单的器件实现对现有波分系统的兼容，涉及的器件主要包括 WDM/SDM 复用器件、光放、光交叉、扇入/扇出 (FIFO) 等器件。采用此方案，需同时支持多纤对和弱耦合多芯两种技术路线。多纤对方案基于已有光纤进行并行设计，适合现有光纤网

络升级；多芯光纤需要重新铺设光缆，更适合全新铺设光纤的网络。也有可能是在现有单模光纤基础上铺设新的多芯光纤，形成混合的 SDM 网络。从光纤类型看，SDM 系统需支持单模光纤和空芯光纤。近年来空芯光纤由于其低非线性、低色散、低时延等特性而备受关注，未来可能成为颠覆性光纤技术。

第二，极简的管理系统。增加复用维度的同时不增加网络管理复杂度，是产品化必须考虑的另一个重要问题。华为认为，在 SDM 系统引入了空间维度的前提下依然可对 SDM 系统进行类 WDM (WDM-Like) 的网络管理，是管控技术的主要关注点与突破点。传统的 WDM 系统、多芯 SDM 系统和多纤对 SDM 系统均由同一个网管系统对 OTU 端口、波长、纤芯进行统一管控，其中涉及的相关技术包括网络资源池化 (建立 OTU 端口资源池、波长资源池、光纤纤芯资源池等，实现多系统的资源共享) 和 NaaS API 等。

第三，高集成度的系统架构。有限机房空间对网络设备的集成度提出了要求，能否实现提升系统容量的同时设备体积不变，对 SDM 产品化至关重要。从系统分解角度看，提升 SDM 集成度需要优化设计光模块、光放、光交叉、FIFO 等器件体积。光模块的波特率提升终将会遇到瓶颈，超通道光模块支持更高端口速率可能导致技术变轨，其技术挑战同样要解决前面提到的相对频率控制、多通道器件良率提升、能否用更少原料、box 及基板翘曲等问题。光放大器集成度提升的挑战主要有：稀土元素多组分掺杂实现一体化宽谱放大、高功率低成本泵浦支持多路放大、高集成低损耗的多通道无源器件。光交叉的挑战在于空间维度的增加对高维度 OXC 提出要求，对 128 维 + 的高维 WSS 挑战很大，需要 OXC 架构创新。SDM 系统的光连接还需考虑多芯光纤与单模光纤、多芯与光模块直接连接的技术挑战。

第四，通感安全等融合应用。SDM 除了支持大容量通信以外，可以探索更多的应用场景。比

AI 对算力的巨大需求，将使城域网流量模型发生变化，流量走向从用户到用户转变为从用户到云为主。

如，近年兴起的分布式光纤传感，量子密钥分配 (Quantum key distribution, QKD) 等技术将光纤的应用场景极大扩展，实现通感加密融合应用。SDM 的多个空间通道可以兼容通信扩容和通感，安全一体的应用，例如 4 芯系统中，1 芯用于传统光通信传输，2 芯可以用于 QKD 的量子通信和密钥协商，另外 1 芯可以用于分布式光纤传感。

城域网网络架构： 以云为中心的超低时延高品质网络

AI 对算力的巨大需求，将使城域网流量模型发生变化，从过往的南北向为主，转变为东西结合南北的 T 型模型，流量走向从用户到用户转变为从用户到云为主。同时 AI、VR、智能制造等业务对带宽和时延提出了高要求。城域网网络架构要实现一跳入云、AZ 之间超低时延，以满足用户对高品质体验的需求。传统的逐跳转发、多环堆叠架构的老旧网络无法满足需求。为实现全光城域网网络架构大带宽低时延要求，需依靠全光互连、细粒度 OTN (fine grain OTN, fgOTN)、光层数字化等关键技术。

- 全光互连**
 把城域接入环的波长资源通过全光交叉进行统一管理，各环共享光纤中的波长资源，可以实现各环波长资源灵活调节，应对各环之间网络流量的不均衡。同时依托于全光交叉，免光电转换，支持超低时延一跳入云。
- fgOTN**
 将 OTN 技术下沉到网络边缘和客户边缘，为业务提供硬管道，具有硬隔离、高安全的特性，同时可以支持单通道速率持续演进和无损快速调整带宽，满足业务带宽增长和不同业务灵活带宽的需求。另外 fgOTN 硬管道提供确定性时延，为高品质行业客户提供确定性体验。
- 光层数字化**
 将光性能可视扩展到光网络边缘。流量方向转变为以云为中心确定性模型，为光网规划和运维提供了条件。基于数字化光层技术，对光层进行精确建模，实现光网可视化，支持规划阶段精准业务开通，运维阶段智能定障，高可靠ASON 快速业务恢复，结合运营 App，实现网络运维变现。

接入网络架构：大带宽和高品质体验

光接入网技术演进路线为：PON—> GPON—> 10GPON—> 50GPON—> Beyond 50GPON，为接入用户提供大带宽网络。面向未来，随着新业务 (AI/AR/VR/ 全息) 和新应用 (智能制造) 兴起，不仅要求接入网有更高带宽，例如 8K VR 需要约 2Gbps 带宽才能带来高品质体验，也对时延、抖动和安全隔离都提出了更高要求，例如工业制造对时延及抖动有 μs 级的确定性需求。同时，垂直行业存在多张业务网络统一承载的诉求，且逻辑上要保持严格隔离，以满足各业务网服务等级协议 (SLA) 的要求。因此未来光接入网除了带宽继续提升到 Beyond 50GPON，还将从尽力而为走向差异化服务，实现品质有保障。对于钻石级业务 (如高端别墅)，提供确定性带宽、确定性时延 / 抖动、高可靠性；对于银级业务 (如公寓) 提供确定性带宽、亚 ms 级时延 / 抖动；而铜级业务 (如农村地区) 价格较低，则按需分配带宽、ms 级时延 / 抖动。

为满足 Beyond 50G 的大带宽和低延时需求，有以下三种潜在的技术路线。

- 直调直检**
 直调直检方案是当前代际技术的继续演进，它能提供 TDMA 机制，支持低成本 P2MP 接入，但无法提供确定性时延。该方案依赖更高带宽的光电器件，而且直检方案带宽每

提升 1 倍，接收机灵敏度下降 3dB。带宽提升还将导致更大的色散代价，为了重用 ODN 网络，发射功率要求比 10GPON 高出很多，对高功率激光器挑战极大。

- 波分 / 频分 + 直检**
 利用多波长实现 FDMA/WDMA，以单独频率 / 波长实现独立的 P2P 高品质接入，使用户时延 / 抖动达到微秒量级。该方案对功率预算的要求低，但是需要 ONU 配备可调激光器。接入网对成本高度敏感，低成本可调激光器是主要技术挑战。
- 相干方案**
 相干可以基于数字子载波技术，同样实现 P2P 高品质接入，保证硬隔离的确定性时延。相干可以用低带宽器件和高调实现高带宽，且接收灵敏度更高，可以满足 ODN 的功率预算要求。不过，它需要成本敏感的 ONU 配备本征激光器，同样对低成本激光器提出了要求。

展望 2030，AI 大模型、沉浸式 3D 等领域的突破性变革对未来全光网络架构提出了更大带宽和更低时延的需求。体系化全光网络架构将依赖于骨干网、城域网、接入网相关的关键技术突破，从而支持飞速发展的海量数字产生的互联要求。华为相信，全光网络架构将推动数字化、智能化更深入人们的生活，成为支撑数智世界互联的坚实底座。[1]

APN6 使能云网 边端协同系统创新



文 / 华为首席协议专家，IETF 互联网架构委员会 (Internet Architecture Board, IAB) 前委员

李振斌

随着技术演进，APN6 不仅重塑网络服务的未来，更可能引领一场互联网体系架构的重大变革。本文揭秘 APN6 技术如何革新云网边端协同系统，并探索其在新兴业务领域中的潜在影响力。

数 字化时代，网络技术的每一次创新都有可能引发行业的巨大变革。APN6（应用感知的 IPv6 网络，Application-aware IPv6 Networking）利用 IPv6 报文自带的可编程空间，将应用信息（标识和 / 或网络性能需求等参数）携带进入网络，使能网络感知应用及其需求，进而为其提供精细的网络服务和精准的网络运维，对于云网边端融合创新具有重要价值。

随着应用差异化需求的不断涌现，以及网络技术与服务不断丰富，各种具有差异化需求特征的应用层出不穷。具体应用场景包括：

- 面向增强带宽的移动互联应用场景，典型应用如高清视频、虚拟现实、云存取、高速移动上网、人工智能等；

- 面向海量物联的设备互联应用场景，典型应用如环境监测、智能抄表、智能农业等；
- 面向超可靠、低时延通信的特殊应用场景，典型应用如车联网、工业控制、智能制造、远程手术等；
- 面向千行百业上云，云上应用通过互联网向金融、制造、教育、医疗等行业，以及个人和家庭推进，重塑各行各业、个人社交娱乐和生活，典型应用如智慧城市、金融云专网、云上医疗、在线教育、远程办公、电商云专线、云游戏等。

这些应用场景的多样化为网络运营和运维带来相应的挑战。有效实现精细网络服务、精准网络运维，是满足应用差异化需求和 SLA 保障、促进网络持续发展与演进的关键。作为一条可行路径，应用和网络深度融合实现精细网络服务和精准网络运维获得了广泛关注，APN6 技术应运而生。

APN6 技术：两种方案选择

APN6 如何通过应用感知的 IPv6 网络，实现网络与应用的智能对话？可以看到，在 APN6 的框架中，关键组件包括应用、网络边缘节点以及基于 APN 信息提供网络服务的头节点、中间节点和尾节点（如图 1）。

根据开始携带 APN 信息的位置不同，可以将 APN6 方案分为应用侧方案和网络侧方案，两种方案各有其优缺点。

APN6 网络侧方案

即应用和用户信息由网络边界设备加入报文中。APN6 网络侧方案的优点是网络边界设备和基于 APN 信息提供服务的网络设备由同一家运营商或企业管控，属于同一个可信域，不涉及隐

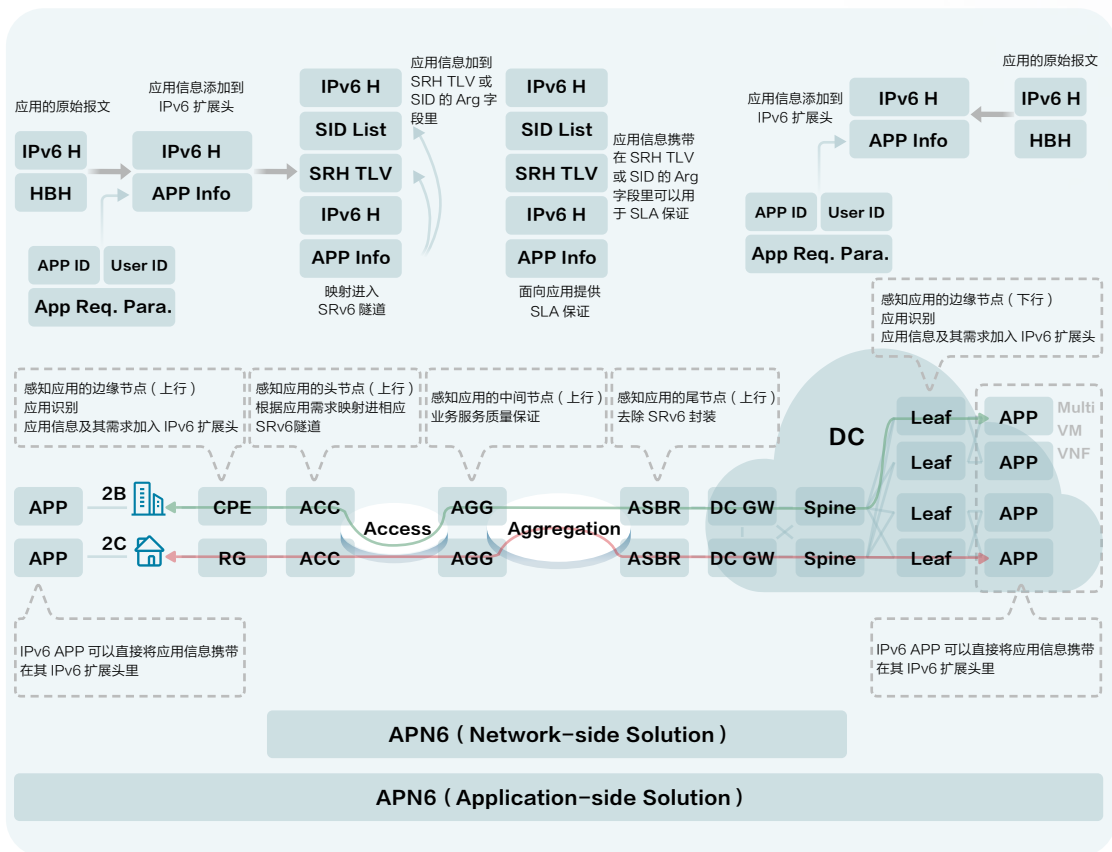


图 1：感知应用的 IPv6 网络（APN6）框架

私和网络安全问题。APN6 网络侧方案的缺点是网络边界设备代应用加入应用和用户信息，有些应用的信息网络边界设备无法获取，影响加入报文的应用和用户信息的准确性和完备性。

APN6 应用侧方案

即应用和用户信息由应用直接加入报文中。APN6 应用侧方案的优点是应用直接在报文中加入应用和用户信息，可以保障信息的准确性和完备性。APN6 应用侧方案的缺点是由于信息需要在终端设备、网络基础设施和

云服务等多个不同的可信域之间传递，面临着一系列隐私和网络安全方面的挑战。

IETF 草案 draft-li-apn-framework 还定义了 APN6 报文所携带的应用信息（APN Attribute），包括应用标识信息（APN ID）和应用需求参数信息（APN Parameters）。APN ID 提供便于网络区分不同应用流和某个 / 类应用的不同用户（组）等信息，可以包括 APP Group ID、User Group ID 等信息。APN Parameters 可选携带信息，可以包括带宽、时延、抖动、丢包率等应用对网络性能的需求参数。

APN6 的意义不只是 IPv6 上的增强创新，而是成为新一代互联网协议的基础。

APN6 促进下一代互联网协议创新

APN6 带来了互联网体系架构的重要变化，也促进了下一代互联网协议创新。

网络体系架构包括标识、转发、控制三个方面。这三个方面对于网络体系架构变化的影响并不相同。标识对于网络体系架构变化的影响是根本性的。当标识发生改变时，转发和控制都需要进行改变，这也意味着网络体系架构的整体变化。标识的变化对网络体系架构的影响巨大，但也是极其困难的一件事情。例如从 IPv4 到 IPv6，因为 IPv4 地址标识到 IPv6 地址标识的变化，就需要整个互联网网络基础设施的升级。

美国曾经在 2010 年左右启动了 Internet2 的 5 个互联网架构研究的项目。这些研究项目均涉及互联网架构的变革，其中著名的项目有 Mobility First、NDN 等。这些研究项目提供了很多值得学习的互联网架构的思想，但最终都失败了。失败原因有三：

- 第一，是互联网的影响面太大，变革极其困难；
- 第二，是不能兼容现有互联网技术发展演进，全面升级网络基础设施代价大、周期长；
- 第三，是网络软硬件能力不能完全支撑新的网络技术。

APN6 为网络标识体系带来重要变化。APN6 可以看作是在 IPv6 地址之外，引入了一个 APN ID，这样使得报文中不仅有 IP 地址，还有一个类身份的 ID。APN6 的意义不只是 IPv6 上的增强创新，而是成为新一代互联网协议的基础，为互联网的发展打开了新的空间，使得 IP 技术体系架构将从面向“IP 地址”标识的网络服务转向面向“类身份 ID”标识或“IP 地址 + 类身份 ID”标识的网络服务发展。

APN6 带来的网络体系架构的升级，不同于 IPv4 到 IPv6 的升级。IPv4 到 IPv6 升级的一个重要教训就是兼容性问题，因为 IPv6 地址对于 IPv4 地址不兼容，导致整个互联网基础设施升级才能支持 IPv6，这也是 IPv6 部署缓慢的一个原因。而这次网络体系结构的升级采用的是 IPv6 + APN（内涵为 IPv6 地址 + APN ID 标识体系）的升级方式来完成，这得益于两个因素：

- 一是 IP 地址体系和功能已经非常完善，IPv4 地址升级为 IPv6 地址解决了地址空间问题。因此没有必要再以“IP 地址标识体系”为核心展开工作，而更应该以“APN ID 的类身份标识体系”为核心展开工作，包括 APN ID 的分配、使用、管理等，并以此为基础定义各种协议扩展。

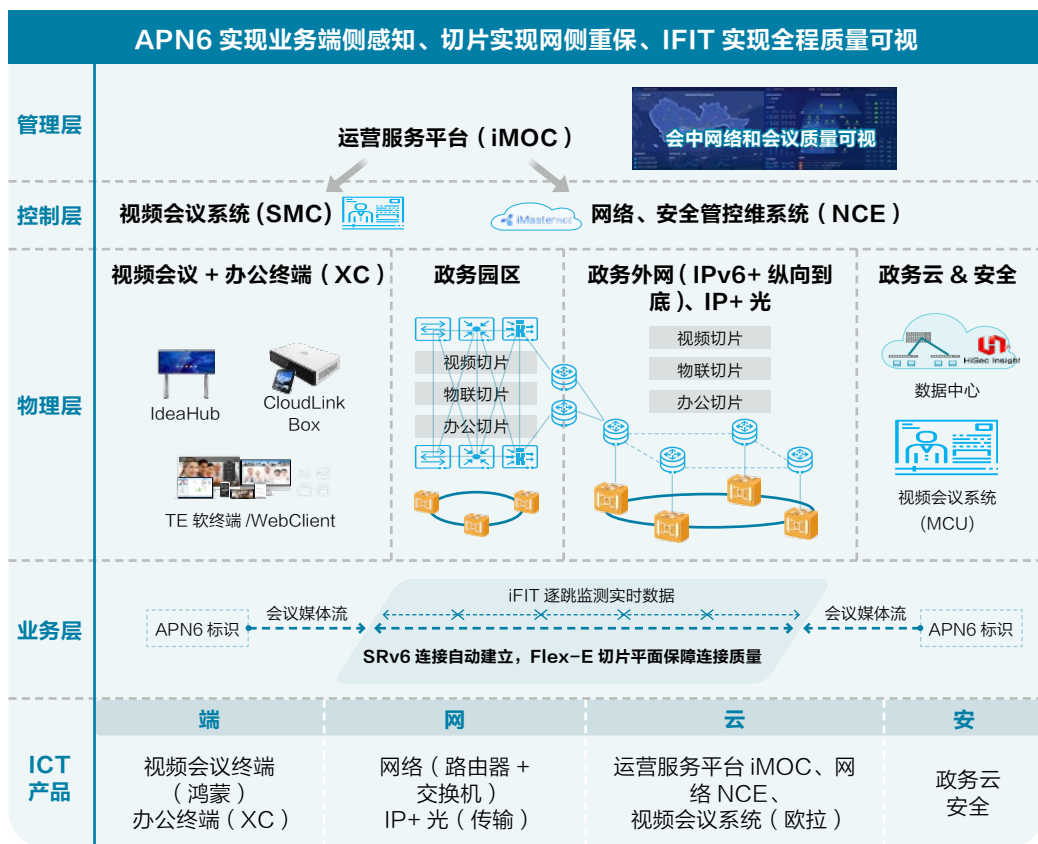


图 2：基于 APN6 的视频会议体验保障方案

- 二是吸取 IPv4 到 IPv6 升级的经验教训，通过 IPv6 的前向兼容机制实现增量部署和升级。通过 IPv6 的扩展头机制携带 APN ID，网络中的 IPv6 节点如果能够识别报文中的 APN 信息，就基于 APN ID 提供服务，如果不能识别，可以将其视为普通的 IPv6 报文，根据报文中的 IPv6 目的地址进行转发。这样使得网络可以增量进行演进。

IPv6 地址 + APN ID 可以看成 IP 地址空间的再一次扩大，由原来的 128 比特 IPv6 地址标识扩展成了更多比特的标识（当前 APN ID 定义了 32 比特、64 比特、128 比特三种规格，与 128

比特的 IPv6 比特合用，等同于有 160/192/256 比特的标识空间），但采用的方式是 IPv6 地址 + APN ID 的方式完成。也就是说这一次网络体系架构升级采用 IPv6 + “1” 的方式来完成的，即 IPv6 地址 + APN ID，这个新加的“1”不是 IP 地址，而是 APN ID 这个新的标识。

APN6 部署案例与技术价值

基于 APN6 的视频会议体验保障方案，在某政务外网已有部署实例（如图 2）。这说明，基于 APN6 的解决方案已经在现网商用部署。

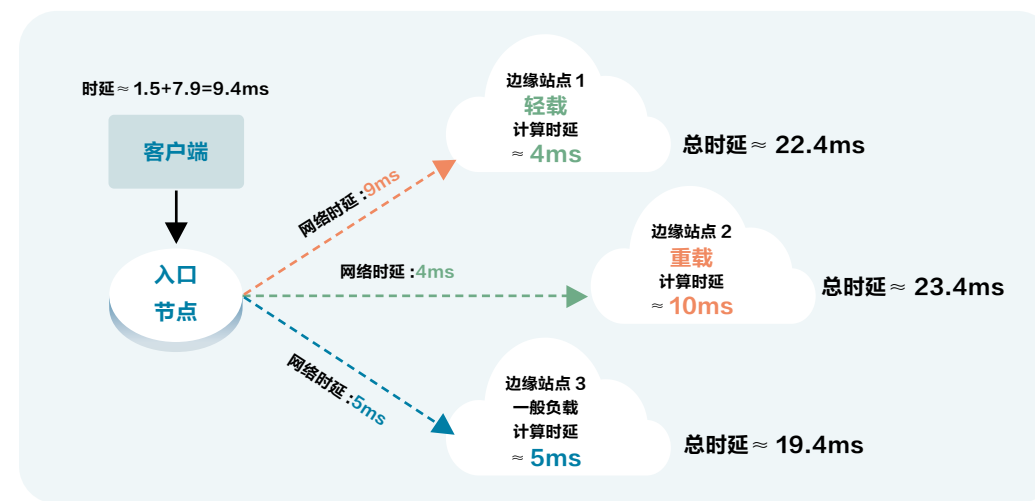


图 3：基于算网负载综合优化保障 XR 体验

传统的视频会议保障比较困难，不仅需要消耗大量的人力，而且因为视网分裂，使得网络难以提供针对性地保障服务，出现故障时也难以定位。

基于 APN6 的视频体验保障方案中，视频会议应用发送的 IPv6 报文中携带需要重点保障的视频会议对应的应用 ID 信息，IP 承载网络的边界设备可以根据应用 ID 信息将流量映射到专用的视频切片中发送。因为 IP 网络切片提供的资源隔离功能，使得其他业务不会对视频切片中的流量造成影响，能够保证视频会议用户的良好体验。同时，IP 承载网络还会根据应用 ID 信息对其实施随路检测 IFIT，提供应用级的服务质量可视功能，这样如果视频会议遇到体验不佳等问题，可以快速定位，并进行流量调优。

APN6 还可以应用于算网融合等场景（如图 3）。时延对于 XR 业务的体验至关重要。为了保证时延，不仅依赖于网络的负载，还依赖于边缘云中算力的负载，因此在进行流量调优的时候需要综合网络负载和算力负载进行。

感知算力的流量引导方案实现了基于网络和算力负载的综合调度（如图 4）。在这一方案中，需要将算力服务对应的“位置 + 应用”的标识以及负载信息通告给网络，网络的头节点会根据接收到相同应用的不同算力位置和负载等信息形成多条路径转发规则，指向不同的算力服务位置，并标识有对应不同的综合负载（包括网络负载和算力负载）信息。当接收到新的访问应用的业务流报文时，头节点可以选取负载较轻的路径，将其引导到对应的算力服务位置，保证其应用访问有最佳的体验。

在上述两个 APN6 的应用范例中，还体现了 Locator/ID 分离的作用。传统的互联网中报文只有 IP 地址作为标识，这样使得 IP 地址同时有地址和身份双重含义。在移动场景中，应用的地址会发生变化，然而以 IP 地址构建的单一标识体系导致地址和身份一起发生变化，使得基于 IP 地址的流量引导策略不得不进行调整。APN6 在 IPv6 地址之外又引入了一个类身份的 ID（APN ID），在应用的地址发生变化之后可

以保持 ID 不变，使得网络基于 ID 施加的策略可以继续工作，不需要重新调整，这样的机制极大地简化了网络运维。

标准产业进展达成更多共识

自 2019 年初起，APN6 技术在 IETF 提交了包括问题描述、框架、IPv6 封装、YANG 模型、BGP 协议扩展等在内的 10 多篇草案。APN6 对传统互联网的端到端设计原则、应用网络分离设计原则等都提出了挑战。

起初，APN6 在标准产业内引发了众多争议，随着时间推移，已形成了更多共识。APN6 可以优先在应用和网络同时受控的有限网络域 (Limited Domain) 场景中获得应用，但是在需要更多三方参与的互联网场景中还需要进一步发展。

无论如何，APN6 的理论和实践都取得了长足的进步，随着 AI 计算等新兴业务的发展，云网边端融合的应用趋势更加明显，APN6 技术也会获得更进一步的发展。

IPv6 地址 + APN ID 可以看成 IP 地址空间的再一次扩大。

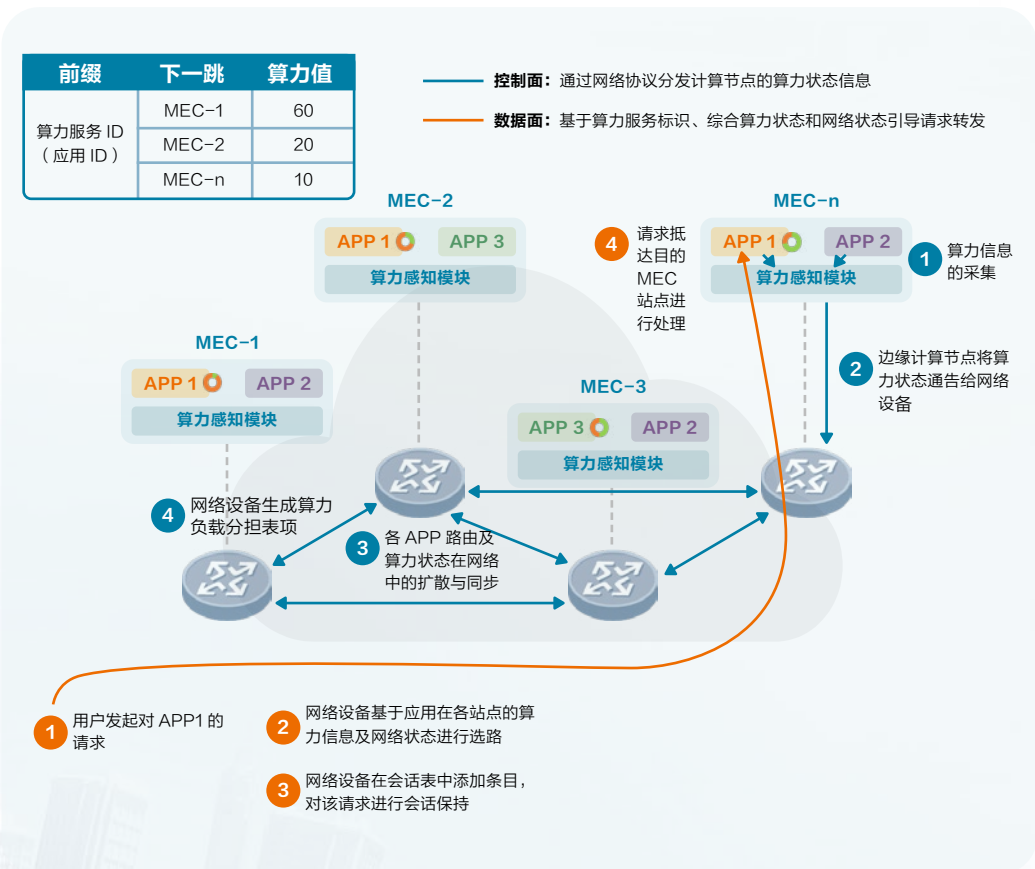


图 4：感知算力的流量引导方案

AI 数据湖：连通数据孤岛，加速智能涌现



文 / 华为数据存储产品线营销运作部部长

樊杰

在 AI 大模型技术飞速发展的今天，数据孤岛问题已成为制约其进步的关键。华为推出的 AI 数据湖解决方案，通过创新的三层架构，有效整合了数据存储、管理与服务，解决了数据归集与预处理的难题，为 AI 大模型训练提供了强大的数据支持。

自 2022 年 11 月 ChatGPT 发布以来，AI 大模型技术发展迅猛。AI 大模型训练正成为推动技术进步的核心力量。然而，AI 大模型发展带来的数据量与类型的指数级增长，导致数据孤岛问题凸显，如迷雾般遮蔽了人们追逐光芒的脚步。华为以其 AI 数据湖解决方案，拨云见日，为 AI 大模型的训练提供了一条清晰的路径，不仅连通了数据孤岛，更加速了智能的涌现，照亮了人工智能创新与发展的新纪元。

大模型业务发展的趋势与挑战

人工智能正在全球范围内掀起浪潮。2023 年底，Google 发布 Gemini 多模态大模型，可以理解、操作和结合不同类型的信息，包括文本、代码、音频、图像和视频；2024 年 2 月，OpenAI 发布 Sora 视频大模型，通过将扩散模型和大语言模型结合，在对物理世界的学习过程中“涌现”出三维一致性，让文生视频的真实感非常强。



AI 大模型的发展速度远超人们的预期，从 ChatGPT 到 Gemini 再到 Sora，可以观察得出两大发展趋势：

趋势一：随着大模型从 NLP 走向多模态，原始训练数据集和数据训料从纯文本变成了文本、视图、图片和语音的混合，大模型训练所依赖的数据量呈指数级增长，膨胀程度达到万倍规模（如图 1）。

趋势二：大模型发展核心三要素的算力、算法和数据，展示出一种“大力出奇迹”的暴力美学。即通过堆算力、堆数据、提升参数规模（从千亿到万亿甚至十万亿），在深度学习算法框架下，实现复杂行为的涌现。在 Sora 发布的时尚女士漫步街头视频中，女士背后的街景（霓虹广告、行人等）不时被遮挡，但是在遮挡前后，这些街景都保持了很好的三维一致性，还原了人眼对现实世界的实际感知。

AI 大模型技术的突飞猛进，让所有人目睹了从单一模态到多模态的跨越，但随之而来的海量数

据挑战，迫切需要一种创新的解决方案来整合分散的数据资源。因为，数据作为对现实世界的一种呈现方式，是 AI 大模型训练的基础，尤其是在深度学习算法“大力出奇迹”的加持下，数据的规模和质量对训练效果提升起着至关重要的作用。然而，当前现实情况却是，绝大部分数据拥有者只关心业务应用是否可以高效地访问数据，并不关心数据被保存在哪里；而绝大部分数据管理者只关心数据是否被有效保存，并不关心这是谁的数据、什么类型的数据。这使得数据散落在多个数据中心，形成了数据孤岛。以某运营商为例，多年积累的数据总量达到数百 PB，而现在每天还实时产生数百 TB 数据，都分散在多个数据中心。为了给 AI 大模型训练提供尽量多的数据训料，运营商技术部门不得不对这些数据孤岛的数据进行跨域搬迁或复制，导致筹备数据的时间在大模型训练全流程中占比超过 50%。

如何打破数据孤岛，将分散的数据有效且快速地归集起来、让归集起来的数据集快速转换为 AI

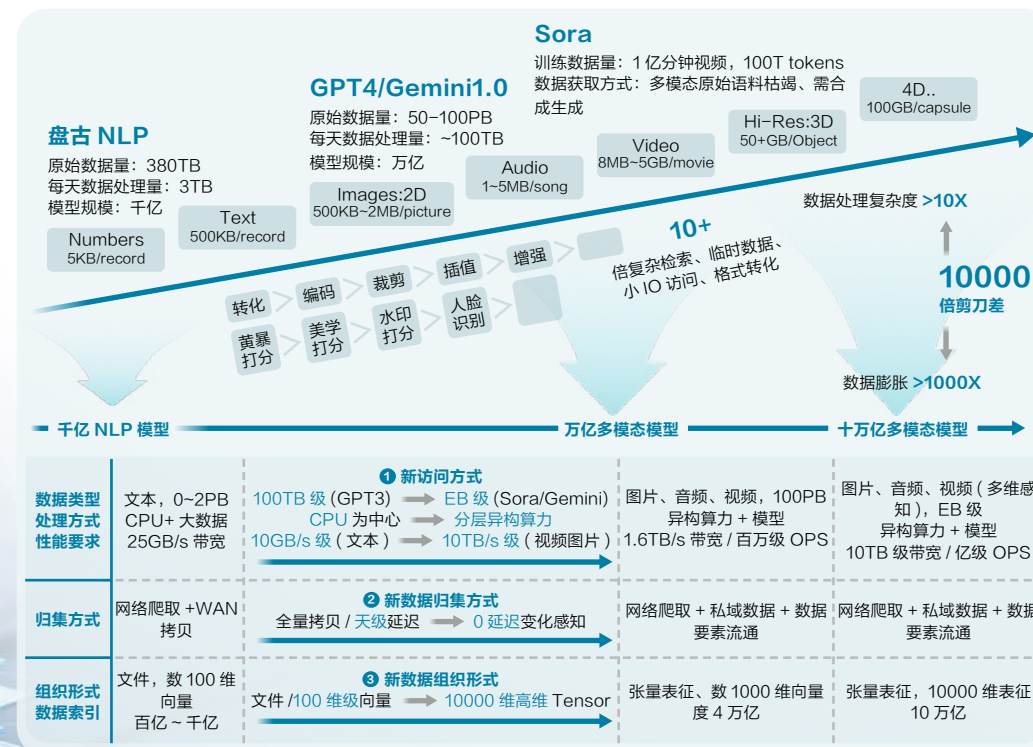


图 1：多模态带来训练数据指数级增长

大模型训料、让数据训料被 AI 算力高效访问……这些问题已经成为 AI 大模型基础设施建设过程中面临的巨大挑战和首要考虑问题。

数据存储和管理的新需求

理想的 AI 数据基础设施，应该瞄准 AI 大模型训练的数据归集、数据预处理、模型训练这几个关键环节，提供高质量的数据服务。为达到这一目标，至少应该在数据基础设施的两个层面进行综合考量：存储设备层和数据管理层。

存储设备层

面对多源异构且体量庞大的数据，尤其是多模态 AI 训练场景，理想的存储设备层应具备多协议互通、高读写、易扩展等特点，才能够应对多重挑战，支撑 AI 大模型训练的如下关键环节：

- **数据归集：**在数据归集过程中，数据往往分散在不同的孤岛中，格式和访问协议多样。为了让这些数据可以高效集中，需要数据存储设备支持多种不同的数据格式和访问协议，并且提供高写入带宽性能以实现这些多源异构的数据可以快速归集在一起。同时，存储解决方案应既具备灵活的扩展性，又要

成本受控可接受，以应对随时可能加入训练的新数据源。尽管归集阶段数据格式和访问协议多样化，但在训练阶段，需要统一到文件访问接口。因此，理想的存储硬件应支持多协议互通，确保统一的底层数据可以被不同协议 / 接口访问，避免因协议转换导致的大量数据复制。

- **数据预处理：**数据预处理是对多样化的数据进行清洗、转换、增强和标准化，实现从海量原始数据集中，获取高质量的数据训料。在这个环节中，由于预处理工具的多样性，会产生大量临时数据，导致数据膨胀。因此，存储设备不仅需要提供海量共享存储空间，还应具备高读写带宽和随机访问性能，以加速预处理过程。
- **大模型训练：**在大模型训练阶段，存储设备的性能，如训练数据加载和 Checkpoint 保存，直接影响训练效率。预处理后的训练数据量虽不大，但对文件访问性能要求极高（OPS 和 IOPS），并要求低时延，以确保快速加载数据，避免 GPU/NPU 算力的浪费。Checkpoint 保存作为断点续训的关键机制，要求存储设备具有高写入带宽，以便快速和高频度存档，提高训练过程的稳定性和效率。

理想的 AI 数据基础设施，应该瞄准 AI 大模型训练的数据归集、数据预处理、模型训练等关键环节。

数据管理层

数据管理层在存储设备层提供的灵活大容量扩展、高混合负载性能基础上，为 AI 训练进一步提供进阶的数据管理能力，从可视、可管、可用三个维度，帮助数据的拥有者和管理者以更加高效的方式来发挥数据价值。

- **可视：**数据资产的拥有者和管理者，需要对所有的数据有全景概览，了解有哪些数据、数据的保存地点以及数据量、数据类型等，相当于维护了一份数据地图。基于这份数据地图，可以方便快捷地知道需要对哪些数据进行归集处理。
- **可管：**在确定了需要进行归集的数据后，需要有一个机制，来实现基于策略的数据流动。例如，使用策略来定义数据流动的源和目标、起止时间窗、最大限速、最小速率保障等，从而实现数据的“可管”。
- **可用：**这意味着原始数据需要被预处理、被转换为训练数据。虽然数据预处理工具生态已经丰富且多样化，但是通过为数据管理层提供一个与存储设备层协同的数据预处理框架，不仅可以帮助用户简化数据预处理的过程管理，也可以加速数据预处理速度，让数据更加“可用”。

归纳总结起来，为如下三点：

- **高性能：**AI 大模型训练的各个阶段，均离不开高性能数据基础设施的助力，不管是加速数据归集，还是加速数据预处理，还是在模型训练阶段的训料加载和周期性 Checkpoint 保存。需要特别指出的是，这里的高性能，是可以同时提供高 OPS、低时延的随机访问，以及高读写带宽的顺序访问，并非一种简单的高性能。
- **大容量：**在数据归集、数据预处理阶段，涉及海量数据的存取，其中还需要应对临时数据带来的膨胀。数据基础设施需要提供灵活的在线 scale-out 扩容和分级机制，以实现容量和成本的均衡，且满足前述各种顺序访问、随机访问的带宽和 IOPS/OPS 性能需求。
- **易使用：**数据基础设施需要提供对数据的全局管理、高效流通、AI 平台和工具集协同，提供针对 AI 大模型训练场景的优化和增强，进而让数据可视可管可用，加速 AI 大模型的训练学习过程。

AI 数据湖解决方案

华为公司在包括运营商在内的多个行业中，积极与客户开展 AI 大模型训练的合作，多年来积累了丰富的 AI 领域数据基础设施实践经验。基于此，华为于近期推出了 AI 数据湖解决方案，旨在帮助客户解决在部署实施 AI 大模型训练数据基础设施中所碰到的问题，让客户更加聚焦于其自身



图 2：AI 数据基础设施核心能力

AI 数据基础设施的核心能力

综合来看，理想的 AI 数据基础设施，应具备的核心能力（如图 2）。

AI 数据湖解决方案的架构示意图中，总共分为三层：数据存储层、数据编织层、数据服务层。

的大模型开发和训练。在华为 AI 数据湖解决方案的架构示意图中，总共分为三层：数据存储层、数据编织层、数据服务层（如图 3）。

数据存储层

在这一层，数据分散存储于多个不同数据中心。

数据中心内部，数据在热、温两层被智能分级。热层实际为华为专为 AI 大模型训练业务场景打造的 OceanStor A 系列高性能存储，可横向

扩展至上千节点；而温层则是华为的 OceanStor Pacific 系列分布式存储，用于海量非结构化数据。OceanStor A 系列和 OceanStor Pacific 系列之间，可以实现智能分级，即同一个存储集群内部，多个 A 系列节点形成高性能存储层，而 Pacific 系列节点形成大容量存储层，两层合二为一，对外展示出一个完整的文件系统或对象桶，支持多协议互通（一份数据可以被多种不同协议访问），对内则智能地、自动地执行数据分级，很好地同时满足了容量、性能、成本的和谐与自洽。

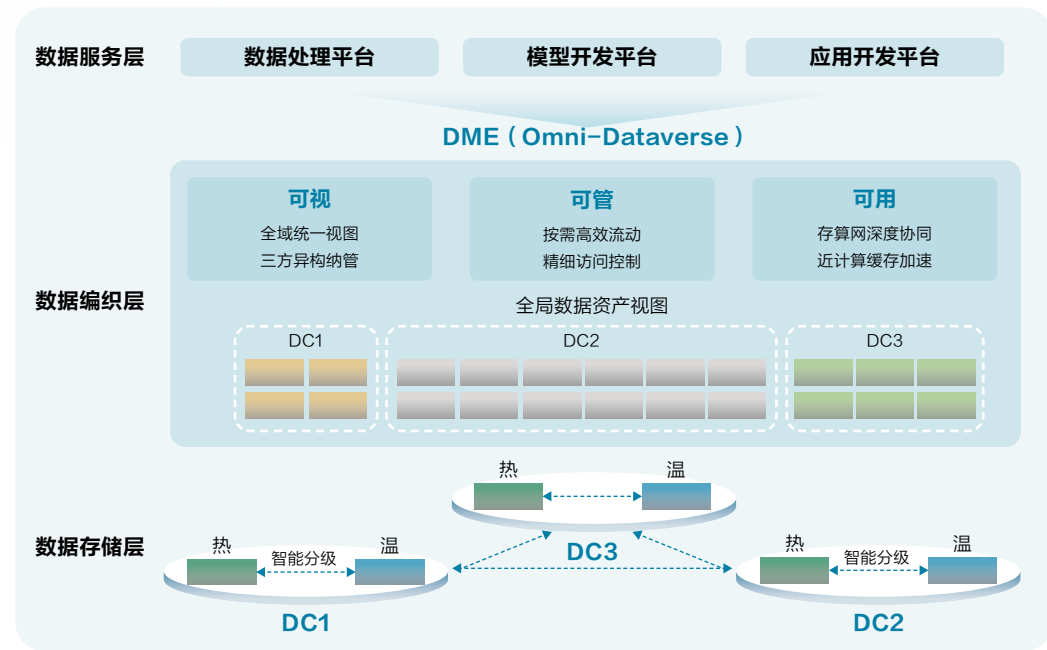


图 3：华为 AI 数据湖解决方案架构示意

数据中心之间，可以在不同的存储集群之间创建数据复制关系，从而支持数据在跨数据中心之间高可靠地按需流动，为 AI 大模型训练的数据归集在数据设备层做好了支撑。

数据编织层

“数据编织”的意思，是为数据铺就一个“阡陌交通”的流动网络，让数据可视可管可用，进而在 AI 大模型训练过程中可以实现价值最大化。

华为通过一个软件层 Omni-Dataverse，实现了数据的可视可管可用。Omni-Dataverse 是华为数据管理引擎 DME (Data Management Engine) 的一个重要组件，通过对不同数据中心的华为存储上的元数据进行统一纳管，形成了一个数据资产全局视图，并通过调用存储设备上的接口来控制数据的流动 (Omni-Dataverse 基于用户定义的策略来执行相关动作)。此外，Omni-Dataverse 还可以按需控制 GPU/NPU 直通存储、文件智能预取等，让算力零等待训练数据。

借助这种方式，AI 大模型训练的数据归集和模型训练阶段的效率得以提升，进而支撑了集群可用度的提升。

数据服务层

华为 AI 数据湖解决方案在数据服务层提供了常用的服务框架，包括数据处理、模型开发、应用开发。

数据处理，主要提供数据清洗、转换、增强、标准化等预处理动作。大模型客户可以将其自己的算法、函数融入其中，通过该框架来简化预处理过程的管理。当然，客户也可以灵活选择使用其他的框架。

模型开发和应用开发，与数据处理类似，均是为用户提供而提供的框架。客户可以根据自己的需要进行灵活选择。

华为 AI 数据湖解决方案，是华为在 AI 大模型训练领域的经验积累，帮助企业打破数据孤岛、实现数据自由流通，并在数据应用和存储设备之间实现数据编织，让数据可视可管可用。随着 AI 大模型由单模态向多模态持续演进，数据量和数据类型的增加必然带来管理复杂度和性能需求的非线性增加，三层架构的 AI 数据湖解决方案，可以有效应对相应的复杂度和性能需求增加，为 AI 大模型的发展持续助力，加速大模型训练中的智能涌现，将人工智能的创新和发展推向新的高度。

OceanStor A 系列和 OceanStor Pacific 系列之间，可以实现智能分级，两层合二为一，对外展示出一个完整的文件系统或对象桶，对内则智能地、自动地执行数据分级。

The background is a teal-colored digital landscape. It features several glowing, wavy lines that resemble data paths or fiber optic cables. These lines are set against a backdrop of binary code (0s and 1s) that appears to be floating or scrolling through the space. The overall effect is one of dynamic digital connectivity and data flow.

03. 引领数智转型

网云智四层三重构，ICT 加速进入智能时代

AI 技术的快速发展为电信运营商带来了前所未有的机会和变革。在商业层面，AI 技术的应用可以帮助电信运营商开发出更加便捷化和智能化的服务，从而增加营收；在运营层面，AI 技术也可以帮助运营商更好地管理和优化网络资源，提高运营和维护的效率。同时，运营商也需要积极探索和应用 ICT 技术来支持人工智能的发展，为 AI 提供更好的数据连接、存储、传输和计算能力。

以数据为核心，华为提出了智能时代的四层三重构（如图 1）。四层，是指业务层、网管层、云设施层、网络设施层；三重构，是指智能技术改变了数据在四层中的生产、管理应用、储存处理和传输方式，运营商面临着智能时代的业务（商业）重构、体验（运营运维）重构、网云（基础设施）重构。



文 / 华为综合解决方案 Marketing 部部长
汪苏

文章深入分析了 AI 技术在商业、运营、网云协同及基础设施层面的创新应用，探索华为如何通过四层三重构引领 ICT 行业加速进入智能时代，以及为运营商带来的新机遇与挑战，传递华为与合作伙伴共同推动技术革新的愿景。

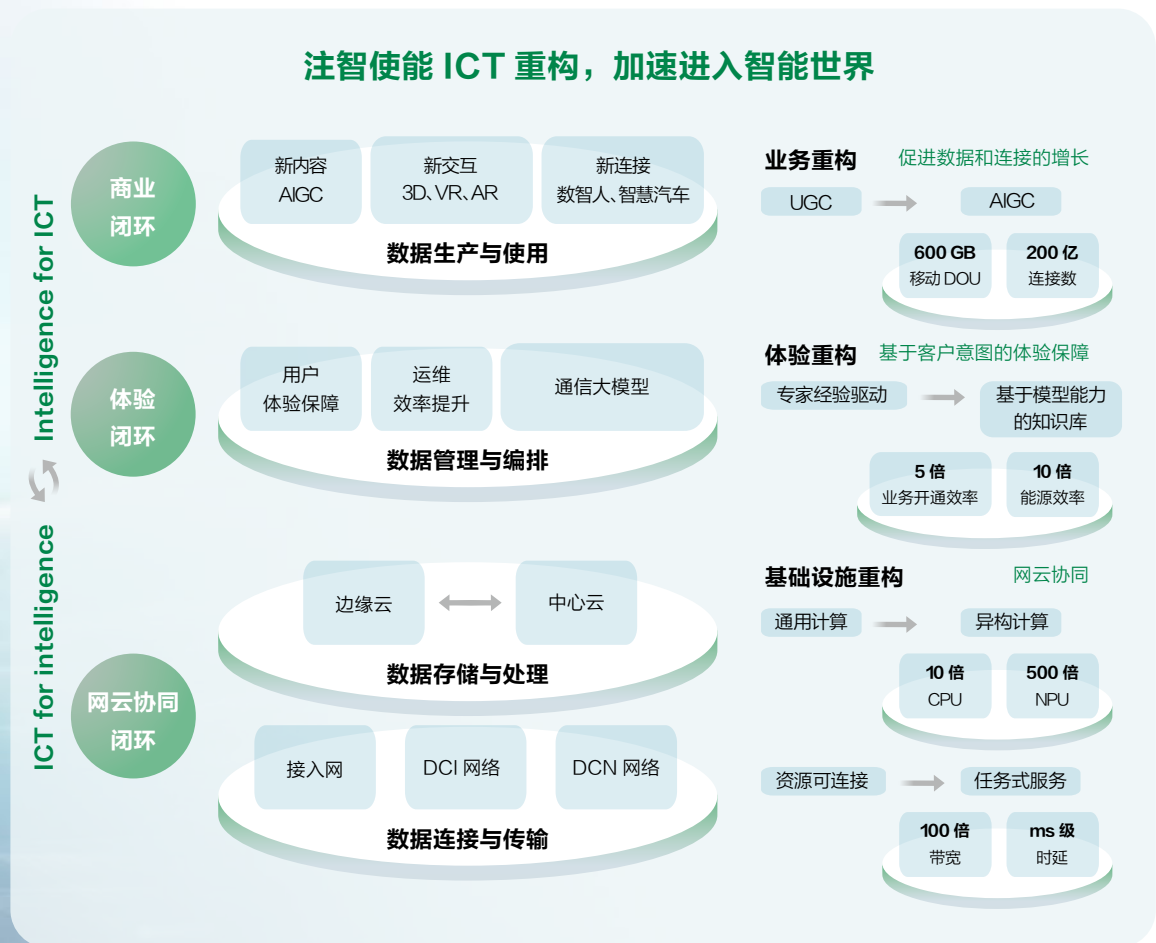


图 1：四层三重构



新数字内容将推动网络流量增长超过 10 倍，链接的数量将从百亿级走向千亿级，为运营商带来新的商业机遇。

业务层的商业重构：开启 AIGC 与商业价值的新篇章

新的数据生产方式驱动商业重构，AIGC 正在学会生成一个世界，未来将会把 AI 推向 AGI 的新高度，驱动商业模式的转变。目前，AIGC 在文生图和文生短视频领域，大模型算法和应用逐步成熟，扩散算法已经广泛应用于图片生成领域，以 Sora 为代表的 Transform 模型架构满足了 Scale Law 条件，在视频生成领域实现了能力涌现。

AIGC 正在推动内容生成的巨大变化，在图片生产、短视频创作、电影制作等领域加速发酵。与此同时，AIGC 推动着联接方式的巨大变化，

从之前人与人之间的互联，转变为人、物、数字人、智能车、无人机等之间的全方位的互联，这种联接不仅限于人类操作，还包括自动化、机器之间的通信。AIGC 还正在推动交互体验的巨大变化，AI、3D、VR、AR 等技术的结合，从内容创造到全息交互的跨越，为用户带来了全新的交互体验。

业务（商业循环）重构意味着构建了新的数据生产方式，使得内容生产的效率增加（人/机更多生产方）、内容复杂度增加（高清/3D/全息）、传播速度增加（内容加速交互/随处可得），产生海量数据与联接。据预测，到 2030 年，新数字内容将推动网络流量增长超 10 倍，链接的数量将从百亿级走向千亿级，为运营商带来新

的商业机遇。同时，新的数据生产方式和传输方式也在改变商业模式，推动个性化的产品和服务的创新，进一步提升用户体验和忠诚度。

网管层的体验重构：描绘智能化网络运营与运维的未来

在网络运营运维层面，智能技术改变了业务上线、资源配置和运维流程模式，其核心是用户体验的重构。网络基础设施智能化发展将向以下三个关键方向演进：

- 第一，事件驱动向意图驱动。传统的事件驱动网络仅响应特定事件，而意图驱动的网络能够理解用户的意图，根据用户需求自主调整网络配置，提高效率和响应速度。

- 第二，经验决策向智能辅助决策。传统网络管理需要专家经验总结分析后做出决策。借助 AI 技术，网络管理人员可以依赖智能算法和数据分析更高效地决策，提高网络性能和可靠性。
- 第三，单场景小模型向基于大模型泛化能力的问题闭环演进。传统的 AI 小模型往往是面向单场景问题解决特定矛盾。大模型技术的应用可以构建更具泛化能力的问题处理系统，和小模型结合，拉通各种网络场景和流程进行分析，实现复杂问题闭环。

电信网络通过如下三层解决方案实现网络运营运维的智能化：

- **网元智能**：在网络设备中引入更多的实时感

知器件和 AI 推理能力。AI 原生的硬件支持，使网络具备更细粒度的感知和更实时的同步能力。

- **单域智能：**通过智能的管控析平台对网络进行数字化建模，将离散的网络资源、业务、状态数据关联起来，针对不同领域的特征，提供相应的数字孪生手段。智能管控析平台从采集、感知、分析到仿真、决策、控制的高阶单域自治能力，让网络连接质量和时效可承诺可保障。例如，华为在 IP 域，提供基于六层可视的 IP 数字地图，包括物理、网络、切片、路由、业务、应用层，并实现诸如拥塞视图、体验视图、故障视图等能力。
- **跨域智能：**面向跨域场景进行协同。华为通过提供 NCE-Super、ADO、SmartCare 等智能平台，实现跨域场景的协同，如 IP+光协同故障定界，跨域业务场景的智能协同编排等。

通信大模型则是关键的使能技术。面向运营商跨域全场景的复杂运营运维流程时，需要通信大模型的能力，在单域自智的基础上实现跨域协同和复杂任务流程的自主闭环。以华为通信大模型为例，包含三层架构（基础大模型层、通信行业

模型层、场景应用层）。基础大模型层支持基于华为盘古和第三方开源大模型的多模态、计算机视觉、自然语言处理、科学计算、预测能力；通信行业模型层则基于高质量行业语料与高效工具链形成行业能力；场景应用层提供基于角色的 Copilots 和基于场景的 Agents 的两类应用，提升员工效率和客户满意度。华为通信大模型能够提供“开箱即用”的场景应用，也能够支持运营商本地部署并进行增训，满足不同用户的智能化技术需求。

体验（运营运维）重构利用大模型等智能技术，通过电信网络三层智能解决方案实现网络基础设施注智，打造基于 AI 原生、意图驱动、数字孪生的能力，帮助运营商实现用户体验保障、业务敏捷上线、资源最佳配置和运维工作提效，加速网络智能化演进。

网云协同的基础设施层重构：构建智算时代的网络基石

智算时代的到来，标志着计算技术从通用计算向 AI 计算的重大飞跃，大模型参数的增长和算力需求的提升不可避免。万亿级别的大模型参数量，

要求智算中心具备万卡级别的算力和高效的数据管理能力，算 - 存 - 网 - 管 - 效的一体协同是关键趋势。同时，为了实现泛在算力和数据高效流动，一张支撑 AI 业务发展的网络也至关重要，通过端 - 边 - 云全场景的端到端协同，提高整体的运算效率。

从网 - 云协同的角度看，有两类关键的技术实现能力。

第一类为超融合 DCN 网络。AI 计算场景特点是包大流小，极易产生负载不均衡，导致网络吞吐下降，影响计算效率。超融合以太 DCN 网络满足数据中心不同发展阶段不同场景业务诉求，通算 / 存储 / HPC/AI 以太一张网，提升运维开局效率，节省维护费用。以华为创新的 NSLB 算法为例，通过优化流量路径达到全局的负载均衡，对比业界以太效率提升 20%，对比 IB 提升效率 10%。

第二类为弹性运力网络 DCI/DCA。智算带来训练 / 推理数据等大数据快传需求，传统专线面临服务弹性提供能力不足、成本高等问题。对比当前通过硬盘快递的方式，华为创新的弹性运力网

络构建一张 E2E 400GE，SRv6 和弹性高吞吐的大网，基于 AI 智能数据流识别与路径编排、高吞吐、高可靠万兆弹性专线能力，向用户提供弹性任务式“数据快递”服务（小时达 / 当日达 / 次日达）。

在基础设施重构层面，传统云基础设施面临从数据中心供电与制冷改造，到硬件基础设施集群化，以及算存网一体化部署与协同运维的升级与转型等亟待解决的问题。云智时代对网络基础设施的关键需求体现在，极致带宽时延、端侧存算上移边缘、高安全 / 高可靠以及任务式网络服务提供等。

四层三重构的提出，旨在系统性地阐述智能时代给运营商带来的机会，帮助运营商构建能力、抓住机会。无论是人工智能赋能 ICT 发展（Intelligence for ICT）带来商业和运营运维的新机会，还是 ICT 支持人工智能发展（ICT for Intelligence）产生基础设施重构的需求，智能时代的网 - 云 - 智的融合发展已经成为不可逆转的趋势，华为期待和客户、产业伙伴一同，研究新架构、应用新方案、联创新技术，获取智能化给数据和流量产生的价值。 [1]

华为创新的弹性运力网络，向用户提供弹性任务式“数据快递”服务。

EM2.0模式： 非洲运营商 数智化转型发展之路

埃塞俄比亚电信与华为携手共同探索出的 EM2.0 模式，创新性地加速了当地的数字化进程，同时也为全球发展中市场提供了转型的宝贵蓝本。随着 5G 技术的引入和创新计划的实施，非洲正逐步成为全球数字经济的新高地。

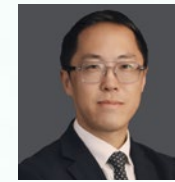


数字化的朝阳冉冉升起，照亮非洲这片古老而又充满活力的土地。作为典型的发展中市场（Emerging Market），非洲正在不断孕育数字经济发展的新芽。其中，埃塞俄比亚电信（以下简称“埃塞电信”）与华为共同孕育的 EM2.0（Emerging Market 2.0）模式，更是技术与创新的结晶。EM2.0 不只是一次简单的技术升级，而是一场深刻的思维和模式的转变，通过“优化数字化基础设施，构筑数字云底座，部署数字化运营运维平台，使能丰富的数字化业务”，为非洲描绘出一幅全新的数字经济蓝图。

随着 5G 技术的落地和创新计划的推进，非洲正逐渐站在全球数字经济的前沿。EM2.0 模式，正是这片热土上的成功标本，为其他发展中市场提供了宝贵的经验和启示。

运营商数智化转型已成全球性趋势

中国信息通信研究院发布的《2023 全球数字经济白皮书》显示，全球主要国家的数字经济规模



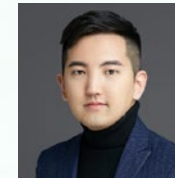
文 / 华为北部非洲 ICT Marketing 与解决方案销售部部长

孟庆涛



文 / 华为北部非洲 Marketing 部部长

王杰



文 / 华为埃塞俄比亚分公司总经理

刘冀帆

在 GDP 中的比重已达 46.1%。数字经济日渐成为世界经济发展增长的重要引擎。数字时代的巨幕徐徐打开，传统电信市场正迎来转型发展的历史机遇。全球领先的运营商们已开始积极探索转型发展之路，借助 ICT 创新技术，从提供单一电信联接服务的传统网络运营商，向提供多元化业务的数字化解决方案提供商转型，甚至逐步成为国家数字化转型的使能者，为未来业务发展注入全新动力，实现跨越式新增长。

非洲作为拥有庞大人口红利的发展中市场，在全球数字化浪潮的席卷下，也在快速发生变化：平均每秒区域新增 1.5 个移动互联网用户；家庭宽带在 2025 年预计达到 6.2 亿户，相比 2021 年接近翻倍；移动支付活跃用户已占总人口的 40%。GSMA 报告指出，2023 年全球 Mobile Money 总注册用户规模达到 17.5 亿，撒哈拉以南非洲增长最为明显，占注册账户总增长 70% 以上。数字经济的火种已经在非洲大陆以燎原之势快速发展，运营商应如何抓住这一关键契机，在传统业务运营模式的基础上

因地制宜转型发展，满足本国数字化进程中迸发的新市场需求，实现新的商业成功，是当前面临的重要战略话题。

埃塞电信成功实现非洲特色的 EM2.0 转型发展

埃塞电信，一家具有 129 年历史的老牌电信国企，是非洲仅次于 MTN 的第二大运营商，拥有 6950 万移动用户，主导着埃塞俄比亚的电信市场发展。近年来，随着电信新牌的进入，本国市场竞争态势加剧。为确保经营的可持续增长，埃塞电信进行了一系列务实有效的转型举措，有效抓住了本国数字经济起航的锚点，与华为合作探索出一条具有非洲特色的“EM2.0”数智化转型发展之路。双方通过“打造精品数字化基础设施（Digital Infrastructure），构筑数字云平台底座（Digital Cloud），部署数字化运营运维平台（Digital Operation & Maintenance），使能创新的数字化新业务（Digital Service）”，从传统的电信网络运营商向数智化解决方案提供商转型，实现电信运营商市场定位的“去管道化”，收获了巨大的商业成功（如图 1、图 2）。



图 1：埃塞电信连续 3 年整体营收持续高速增长

与传统的以网络联接为主的业务模式不同（可认为是 EM1.0 模式），EM2.0 模式（如图 3）更关注以云为底座，通过运营运维数字化，来使能数字化业务，是一个积极拥抱“网云智转型”、面向未来的业务模式。在架构层次中，当地的产业政策和运营商的基础网络，仍是 EM2.0 模式的基础；在此之上，将云平台纳入基础设施，通过多云融合 + 云网协同，重构底座；然后，将数字化能力注入到运营运维，保障用户体验、提升运维效率，实现体验重构，并支撑创新业务的运营与发展；最后，使能多样的数字化新业务，构建新的增长曲线，实现业务重构。新网络，新平台，新业务，层层递进，相互促进。

积极探索之路：坚定战略，携手共进，构筑能力

在数智化转型的道路上，埃塞电信是如何探索前行，成功实现转型蜕变的呢？

2021 年，电信新牌进入埃塞俄比亚，打破了市场以往的平静。以传统联接服务为主的老牌国企，如何应对强劲竞争，保持稳健增长，成为

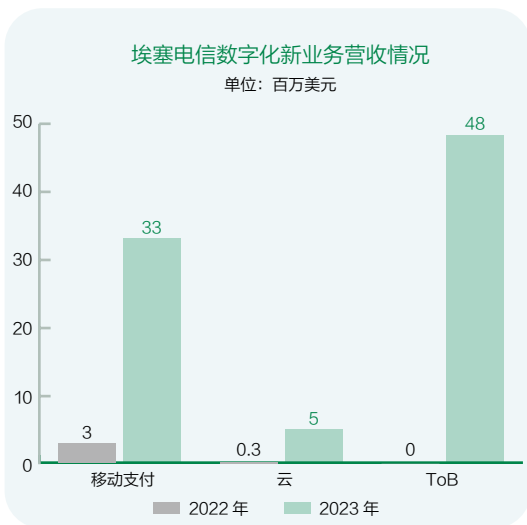


图 2：埃塞电信 3 大数字化新业务均快速增长

埃塞电信 CEO 及高层思考的首要问题。彼时，政府层面正在酝酿发展数字经济的战略构想。埃塞电信审时度势，全面分析了本国市场环境趋势，决定把握数字经济起航的契机主动求变：针对自身业务发展与经营模式实施数智化转型，构建“移动支付 + 云平台”两大能力底座，打造面向消费者及政企市场的多样化创新数字业务与解决方案，拓宽业务边界，实现升维竞争。

战略清晰之后，埃塞电信快速行动。同年 5 月，在华为产品和服务的支撑下，埃塞电信仅用时 5 个月，就成功上线并发布本国首个运营商移动钱包（Mobile Money）品牌“TeleBirr”，迈出了转型探索的重要一步。截至 2024 年初，TeleBirr 用户数突破 4000 万，交易额达到 9100 亿埃塞俄比亚比尔（约合 160 亿美元），被未来数字认证机构（Future Digital Accreditation Institute）评为“2023 年最佳移动支付货币供应领域金奖”，初步实现了商业成功。

然而，鲜花与掌声的背后，并非一帆风顺，埃塞电信也曾一路克服了不少挑战。

第一是解决“钱包业务增量不增收”。钱包产品上线 1 年后，用户快速攀升至 2200 万，业务营收却较为惨淡。由于缺乏新业务市场运营经验以及相应的专业组织团队，钱包业务的实际使用率低，加之移动钱包存取转账的功能单一，盈利性较弱，导致产品经营贡献小，平均每月收入仅 3000 美元，埃塞电信面临极大的商业压力。在此情况下，埃塞电信积极采取了应对措施，化解困境。

首先，是对内部组织结构进行了调整（如图 4），专门成立了 Mobile Money 独立业务部门，设置了 CMMO 角色，优化了 CMO 部门职能，在“市场营销，业务运营，销售拓展，技术支撑”等维度建立团队，从组织上为战略到执行提供了保障。

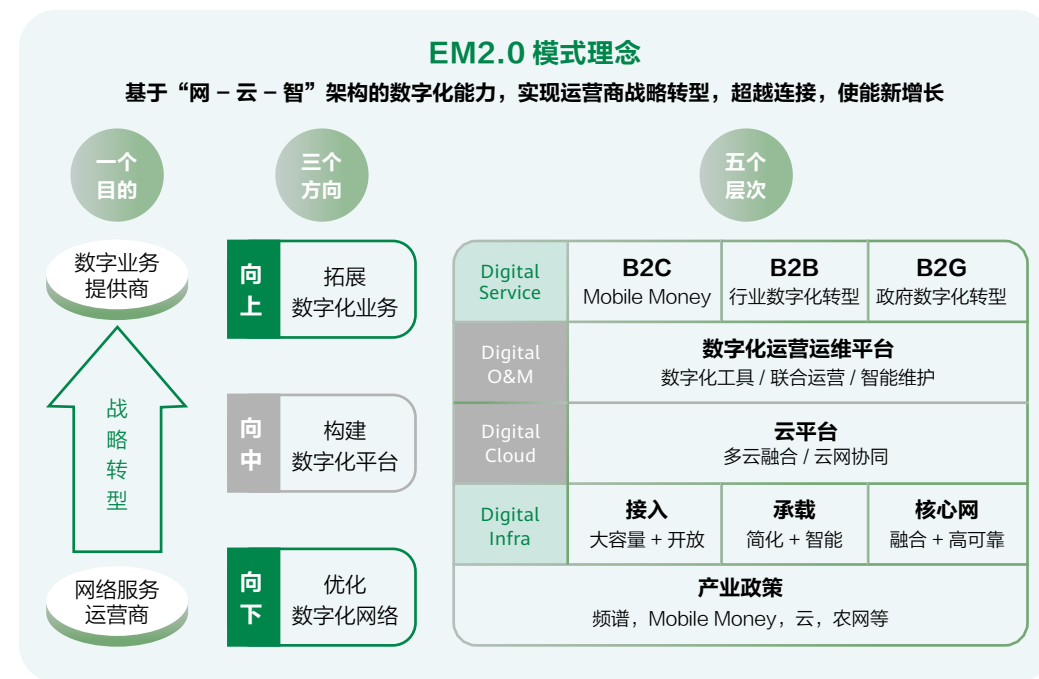


图 3：EM2.0 数字化转型发展模式理念框架

其次，针对移动钱包之后的业务发展，埃塞电信与华为进行了前瞻性的思考。2022年4月，双方就未来转型发展路线、合作模式等战略话题，举办了高层战略对标。双方达成共识，在钱包业务基础上叠加移动金融、发展 SuperAPP，实现全栈业务模式，并分三步逐步构建 FinTech Cloud, Public Cloud, Government Cloud，以支撑“民生数字化，行业数字化，政务数字化”三大国家数字化转型发展的主要场景，抓住市场红利机遇。基于战略上的高度共识和彼此间的合作信任，双方开启了 Mobile Money 业务的联合运营模式，一方面充分发挥华为在 Mobile Money 领域的全球经验，提升华为在业务运营中的参与度，同时也能弥补埃塞电信在新业务市场拓展与运营上的能力短板。随后，在华为专家团队的支撑下，埃塞电信迅速识别了 TeleBirr 产品的业务运营问题及产品单一化带来的市场局限性，并对症下药，快速规划了产品发展路标，在现有钱包业务的基础上，根据本国市场特点，叠加移动支付，升级移动金融，全面扩展 TeleBirr 产品系列，引入增值类业务，提升业务营收与盈利。2022年8月，移动金融产品

快速上线，在联合运营的运作支撑下，用不到一年的时间驱散收入低谷期的阴霾，2023年6月，TeleBirr 产品的月收入陡增了 500 倍，达到 150 万美元，重振了埃塞电信对业务转型发展的信心。

第二是 克服“金融产品水土不服”。由于对金融类业务经验缺乏专业储备，且对本国民众潜在的金融业务需求了解不够全面，移动金融产品上市后不久，便遇到了用户增长慢、坏账率居高不下的严峻挑战。面对新问题，华为投入了由高级金融专家组成的专项小组，进入联合运营团队，从产品的风控设计、资费定价、用户体验等方面进行了全方位分析，为埃塞电信提供了一套全新的移动金融产品动态定价方案，完善和优化了 10 多项用户体验。经过产品的调整优化，很快兑现了市场效果，移动金融产品的坏账率大幅降低了 66%，显著提升了产品的利润空间，为后续进一步发展奠定了基础。

第三是 突破“整体业务面临天花板”。经过多项市场改进措施后，TeleBirr 的整体规模已大幅提

升，月度交易额达到 2 亿美元（约占埃塞俄比亚 GDP 的 2%）。然而，增长很快便遇到了瓶颈期，体量徘徊不前，距政府期待的普惠金融目标也有较大差距。对此，华为投入了 30 多人组成的敏捷开发团队，联合埃塞电信全面扫描本国潜在的移动支付场景，如公交售票、个人缴税、日常缴费、医院付费、教育学费等，并基于选定场景快速开发，原来需要 2 个月的 TTM，现在仅用 2 周时间便推出了 15+ 新业务的 Super APP 小程序，迅速投放市场，扩大业务场景。此外，基于 Super APP 的专业数据分析，还识别出了移动支付的高价值应用场景——“加油站付费”，支撑运营商与政府、加油企业达成合作协议，并迅速

首批云资源便被抢订一空，市场反响强烈。上线 10 个月以来，埃塞电信便快速推动了高等法院等多家政府部委的 IT 系统全面上云，并被政府正式授予承接国家数字 ID 的建设。同时，面向企业，埃塞电信积极拓展以云为基础的行业解决方案。截至目前，已有 90 多家企业处于拓展管道中。此外，埃塞电信通过多云融合策略，有效融合 FinTech Cloud, Public Cloud 与 Government Cloud，联手生态伙伴，共同打造面向教育、农业、医疗等多场景的创新数字化解决方案，服务千行百业，加速埃塞俄比亚的国家数字化转型。

截至 2024 年初，TeleBirr 用户数突破 4000 万，交易额达到 9100 亿埃塞俄比亚比尔。

引爆埃塞电信移动支付的交易规模。截至 2023 年 3 月，TeleBirr 的月度交易体量达到 30 亿美元，贡献了国家 GDP 总量近 30%，成功突破了业务发展的天花板。

在移动金融发展的同时，埃塞电信也在同步积极布局云业务。2022 年 10 月，基于华为云方案，埃塞电信重磅发布了“Telecloud”云品牌，落实其“移动支付 + 云”双底座的数字化转型战略。整体策略上立足“国家主权云”的定位，助力政府数字化转型。“Telecloud”发布仅 5 天，

在埃塞电信成功探索转型之路的背后，还有一个不可忽视的重要部分，那就是匹配 EM2.0 架构的数字化运营运维平台工具（xCare）（如图 5），其借助丰富的网络、用户、市场侧大数据，利用 AI 建模和推理，极大挖掘数据潜力，为运营商市场拓展、业务运营、运维提效提供了眼睛、耳朵和大脑。比如，为了解决 Mobile Money 用户发展、代理管理和信用管理等关键问题，华为定制开发了全球首个移动金融运营支撑工具 FinCare。针对用户发展，FinCare 通过识别用户消费习惯、交易行为等价值信息，为业务拉

埃塞电信匹配业务转型的新组织架构

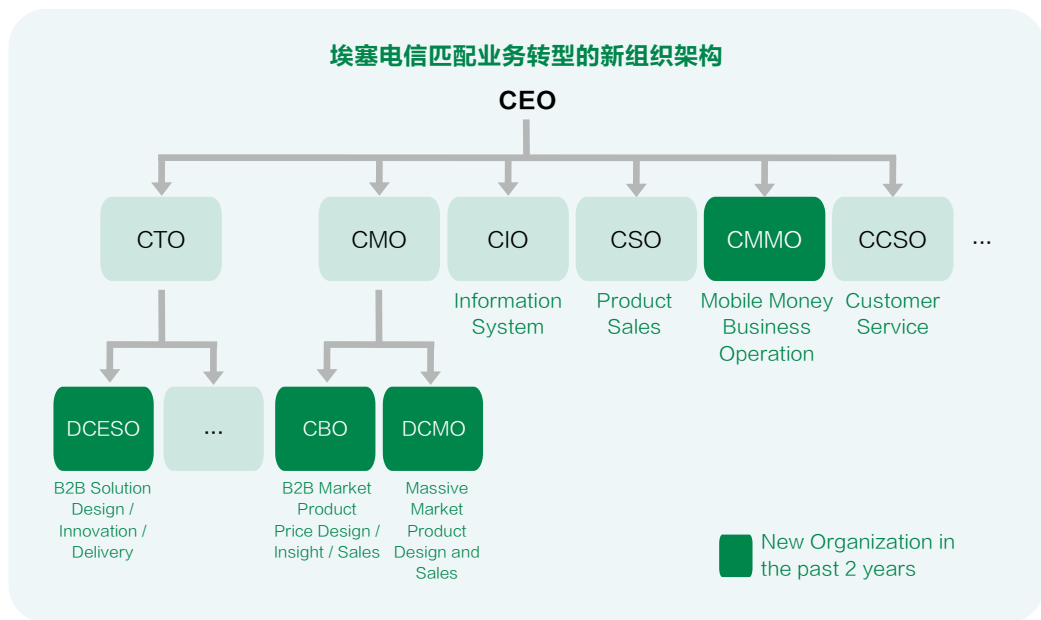


图 4：埃塞电信匹配新业务发展的新组织架构

新促活提供精确的营销策略建议。目前，埃塞电信已落地咖啡厅促销、圣诞促销、贷款催收等一系列场景，营销转化率提升了60%。此外，FinCare 还可提供代理及移动用户的地理化显示功能，支持运营商精准布局和管理代理网点，并可提供基于位置的实时营销能力，通过位置感知，向处在商家附近的用户推送营销短信，刺激用户培养移动支付的行为习惯。通过多维度作用，帮助运营商迅速提升 Mobile Money 的业务发展与运营能力。

除此之外，xCare 工具平台还具备更加广泛的功能，针对非洲 MBB 业务发展的一些典型问题，如 4G 用户迁移、农村覆盖有效提升，SIM 第二卡槽激活、国际漫游运营管理等，均可提供场景化方案（如：UserCare, 2nd SIMCare, RuralCare, RoamingCare），促进运营商的业务发展与运营。

三年磨一剑，埃塞电信初步达成了既定的数字化转型战略目标，实现了向数智化解决方案提供商

三年磨一剑，埃塞电信实现了向数智化解决方案提供商的定位转变。



图 5：华为 xCare 数字化平台解决方案全景

的定位转变。面向未来，埃塞电信从未停止转型步伐，2023 年 12 月，埃塞电信和華為就进一步深化转型发展达成新的战略共识：在现有数字化能力底座的基础上，进一步扩大业务范围。面向 ToC 市场，提供“社交、电子商务、流媒体、游戏”等一系列互联网业务；面向 ToH 市场，提供基于品质网络体验（5G FWA、Premium Wi-Fi、FTTR-H）的一站式智慧家庭业务。此外，在现有的“云 + 移动支付”两大能力底座的基础上，叠加“Digital ID 与 eKYC”新的数字化原子能力，打造一站式电信应用商店（Tele-Gallery），使之成为面向用户、内容、流量的统一入口，从而正式迈向“平台经济”模式，进一步推动国家数字经济发展。

清晰的战略规划：运营商需要基于本国数字化发展的不同阶段与政策环境，因地制宜地规划符合自身条件的数字化转型战略，如承接国家战略的数字化转型，或基于自身商业驱动的数字化转型。

最佳的业务路径：运营商需要研究本国创新业务土壤条件，选择最适合本国市场特征的数字化业务作为转型发展的切入路径（如 Mobile Money, 云, ToB 或其他）。

匹配的组织人才：针对新业务的良性发展与运营，运营商需考虑组织结构的匹配，按需进行组织调整，满足业务所需的专业人才需求。

深度的联合运营：数字化新业务的市场拓展中，运营商通常面临“专业储备不足，市场经验匮乏”等多项挑战，通过联合运营，引入行业专家资源、敏捷开放团队及数字化运营运维平台，可有效解决能力短板，助力运营商商业成功。

埃塞电信的成功实践，可以成为更多的运营商的转型参考和经验复制，以积极拥抱区域数字化转型的浪潮，共同拉开非洲数字经济发展大时代的序幕。

EM2.0 发展模式的经验借鉴

目前，北非、西非及中非区域的近 30 个非洲国家中，已有 20 多个国家制定了《国家数字化发展顶层规划》，超过 80% 的国家开放了 Mobile Money 牌照，20 多家运营商已经正在规划部署云平台，非洲数字化转型的土壤已初步具备。作为区域数字化转型的先行者，埃塞电信的成功探索，为其他运营商提供了宝贵的参考经验。

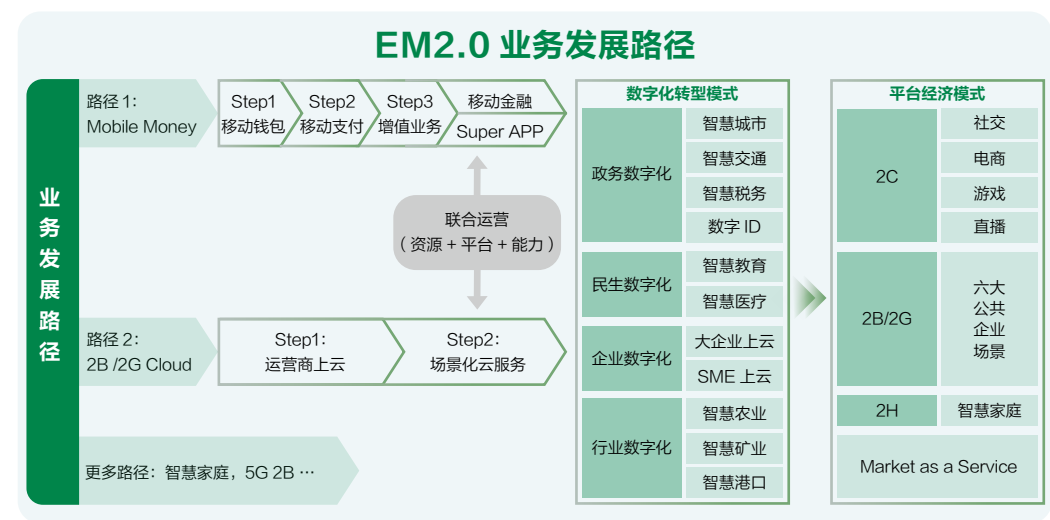


图 6：EM2.0 业务发展路径

打造数智平台 以应用驱动产业协同 加速智能转型



文 / 华为战略营销首席专家
李常伟

随着 ChatGPT 的出现，后智能时代也如约而至。了解 AI 领域发展创新和演进竞争趋势，更能洞察在 AGI 成熟临界机会下，中国数智产业的可行发展方向和不对称创新转型竞争策略。

自 2022年12月 Chat GPT 3.0 横空出世，形成 AI 领域奇点效应以来，AI 已在全球呈现潮涌发展趋势，GPT-3.5 及 GPT-4 等大模型相继涌现。这是通用人工智能 AGI 的起点，机器的算力第一次赶上人类神经元的数目，人工智能开始具备了人类的推理能力。

可以说，Chat GPT 开启了新一轮的技术风暴。如何乘上 AI 这趟快车、如何构筑智能时代新竞争力和领导力，已成为 ICT 产业的优先议题。

突破瓶颈，AGI 趋近临界

Chat GPT 形成了人工智能的奇点效应，在微积分、概率论等统计算法基础上推动了 AI 发展，被冠之以“数据飞轮”模式，但同时面临着“专业准确性”和“高训练成本”两大挑战。Chat GPT3.5 模型参数量达到 1.8 万亿量级，一次

训练成本接近 500 万美金，而 AI 准确度在 90 分位形成瓶颈（如图 1）。

为突破瓶颈，进一步提升 AI 能力，Open AI 尝试了新的三步走策略：第一，叠加专业 AI 即 MoE（Mixture of Experts）策略，在通用 AI 大模型基础上链接 16 个模型参数为 1110 亿的专业 AI，提升 AI 的准确性；第二，提供开放 Chat GPT 的 API，驱动生态伙伴在 GPT 基础上生成自己的专业 GPTs，发展专业智能体；第三，发展、整合、吸收新型算法，如 Q-Star，推进逼近 AGI。

在巨大的市场背景以及触手可及的门槛诱惑下，科技巨头纷纷加注 AI。2023 年英伟达推出 5nm 的 GH200 超级芯片；Google 推出多模态 Gemini，进一步使 AIGC 向 AGI 趋近，其 DeepMind 团队新近推出 FunSearch 算法，

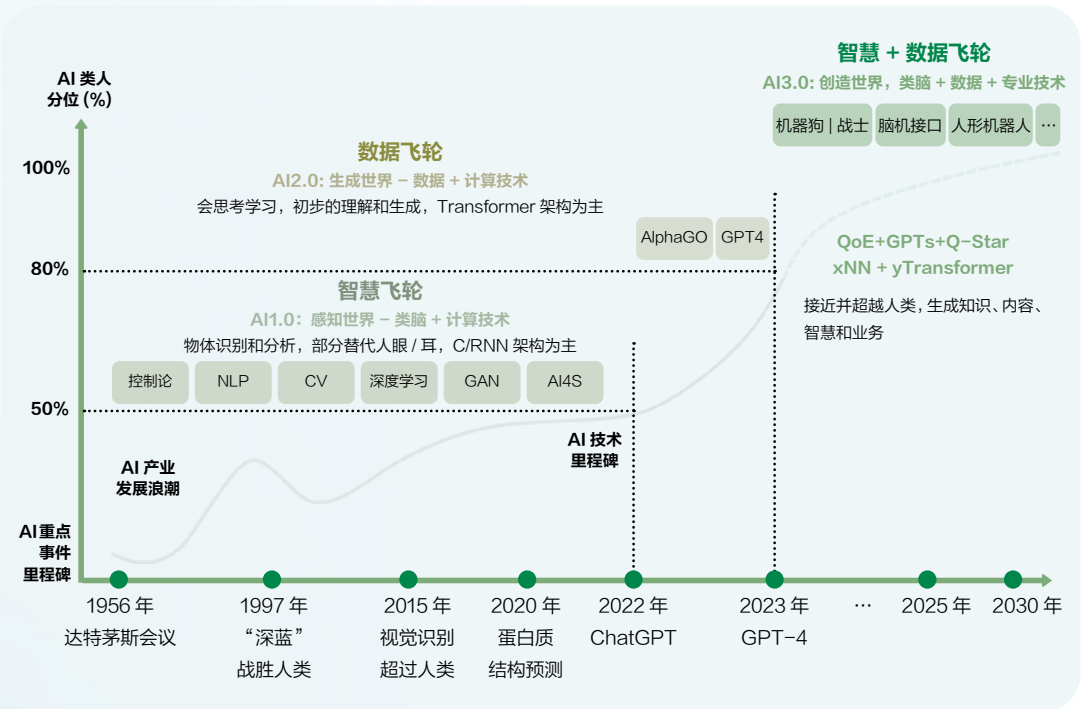


图 1: 从“数据飞轮”到“数据 + 智慧”飞轮，驱动 AIGC 逼近 AGI 临界点！

中国 AI 发展，需要从战略驱动和商业驱动两个维度着手。

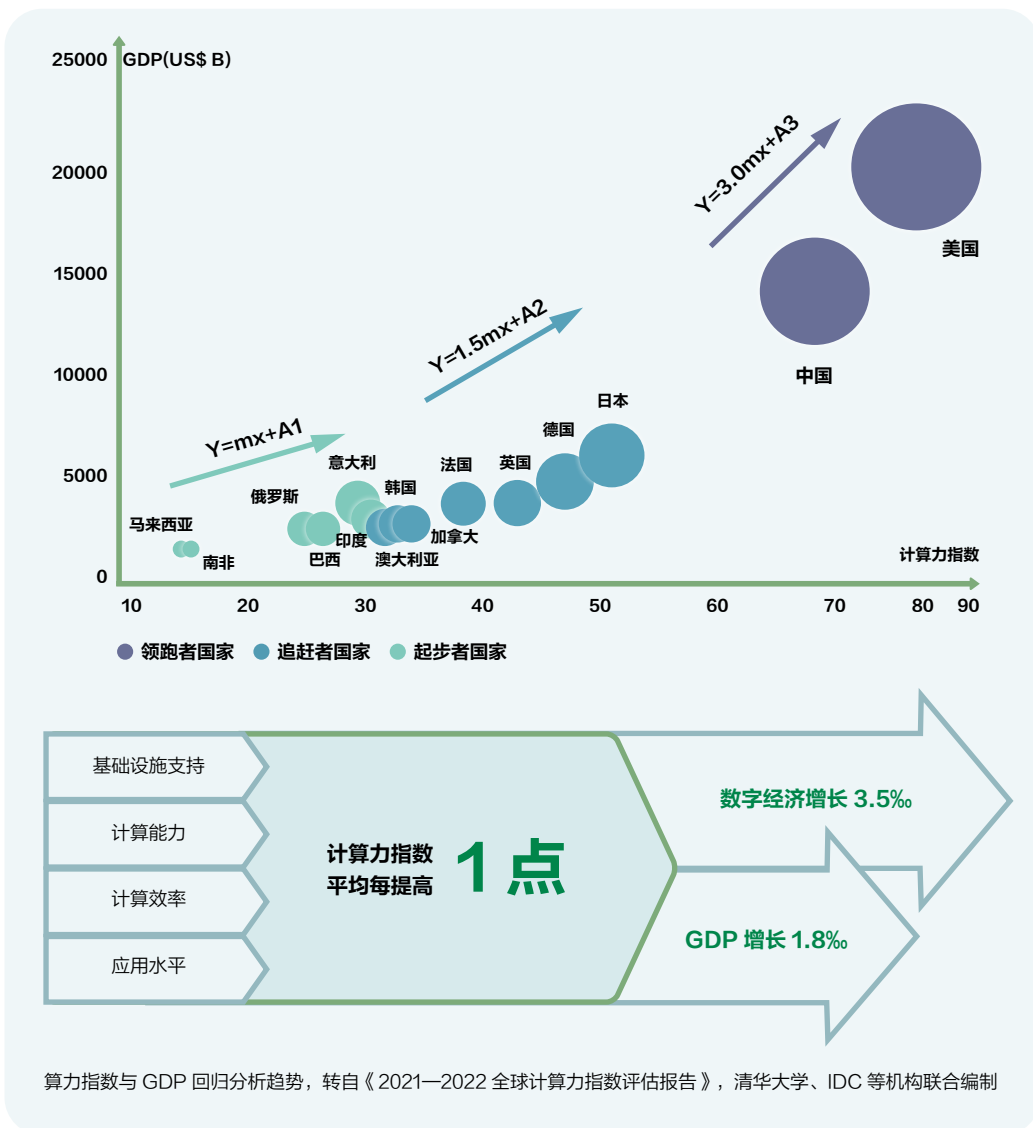


图 2：AI 算力与 GDP 息息相关

将预先训练好的 LLM 与自动评估器配对，前者的目标是以计算机代码的形式提供创造性的解决方案，后者则负责防止出现幻觉和错误的想法。通过这两个组件之间的来回迭代，初始解决方案“进化”为新知识，逐步趋近 AGI 水准。

AGI 的大规模爆发驱动企业 AI 的融合集成。微软 Office 推出集成 ChatGPT 的 Copilot，以每月 30 美金吸引大量企业用户订阅，形成微软新增长的引擎；在行业领域，特斯拉的 Optimus 人形机器人、FSD V12 自动驾驶系统、华为盘古气象大模型等 AI 行业应用，正突破行业体验和准确性等临界指标，成为改变行业效能的新业态。

AGI 已达临界点成为公认的事实。英伟达 CEO 黄仁勋预测 AGI 将在 5 年内实现点的突破，特

斯拉马斯克认为 3 年即可实现，人类的 AI 梦想即将照进现实。

与此同时，AI 正在改变经济增长范式。根据工信部报告，智算规模的增长能有效带动数字经济的增长，算力指数平均每提高 1 点，数字经济和 GDP 将分别增长 3.5%和 1.8%。AI 驱动的新经济发展模式，必将成为 2024 年开始的全球战略竞争的制高点（如图 2）！

AI 发展路径浮现，实现差异化领先

AI 的加速发展和成熟，使原本处于开源、非营利性质的 AI 技术开始进入封闭、商业导向的竞争旋涡，原本协同一致的科技巨头也开始分化进而成为竞争对手。

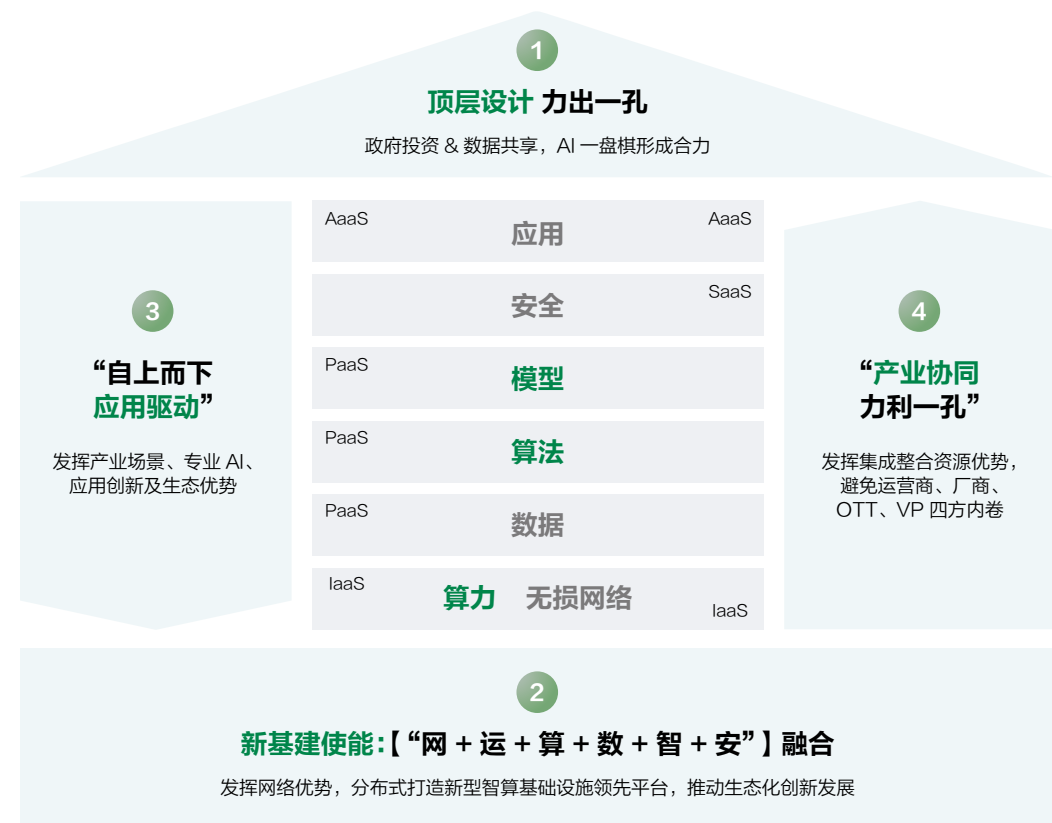


图 3：政府主导顶层设计 + 运营商主导使能新基建 + 应用驱动 + 产业协同

Open AI 的一枝独秀，在科技巨擘中形成推力，或选择合作、或快速跟进，成为当下不二的策略选择。其中 Open AI 与微软深度合作，在 LLM 领域一枝独秀，并联合推出 Co-pilot 服务；而 Anthropic 因安全理念问题成为 Open AI 的首个强大对手；谷歌因为搜索被替代风险最大，陆续推出 Bard、Gemini 等 AI 业务，借助 YouTube 的业务数据和算法优势，形成多模态领域的优势。其 DeepMind 团队近期更推出 FunSearch 算法，使谷歌在 AGI 领域进展有超越态势；特斯拉推出 FSD V12 和 Optimus 等与其新能源车紧耦合的 AI 系统，形成差异化领先；Meta AI 集成 20 多种 AIGC 新方法，聚焦改善 Facebook、Instagram、Messenger 和 WhatsApp 上的体验——包括搜索、社交发现、广告、商业通信等；苹果正用 AI 技术改版 Siri，预计 2024 年从 iOS 18

和 iPadOS 18 开始推出生成式 AI 功能，在 iPhone 和 iPad 中加入生成式 AI 技术；亚马逊借助云优势推出 Titan 系列 AI 模型，分为两种，一种是用于内容生成的文本模型，另一种是可创建矢量嵌入的嵌入模型，用于创建高效搜索功能等，并推出 CodeWhisperer AI 编程助手免费向用户开放。

如上这些科技巨头的动作也描绘出可供参考的 AI 发展路径，即通过 AI+ 安全 + 云 + 业务 + 终端的业务融合，聚焦场景化的应用体验和价值观整合创新，最终实现差异化领先。

当前，核心 AI 玩家已经在数据统计分析方法基础上，叠加专业 AI、新型 Q-Star、Funsearch 等算法，取其精华、去其糟粕，将智算需求从指数级向对数级演进。

算力指数平均每提高 1 点，数字经济和 GDP 将分别增长 3.5% 和 1.8%

中国 AI 发展：战略 + 商业双驱动

国际科技巨头逐鹿 AI，中国也快马加鞭。AI 战略不仅是 ICT 产业突破的关键，也是国家数字经济增长的抓手。总体来看，中国 AI 发展需要从战略驱动和商业驱动两个维度着手。

在顶层战略设计上，需要理顺国家、产业、企业的资源，整合优势，明确路径，自上而下规划战略协同，实现“力出一孔”和“利出一孔”（如图 3）。

在初始阶段，政府是关键主导力量，需要从三个维度释放资源打开空间，包括倾斜政策、战略投资、数据共享。首先是要明确数字安全规则、政府数智化场景的应用需求驱动等。其次是推动以国有央企为核心的“AI 新基建”建设，融合“网、运、算、智、安”等要素，构建面向全社会的智算平台基础设施，推动科技公司 and 高校、科研院所的 AI 研究开发，形成产业势能。

此外，在产业和企业层面，需要牵引生态链整合和策略协同，避免在 AI 通用大模型软件即 PaaS 层的过度内卷化竞争，同时又丧失了 SaaS 层和应用层的突破发展机会。

通过顶层设计，整个的 AI 发展路径是自上而下，应用驱动的。所以在商业化突破上，可以发挥中国应用场景多样化、低阶优势，以及在

部分领域积累的专业 AI 技术优势，形成小模型、专业化 AI 应用和方案创新，实现快速切入（如图 4）。

同时需要遵从“先基础再应用”的思路，率先构建新型技术设施，在 IaaS 层利用网络的优势，构筑智算集群模式规避单点算力不足，集成分散算力资源使能大模型 AI 的开发、验证的升级迭代。以运营商为代表的央企，在建设新型智算中心的基础上，可以复制英伟达 AI Foundation 的策略，通过使能科技公司、高效科研单位，租赁智算资源的模式实现盈利。

在做大做强智算中心的基础上，实现“由内而外”业务使能，即通过自身业务 AI 化集成融合，使能升级市场主打型业务，从而突破新赛道价值增长。

在电信领域，微软通过 AI 的集成运营可以让复杂的业务管理能力更加简化，如网络自动化可以支持运营商简化网络管理并改善客户服务。韩国 SKT 在 AI 战略转型方面成为典范。2022 年 11 月，CEO Ryu Young-sang 宣布计划成为一家人工智能公司，并合作开发了基于韩语的大型语言模型的开发，类似于 ChatGPT 的 GPT-3 模型。2022 年 5 月，又推出汉语版 AI 聊天机器人 A，在国内吸引超 100 万用户。2023 世界移动通信大会上，SKT 展示了基于大模型和自研芯片 SAPEON 的智能业务，如陪伴 AI、数据 AI、视觉 AI、医疗 AI、城市



图 4： AI 大模型服务 + 新业务规划

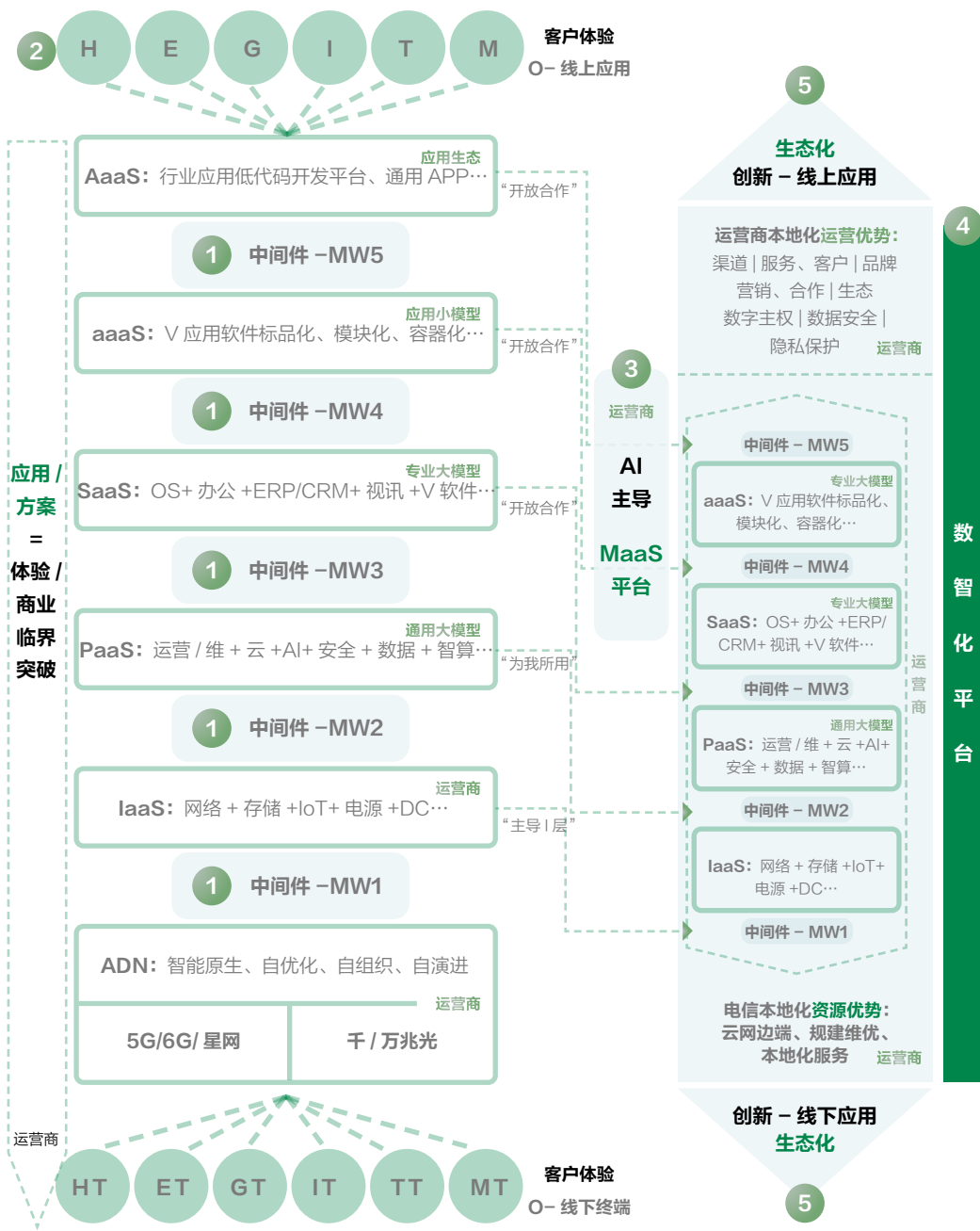


图 5：转型 MaaS：抓两端、控中间、整合 E2E，打造数智平台和生态领导力

空中交通 UAM 等。SKT 认为运营商在智能化转型中一个优势是拥有 Open AI 所不具备的电信知识和专有本地数据。

电信运营商的 AI 协同战略：构建新型 MaaS

对于电信运营商来说，想要将电信业务与 AI 融合，形成电信网络、运营、运维的新能力和新竞争力，数智平台起着关键作用。云和智能技术与解决方案作为电信运营商数智化转型的底座，将构筑网络、算力和业务配置的灵活、高效、低成本优势，在大规模、多业态下形成新的竞争力（如图 5）。

运营商的 AI 协同战略，是以安全、数据、网络为锚点，整合垂直产业链资源，形成新型 MaaS（模型即服务）：一层 XaaS 技术和能力由领先技术厂商提供和支撑；运营商聚焦二层，开发中间件为主，实现各层 XaaS 的整合；构建新型 MaaS，结合两端运营和基础设施优势，完成垂直要素的封装整合，实现价值链贯穿。

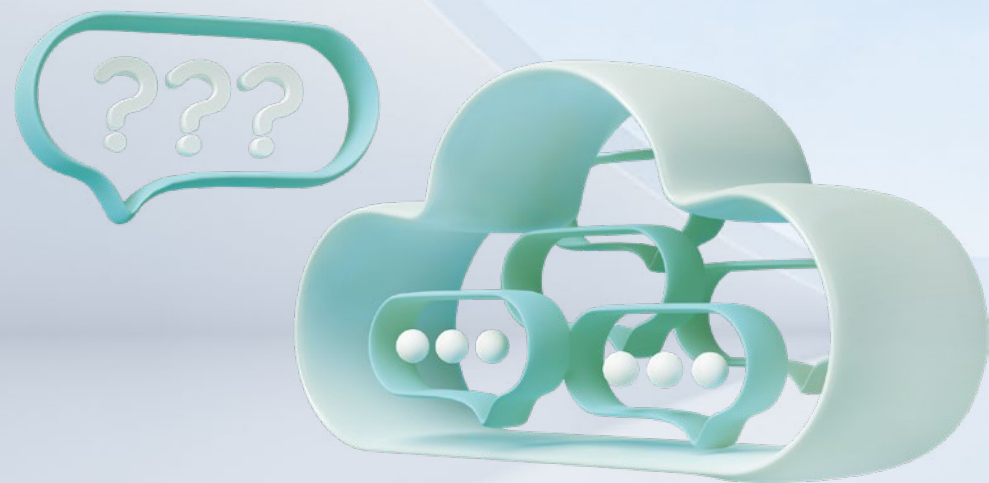
作为 AI 时代的基础设施，MaaS 为下游应用提供安全、高效、低成本的模型使用与开发支持。新型 MaaS 范式将以运营商为“链长”整合行业关键技术能力和资源，规避 PaaS 层内卷，实现垂直生态链的贯穿和拉通，加速应用和解决方案层次的突破，实现商业和规模两个维度的领先，进而形成以应用和商业驱动技术迭代的正循环发展态势。

面对 ChatGPT 引发的 AI 集成加速趋势，延续移动互联网时代的不对称竞争策略，需要从顶层设计和战略规划上，聚合有限、优势资源，力出一孔、利出一孔，达成战略聚焦一致；进而从业务和商业驱动，从小模型、专业化 AI 启动入局，垂直协同联合创新和突破，通过小模型下的应用和商业成功驱动核心 AI 软、硬件、大模型核心技术的迭代成长和成熟，最终在产业垂直整合创新转型的新阶段，在新赛道实现有效增长，构建起国家、产业和企业的新竞争力。[1]

AI ready 的智云助力 运营商数智化转型

文 / 华为 ICT 计算产品与计算方案
(运营商领域) 首席架构师

王晓滨



本文通过探讨全球 AI 发展的趋势，提出运营商应从企业架构、商业模式、基础设施三个方面做到 AI ready，在数智化转型浪潮中探索商业成功。

Copilot, 谷歌旗下的 Deep Mind 推出 Gemini 等，都在加速推动大模型进入行业和个人领域，引领人工智能向多模态、智能体等方向发展。

在中国，科技互联网企业纷纷加入 AI 竞赛，如百度的“文心一言”、阿里巴巴的“通义千问”、华为的“盘古”、360 的“智脑”、昆仑万维的“天工”、京东的“灵犀”、科大讯飞的“星火”、腾讯的“混元”、商汤的“日日新”等大模型相继亮相。短短六个月，从“一百模”升级至“二百模”，相较于通用大模型，许多中小企业相继发布垂直大模型，如旅游行业有携程的“携程问道”、教育领域有网易有道的“子曰”、医疗健康行业有京东健康的“京医千询”，还有蚂蚁集团的金融大模型等，推动人工智能从感知走向认知、从识别走向生成、从通用走向行业。预计未来 2 年，AI 将落地 50%+ 行业核心场景。

在运营商行业，我们发现 AI 有能力重构所有业务。大模型边际成本趋于 0，自用业务 +AI 实现降本

增效，To C/H/B 业务 +AI 实现增值。例如，带 AI 识别的视频监控比传统的视频监控溢价 15% 以上；融入了 AI 能力的 5G 新通话带来了 10% 以上 ARPU 值增加。可以说，AI 加速了运营商数字化转型的进程，全球运营商一直在追求的基于云的数字化转型，将演进到基于云 + 智的数智化转型。

AI 助力运营商数智化转型，实现降本增效和业务增值

面对风起云涌的 AI 历史机遇，运营商需要提前布局，从三个方面做到 AI ready。

将 AI 落入企业转型战略，构建 AI ready 的企业技术架构

运营商需要将 AI 作为数字化转型的重要要素，将 AI 纳入企业的整体转型战略中，由专门的组织来承接 AI 战略，构建面向 AI 的企业架

风起云涌，ChatGPT 引爆了全球百模千态

2022 年 12 月 1 日，OpenAI 的 CEO Sam Altman 在推特上宣布推出 ChatGPT，吸引了众多好奇者。ChatGPT 凭借其惊艳、意味深长或错误的回答，引发了人们的讨论和争议，从而激发了更多人的好奇心。这使得已有 70 多年历史的人工智能产业再次成为焦点。ChatGPT 的出现被视为人工智能从感知理解世界到生成创造世界的转折点，原因在于其融入了 Scaling Law、强化学习和人工反馈等技术，使得 ChatGPT 具备了举一反三的能力涌现，与人类极为相似，让人们看到了通过使用“沙子”（硅）创造新的硅基生命的希望。

2023 年，OpenAI 持续推出了一系列创新产品，如 1.8 万亿参数的 GPT-4、ChatGPT-4 Turbo、Assistants API、ChatGPT 企业版、GPTs，以及刚刚披露的 Q* 项目和 Sora。上下游产业链也在加速创新，Humane 推出 AI Pin，微软发布生成式 AI 办公套件 Microsoft 365

构和能力。TOGAF 企业架构 (Enterprise Architecture) 是连接企业战略规划与 IT 建设之间的桥梁,是企业数字化的核心,主要包括业务架构 BA、信息 / 数据架构 IA、应用架构 AA、技术架构 TA 四大部分。如果没有企业架构,那么数字化转型的战略目标和实施之间将脱节,难以成功。因此,建议从企业的 4A 架构上融入 AI 要素,包括战略 +AI、业务 +AI、数据 +AI 和技术架构 +AI。

同时,数字化转型作为一项变革项目,在执行时可能会遇到很大的阻力,所以 AI ready 也是一把手工程,需要公司高层亲自推动。如华为公司在 2018 年华为全联接大会上发布 AI 战略,同年,华为创始人任正非签发了“加大 AI 投入,利用人工智能提升公司内部效率”的决议,并成立了专门的 AI 使能部,由任总亲自担任部长。如今,华为通过流程贯穿各部门和组织,已将

AI 渗透至每个业务环节。AI 已使能华为内部 80 多个场景、600 多个应用的智能化,打造了近 7000 个 AI 模型,创造了 20000+ 数字员工,服务于全球 170 多个国家和地区的华为机构,员工人手一个 AI 助手,大幅节约了运营成本,构建了企业级的大模型智能体。在产品方面,到 2023 年,搭载华为智能驾驶的问界 M9 在新能源车市场引起轰动、华为每款智能机中预置的小翼助手提升了用户体验、AI 节能算法让无线基站比竞品节能逾 20%,实现价值溢价。在运营商行业,中国电信和中国移动也于 2023 年将 AI+ 纳入了集团战略。

发挥平台优势, 打造 AI ready 的商业模式, 强化产业协同, 促进生态繁荣

无论是中国还是海外,都不缺少尝试探索大模型应用场景的公司和玩家。面向行业 +AI,从

零开始探索新的应用场景,它存在着一定的失败概率,需要付出试错成本。虽然运营商可以参与大模型的构建,但其更大优势在于无处不在的云网基础设施。运营商不仅有云 + 网作为大模型的使能和变现平台,而且现有的行业客户可以作为大模型商业化探索的潜在市场,结合运营商算力运营运维能力和运营商在当地的社会公信力,运营商有条件打造面向本地 AI 市场的专业平台。依托这个平台能力,运营商可以吸引和汇聚众多大模型伙伴进行商业探索,提供模型即服务 (MaaS) 的商业模式 (如图 1),从而实现商业变现,并持续激发更多的合作伙伴将他们的模型产品带到平台上销售,形成长尾效应,避免运营商因亲自下场“大模型”而造成的伙伴竞争。尤其面对一些不确定的场景,这样更可以减少试错成本。

中国电信已有好的实践案例。为了深入实施“云改数转”战略,加速建设以通用计算、智能计算、

超级计算为核心的数字信息基础设施,2023 年 7 月,中国电信启动了大型模型生态合作联盟,通过公开招聘方式,吸纳了行业内影响力的大模型能力合作伙伴。在 2023 年 11 月的数字科技生态大会上,中国电信与合作伙伴一起发布了首批试商用的 12 个行业大模型,涉及教育、住房建设、金融、矿业等领域,这些大模型都被预置在“星辰 MaaS 生态服务平台”上。这种“网络 + 云 + 智算 +AI+ 伙伴模型”的模式不仅驱动了天翼云服务的智能升级,而且已经有了商业回报。

面向广大个人模型开发者,运营商未来可以考虑率先构建类似于 Hugging Face 的大模型生态社区,最大化激活整个社会的模型生态价值。在 AI 时代,合理的产业分工、聚焦平台打造、激励生态应当成为大模型时代运营商的关键角色定位。

未来,大模型将成为一种无所不在的智能服务,其商业化模式将极为丰富。

构建大模型 MaaS 平台

联合伙伴对外提供企业级大模型一站式平台,覆盖大模型全生命周期,支持客户即开即用大模型,快速构建行业应用



图 1: 大模型的 MaaS 平台能力框架

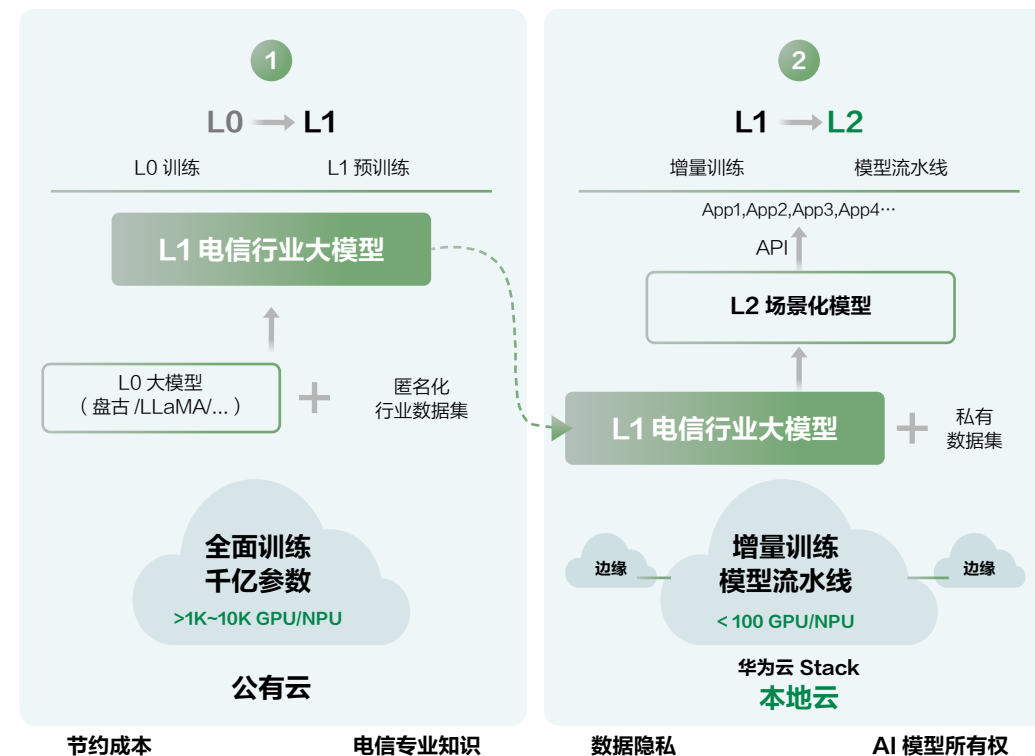


图 2: 公有云和私有云协同训练, 打造个性化的模型

构建 AI ready 的基础设施，无云不 AI，无数据不 AI

未来，大模型将成为一种无所不在的智能服务，其商业化模式将极为丰富。这些模型可以被嵌入各种软硬件系统中，如智能汽车、智能机器人等，以智能产品化的形式进入商业市场，也可以部署在云端，提供商业化的大模型云服务，重构现有的商业逻辑。云和网络基础设施成为 AI 使能的必要非充分条件，是 AI 触达最终用户（ToC/ToB/ToH）的新型管道。先有云网所及，才有 AI 所达，所以打造一朵 AI ready 的智能云成为运营商入局 AI 产业的“通行证”。运营商入局人工智能，初级阶段是“无云不 AI”，进入深水区却是“除却 AI 不是云”。过去几年，中国电信已经打造了全国布局的天翼云。2024 年 3 月，中国电信董事长柯瑞文在中国电信 2023 年度业绩说明会上就表示：“没有 AI 就没有云的未来”，并提出天翼云将加速向智能云全面升级，成为国内领先的大模型算力服务商。

数智融合：湖仓智一体



图 3：数智融合，打造 AI 时代高效云上数据底座

AI ready 的智能云该如何建设？围绕 AI 三要素——算力、数据和算法，一个 AI ready 的平台呈现了如下特点，包括 1 个架构 2 个能力：

- **算力：分布式的多级云架构，让算力无处不在**
分布式的多级云架构涵盖了公有云、本地云和边缘云的协同分工，实现公有云做全量训练，本地云做增量训练和中心推理，边缘云负责推理（如图 2），为运营商大模型部署带来了三重收益。
- **成本更节省。**大模型的预训练需要在一段时间内（数周或者数月）有大量的 AI 算力（千卡用量）。例如，LLaMA-2-70B 大模型使用了 2000 个 A100 GPU 的分布式超级计算集群进行训练，而 Falcon-180B 大模型则动用了 4096 个 Nvidia A100 GPU。大部分的全球尤其是海外运营商无需为此提前购买算力，而是可以采用公有云算力租赁的方式，以租代建，利用公有云中已部署的万核智能算力结合行业公开数据集进行全量训练。预训练大模型可以部署在本地云上，结合运营商或者其 ToB 行业的少量私有数据进行增量训练，从而使硬件资源投资需求量呈指数级下降（几十卡用量）。这种公有云做全量训练，本地云做增量训练的方式，可以节省约 100 倍的算力投资。
- **数据更安全。**在许多国家，法律法规禁止数据（网络信息，流量信息等）出网或出国，而这些数据往往是模型训练优质的数据集。本地私有云 / 边缘云则很好的满足了这种数据不出国不出网的需求，同时，训练出的大模型已经掌握了隐私敏感数据并形成了固有知识，即模型私有化不出网，实现数据安全防护。
- **业务体验更优。**边缘云能够将 AI 推理更靠近最终用户，提供低时延的更优体验。
- **数据：云端的数据生产线，高效处理数据**
数据是运营商的核心资产，但这些数据通常散落在各自独立的 IT 系统中，并没有流动起来，存储这些数据不仅有硬件的成本支出，

大模型超级流水线，全流程使能大模型创新落地



图 4：大模型超级流水线，全流程使能大模型创新落地

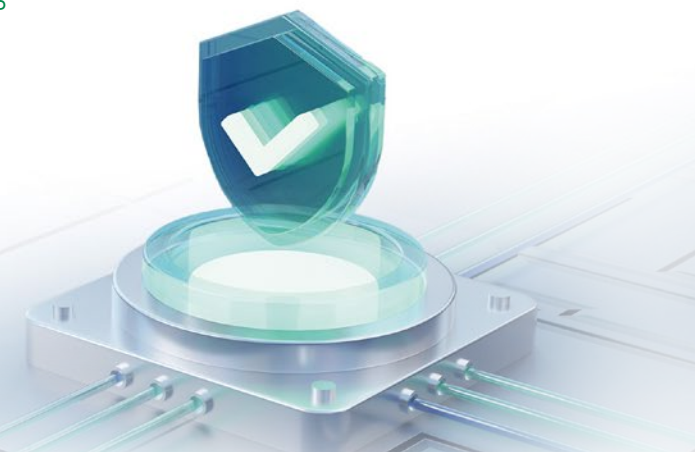
而且难以挖掘数据的价值。本地云服务需要具备全生命周期的一站式数据治理能力（如图 3），包括数据的池化存储、跨域的数据协同调度管理，通过数据湖和数仓的融合，将分散的多个数据湖 / 仓构建为一个逻辑数据湖，实现一份数据支持多种数据分析引擎和 AI 引擎共享使用，以及具备面向模型训练的数据处理能力，如数据集的高效集成、清洗、过滤和标注等。

- **算法：云端的模型生产线，使能大模型的生命周期管理**
大模型的生命周期包含了开发、训练、微调和部署等关键环节，适配这些环节的工具和

能力应作为云服务部署在本地云上。简而言之，本地云应以服务的方式来使能大模型的开发、训练、微调和部署，帮助运营商对模型进行有效管控（如图 4）。同时，在生态兼容方面，云服务应支持主流的开源模型，这无疑为运营商构建模型自主可控能力的刚需，可以确保数据安全可控，模型可管可控。

随着第四次工业革命的到来，我们正在加速迈入人工智能时代。运营商需要做到战略 ready、组织 ready、能力 ready 和基础设施 ready，发挥云网优势，找准自身定位和产业分工，构建平台 Model as a Service 生态能力，聚合更多的产业伙伴，实现数智化转型成功。

运营商需要做到战略 ready、组织 ready、能力 ready 和基础设施 ready。





04.
创新引领未来

共同定义 5G-A 时代 ICT 架构，共赢新机遇

文 / 华为首席战略架构师
党文栓



当前，电信行业在多方面都在发生积极的变化，包括 5G 商业模式、新业务、新终端、家庭联接、人工智能应用以及运营商公有云服务等。运营商需要重新定义 ICT 整体架构，演进 ICT 基础设施，积极推进自治网络，重新思考公有云战略和存储技术，从而抓住这些变化带来的新机遇。

伴 随着 5G、云计算、人工智能等 ICT 技术的规模化应用，电信行业正在发生新的变化，给消费者带来新体验，给运营商带来新价值，并持续激发新需求，培育新机会。抓住机遇，需要不断创新和演进 ICT 基础设施，从而推动电信行业迈向新的高度。

电信行业六大趋势

趋势一：多维度商业变现开辟 5G 增长新路径

如何实现 5G 商业成功一直是业界关注的焦点。全球运营商不断探索多元化商业模式实践，在 5G 网络能力变现方面取得了巨大进展。其中，芬兰 Elisa 采用下行速率作为计费量纲升级 4G 到 5G 套餐，用户 ARPU 提升超过 3 欧元；广东联通推出 5G 直播套餐，采用“上行速率 + 优先级 + 流量”作为计费量纲，截至 2023 年，已发展 50 万 5G 直播套餐用户，这些用户的平均每月收入（ARPU）提高了 76%；由泰

国 AIS 推出的 5G 热点套餐，由香港 Three 推出的面向股票和游戏的 5G 套餐，则采用“优先级 + 时延 + 流量”作为计费量纲；中国移动推出了骑士卡套餐，针对外卖骑手群体的需求，采用“语音 + 流量 + X”作为计费量纲，在提供超大语音、超大流量的同时提供骑士险服务，并通过营业厅打造“骑士角”，提供茶水、休息和充电等贴心服务，给中国移动带来了更多的高价值用户。

这些多种维度、多种组合的 5G 商业变现模式创新不断涌现，通过洞察数字化时代消费者行为变化，满足了消费者在新时代的通信需求，也给运营商带来了丰厚的商业回报，由此开启 5G 商业健康发展之路。

趋势二：5G 新业务 / 新应用正在蓬勃发展

业界期待的 5G 新业务 / 新应用也在 2023 年迎来了重大发展。江苏移动的新通话业务自 2023

电信行业六大趋势激发新需求，带来新机遇

年9月份上线以来，在短短3个月内便发展了150万用户；中国移动的云手机业务更是在6个月内发展了1.1千万用户。而在全球市场，随着5G带来的体验跃升以及5G CPE的成本下降，FWA用户数量已超过1.6亿，与2021年相比，商用FWA业务的运营商数量也增长一倍，达到155个。同时，海外5GtoB市场正在实现从1到N的快速复制。2023年，由运营商提供的5GtoB专网数量超过了222个，相比2022年增长一倍，覆盖媒体、医疗、教育、港口、制造、油气、矿山等多个行业。

由此可见，5G新业务/新应用正在成为驱动电信产业新发展的坚实力量。

趋势三：创新的智能终端正在激增

智能终端是网络能力消费的重要载体，也是推动产业发展的重要因素。2023年出现了大量创新的智能终端。首先，市面上已有5款智能手机具备载波聚合（3CC CA）的能力，这一能力是5G-A基础体验能力的重要标志，这意味着就5G-A产业而言，终端侧已领先于网络发展。其次，在空间计算和AI技术的驱动下，裸眼3D、MR、智能网联汽车以及各种创新的AI设备正在应接不暇地涌现，为行业发展打开新的空间。

趋势四：FTTH/FTTR创新发展推动F5G-A加速到来

FTTH市场正迎来新一轮发展高潮。全球50%以上的运营商都发布了千兆家庭业务，2023年全球千兆家庭用户数量达到2亿。千兆成为家庭宽带的新起点也得益于PON设备和ODN设备的持续创新，比如通过两端口的Building PON和自粘透明光缆把FTTH建设成本降低了50%。同时，光纤进一步延伸到每个房间的家庭数量也取得了指数级的发展，到2023年为止，全球22个运营商发布了FTTR业务，FTTR不仅覆盖了1200万的家庭用户，也让30万中小企业客户的联接得以升级。

2023年11月，ETSI正式发布了*F5G Advanced Generation Definition*，恰逢其时，F5G-A将迎来快速发展。

趋势五：大模型加速电信行业运营运维智能化转型

据统计，智能应用在电信行业的用例数量已经超过300个。监控排障和处理网络投诉占用了网络O&M近80%的人力，是AI for Telco所要解决的焦点问题。通过基于角色的Copilot

和基于场景的Agent，充分运用大模型和数字孪生技术，围绕员工赋能和客户满意两个价值方向，正大量涌现出AI for Telco应用，比如通过客服座席Copilot大幅提升首次呼叫解决率（FCR）；通过外线维护工程师FME Copilot大幅降低故障恢复时长；通过光路维护Agent实现光路故障1分钟识别、3分钟定位、5分钟恢复，以及通过价值场景保障Agent大幅降低用户重大投诉率等。因为大模型的加持，运营商的运营运维智能化转型正在加速。

趋势六：运营商自有公有云业务再次兴起

大量运营商已通过转售模式发展云服务，而一直以来，只有极少数运营商建立并持续运营自有的公有云平台。当下，新的变化正在发生。在非洲，Ethio telecom于2022年Q3发布了自有的云服务，目前有超过60多个SaaS应用都是本地的，超过全球性SaaS应用的数量。由于数字化的持续发展，本地化数字服务公司业务正在呈现加速发展的态势，如移动支付、在线购物、外卖、网约车、数字政务等等，这为具有本地服务优势的运营商发展公有云服务带来了机会。而这种机会在亚太、拉美、中东等也已出现，目前已有20多个运营商正在或即将发布自有的公有云业务。基于此，电信运营商应该重新思考发展自有公有云的战略。

定义5G-A时代ICT架构，演进ICT基础设施

趋势变化带来新机会，而赢得机会需要解决产业普遍关注的问题，包括5G-A时代的ICT整体架构、关键特征及如何实现等。

5G-A时代ICT架构（如图1）包括六大特征：无处不在的万兆（10Gbps）接入、400G/800G承载、核心网新用户面和新智能面、自治网络Level 4、运营商自有公有云服务，以及面向AI的统一数据存储。

特征一：无处不在的万兆（10Gbps）接入

无处不在的万兆接入包含移动、家庭、园区三个场景。

在移动场景下，通过超大规模天线阵列（ELAA）以及更多的频段等实现移动网络下行10Gbps、上行1Gbps的极致体验。同时，网络能效是无线网络的关键指标，需通过产品创新实现“0 Bit 0 Watt”。为此，华为推出系列化的5G-A产品，包括业界唯一容量达到12Gbps TDD 128T MetaAAU，业界唯一支持5Gbps用户体验的Dual-band 64T MetaAAU，FDD三频Massive MIMO和RRU系列、毫米波HAAU、LampSite X等，助力运营商打造全场景领先的5G-A无线网络。

在家庭场景下，通过引入Wi-Fi 7、FTTR C-WAN架构、50G PON等实现家庭泛在的万兆体验。为此，华为推出新一代的FTTR产品iFTTR F50系列，业界唯一支持三模50G PON的全新OLT平台MA5800T，以及场景化的AirPON创新加速10G PON的快速普及。

在园区场景下，通过引入Wi-Fi 7以及交换机升级等实现企业泛在的万兆体验。为此，华为

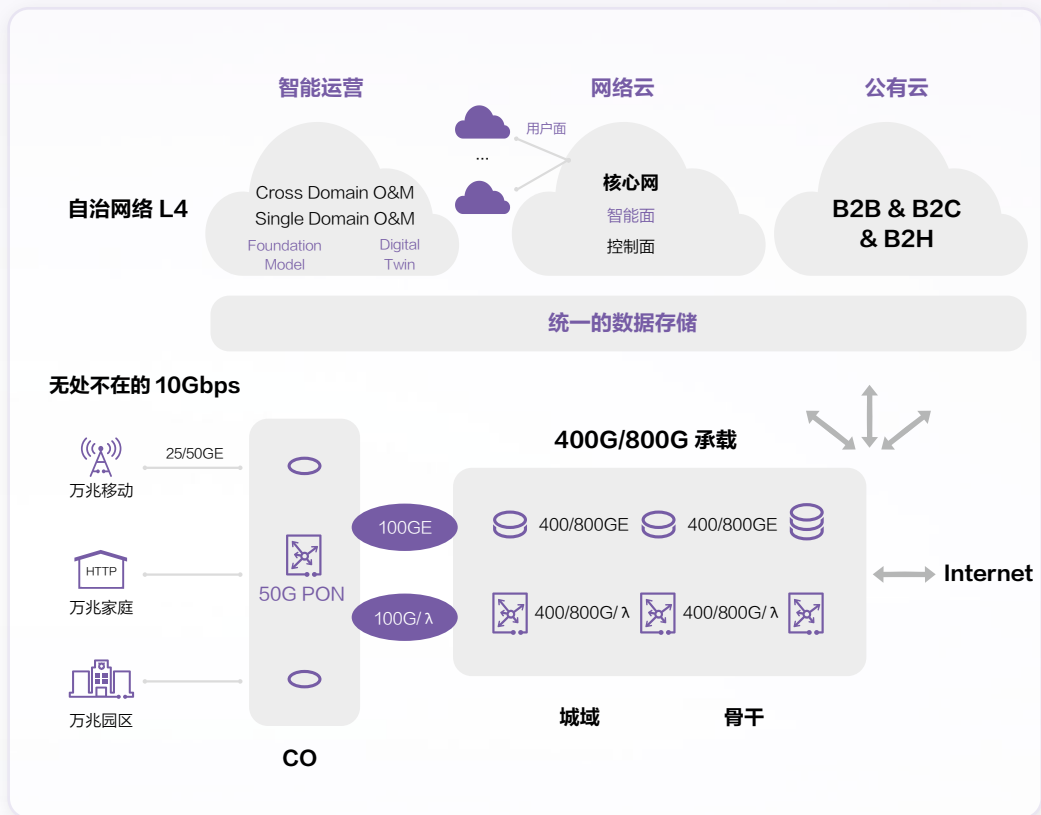


图 1：5G-A 时代 ICT 架构

5G-A 时代 ICT 架构六大特征，引领 ICT 基础设施持续演进

推出新一代的 AirEngine Wi-Fi 7 系列产品以及 CloudEngine 园区交换机系列产品。

特征二：400/800G 承载

随着移动、家庭、园区走向万兆，城域和骨干承载网络需要具备 E2E 400G 的能力，并支持向 800G 平滑演进。在 IP 层，通过 E2E SRv6, Slicing 等能力实现多业务综合承载，在满足移动和家庭承载的同时，抓住企业上多云等 B2B 发展机遇。在光传送层，通过在城域引入池化架构以及在城域和骨干 E2E OXC 实现超低时延、超大容量、最优 TCO。为此，华为推出一系列性能和功能领先的路由器和光传送产品。

特征三：核心网新用户面和智能面

为了满足万兆移动，使能更智能化、个性化的体验，使能更丰富的新业务创新，在核心网侧，需引入新的用户面和智能面。为此，在新用户面，华为推出 Intelligent UDG 使能 10Gbps 体验；在智能面，华为推出包括多模式通信（MMC）以及智能个性化体验（IPE）等能力。

特征四：自治网络 Level 4

在智能化运营运维方面，目标是通过电信大模型、数字孪生等关键技术的支持，达到自治网络 Level 4 水平。为此，华为基于 ADN 解决方案推出一系列的面向角色的 Copilots 和面向场景的 Agents，包括现场维护工程师 Copilot、客服座席 Copilot、家宽装维 Copilot、营销经理 Copilot、光路维护 Agent、价值场景保障

Agent、网络隐患管理 Agent、用户影响事件管理 Agent 等。

特征五：运营商自有公有云服务

支持运营商抓住公有云服务机会是其云服务构建和运营的关键。为了使能运营商发展公有云服务，华为支持多种合作模式，包括在运营商本地部署 Huawei Cloud Stack 模式，以及基于华为云本地节点的 Cloud On Cloud 模式。同时，华为结合多年自身公有云发展的经验，提供联合营销、运营使能、生态使能支持，协助运营商发展好本土云市场。结合运营商在本地市场的基础设施、营销品牌、拓展交付等方面优势，相信运营商能找到成功的发展模式，抓住公有云机遇。

特征六：面向 AI 的统一数据存储

随着 AI 应用的加速，数据的生产性价值越发凸显，对数据存储提出了新的要求。在训练阶段数据集的规模从原来的 10 亿级别提升到千亿级别，对文件读取性能的要求也从万次/每秒提升到百万次/每秒，同时对于带宽要求也更高。为实现面向 AI 时代统一的数据存储，华为全新推出了 OceanStor 系列产品，大幅提升 AI 训练效率以及 GPU 利用率，同时也可用于计费、CRM 等关键传统应用场景，实现统一数据存储。

千里之行，始于足下。华为期待与行业各方一起，识别产业关键趋势变化，共同定义 5G-A 时代 ICT 架构并持续演进 ICT 基础设施，共赢新机遇，推动电信产业迈向新高！

AI，一座迈向 6G 的桥梁

大模型或将在 5 ~ 10 年渗透甚至取代更多工作，这一趋势与 6G 的部署时间窗相重叠。在人工智能时代，承载 6G 服务、6G 应用的核心载体将不再是移动互联网和智能手机 App，而是向使用于各个领域的 AI 智能体 (AI-Agent) 转变。AI，将成为迈向 6G 的桥梁。

大模型技术兴起，让社会加速进入了一个崭新的智能时代。AI 技术的进步不仅推动了各行各业的数字化转型，也为通信技术的未来发展奠定了基础，特别是在迈向 6G 的过程中发挥着至关重要的作用。

在 AI 革命大背景下，2023 年 6 月，国际电信联盟 (ITU) 完成对 6G 愿景的框架定义工作，从两个方面回答了什么是 6G^[1]。第一，6G 将持续演进移动通信，持续增强移动宽带 eMBB、高可靠低延时通信 URLLC，以及海量连接 mMTC 等三大业务场景，提供沉浸式、确定性的通信体验和支撑海量连接的能力；第二，6G 将超越移动通信的范畴，实现通信感知一体化、AI 通信一体化，以及空地泛在的全域连接，让人们超越人眼“观察”物理世界，并在虚拟世界中构建数字孪生。6G 的愿景是全球共识的重要成果，是向 6G 全球统一标准迈进的重要里程碑。

在三个超越通信的场景中，AI 通信一体化主要探讨的是如何设计 6G 来原生地支撑未来海量的 AI 服务和 AI 应用。未来的 5 到 10 年，99% 的开发、设计和文字工作将被 AI 取代。不久的将来，大模型



文 / 华为无线 CTO
Huawei Fellow
童文



文 / 华为无线研究高级 VP
Huawei Fellow
朱佩英



文 / 华为无线研究技术 VP
马江镭



文 / 华为无线研究高级专家
陈雁

甚至还将取代架构设计、芯片设计。这个未来趋势，将与 6G 的部署时间窗相重叠。4G LTE 的技术创新，把我们带入移动互联网时代，智能手机的 App 成为了应用和服务的主要载体。进入人工智能时代，应用和服务的核心载体将不再是 App，也不再是网站，而是 AI-Agent。

AI-Agent 是一个能感知，并且能主动采取行动的智能体，能够根据环境自行设定行动目标，具有感知学习和获取知识能力，持续不断地提

升自己的能力。而近年来大模型的成功，也把 AI-Agent 的能力提升到一个全新的水平，不仅仅只是生成式 AI，而是交互性 AI，可以进行复杂的交互式对话和决策。因此，在 6G 时代，网络的使能对象不仅仅是 AI-Agent，而且是人工通用智能 AGI (Artificial General Intelligence)。华为最早在 2019 年提出的“万物智联”(Connected Intelligence) 的愿景(如图 1)，支持原生 AI 能力，实际上就是两个方面：AGI for 6G 和 6G for AGI^[2]。

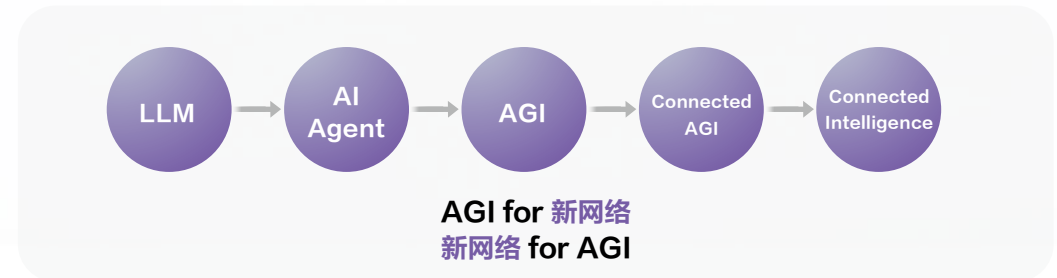


图 1：Connected Intelligence = AGI for 6G + 6G for AGI

本文将围绕 AGI for 6G 和 6G for AGI 两个方面展开，尤其侧重 6G for AGI。如图 2 所示，6G for AGI 就是要回答如何设计 eMBB+、URLLC+、mMTC+ 等通信能力，以及如何利用网络感知能力，共同更好地支撑 AI，让 6G 成为连接未来 AI 智能体的神经中枢，成为 AI 学习、训练、推理的重要组成部分。这也要求 6G 系统的设计必须是一个超越连接的架构，并进一步集成 AI-Agent 的四大基本功能：感知、认知、决策、行动，通过基于意图的高效能通信，深度融合物理世界和数字世界，并对物理世界产生作用。

AGI for 6G

6G 时代 AGI 的通信基本模式是基于 Weaver 的效用通信 (Effectiveness Communication^[3])，也可以简称为意图通信。这是一个超越香农通信的框架：香农通信只是传输比特，然而，比特不代表理解，不具备智能，这是 AGI 使能的 6G 通信与传统通信的本质区别。

基于 AI-Agent 的 6G 通信可以分为四类：

- 第一，人与人的第一系统和第二系统通信；
- 第二，机器与机器的意图通信；

- 第三，人与机器的 URLLC 通信；
- 第四，基于空间计算的机器与人的 Metaverse 通信。

为支撑基于 AI-Agent 的 6G 通信框架，3GPP 标准的设计需要考虑支持感知、学习的上行信道，并且能够支持推理、支持低延时、支持 Metaverse 的下行信道。下面我们着重介绍前两类。后两类的通信在利用基于 AI-Agent 的框架上与前两类的使用方法类似，但场景不同，具体的通信需求也相应有所不同。

AI-Agent 辅助的人与人通信

未来基于大模型的通信，将是物理世界通信和数字世界通信的有机融合，会引入 AGI 后香农通信架构。以人与人的通信举例，其核心概念包含两个部分：

- 第一，每个人可以用一个大模型来代理，这个大模型就是一个 GPT；
- 第二，每个人的大模型可以根据 GPT，用空间计算，生成多模态的虚拟实时响应，代表人确定性行为的代理响应。在数字世界中，基于此类 GPT 代理之间的通信系统，称为第一系统。而对于如喜怒哀乐的情感等非确

定性行为，大模型无法准确学习和建模，此时针对这部分信息的沟通传递，需要在物理世界进行实时通信，称为第二系统，其亦可基于 GPT 大模型来设计。

每个人可以发布自己的大模型，在人与人的通信之前，可以先获取对方的大模型，来进行两个大模型之间的第一系统通信，这实际上是本地通信，不需要用无线通信资源。当大模型无法生成第二系统通信的部分时，需要通过无线信道进行通信。

6G 的 AGI 与 AGI 通信（如图 3），内信道是香农通信，其外信道通信，是神经网络与神经网络的通信，是大模型与大模型的通信，是 Agent 与 Agent 的通信。这里需要指出，无线空口的 GPU 化，不能带来性能提升，反而要付出牺牲功耗的代价。

以 AI-Agent 为辅助的人与人通信是一种先进的交互方式，它利用了人工智能的强大能力来增强和优化通信过程。在这个框架中，每个人都会拥有两个主要的 GPT 大模型：第一系统用于本地智能处理，第二系统用于物理通信。

首先，每个人要训练好自己的第一系统 AI-Agent 使用的 GPT 大模型，以及用于物理通信第二系统的 GPT 大模型。这些训练主要是离线的监督学习，基于一个更广义用于的通用大模型进行训练，可以持续更新，且可以有人参与辅助 (Human in the loop)，从而让所得的 GPT 模型更精准强大。其次，为了检测第一系统工作是否正常，需要一个涌现的检测器，当发现有第一系统不能学习和建模的部分，则分流给第二系统进行学习。

6G 的本质是通信 - AI - 感知的融合，成为服务万千 AI-Agent 的神经中枢。

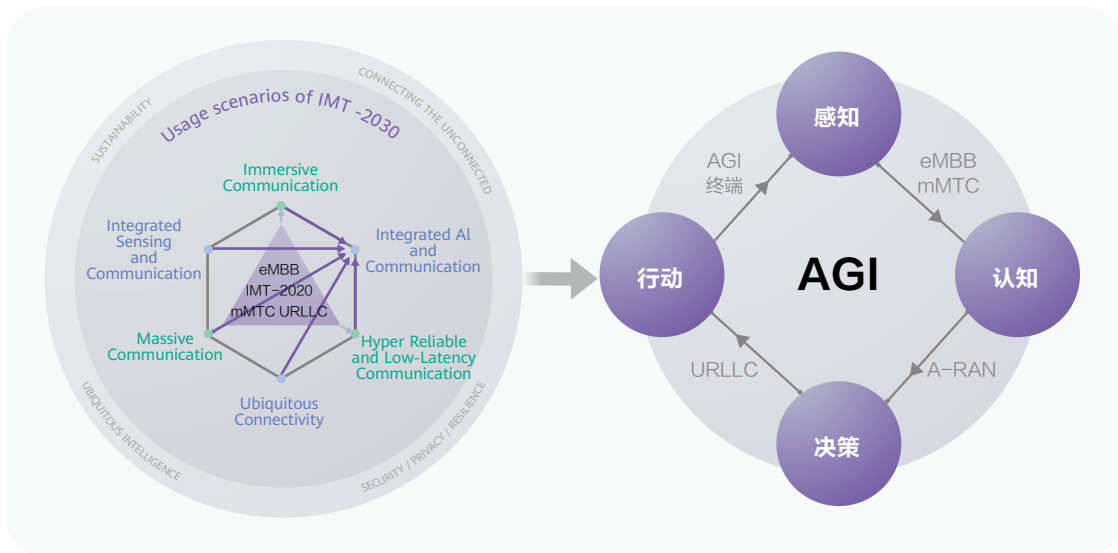


图 2：6G 原生 AI 能力和 6G for AGI 的整体框架

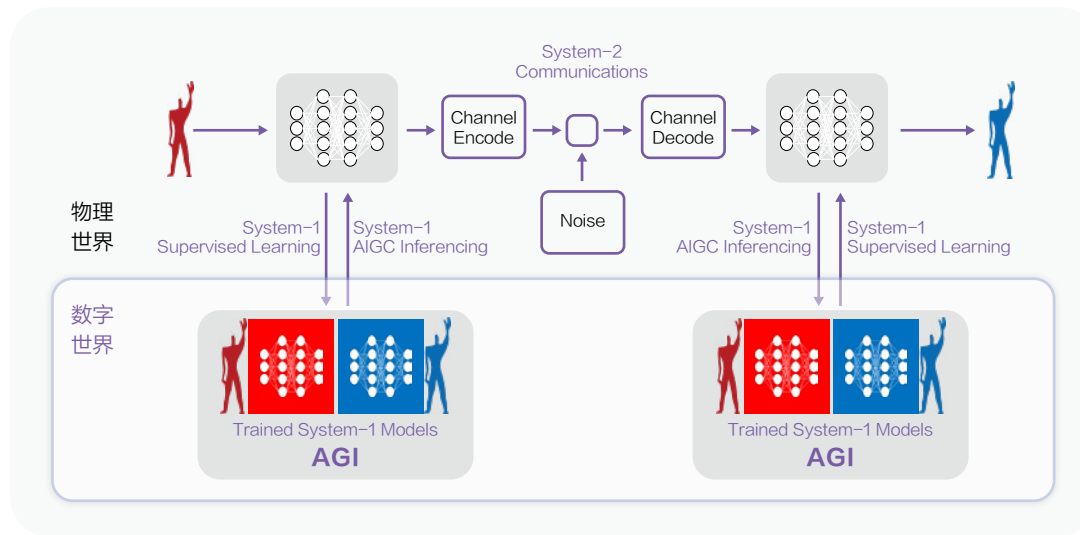


图 3：基于 GPT 大模型的 AGI 后香农通信架构

这样就形成了一个快速和慢速结合的通信架构：第一系统是快速的，可以由通信双发交互各自的 AI-Agent 来实现 Agent 之间的本地闭环通信，不需占用通信资源（如图 4）；第二系统是慢速的，可以用无线信道进行通信（如图 5）。

值得一提的是，通过基于 AGI 的意图通信机制，第二系统的通信流量与直接的视频通信相比，可以压缩百倍甚至千倍。此外，第一系统和第二系统的 AI-Agent 均可以不断对通用大模型进行刷新。

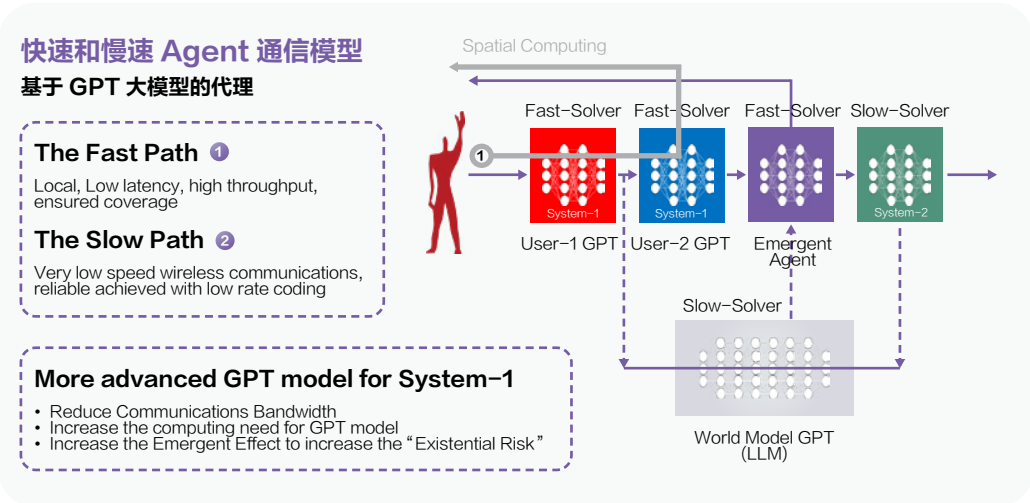


图 4：基于 GPT 大模型的第一系统 - 快速本地通信

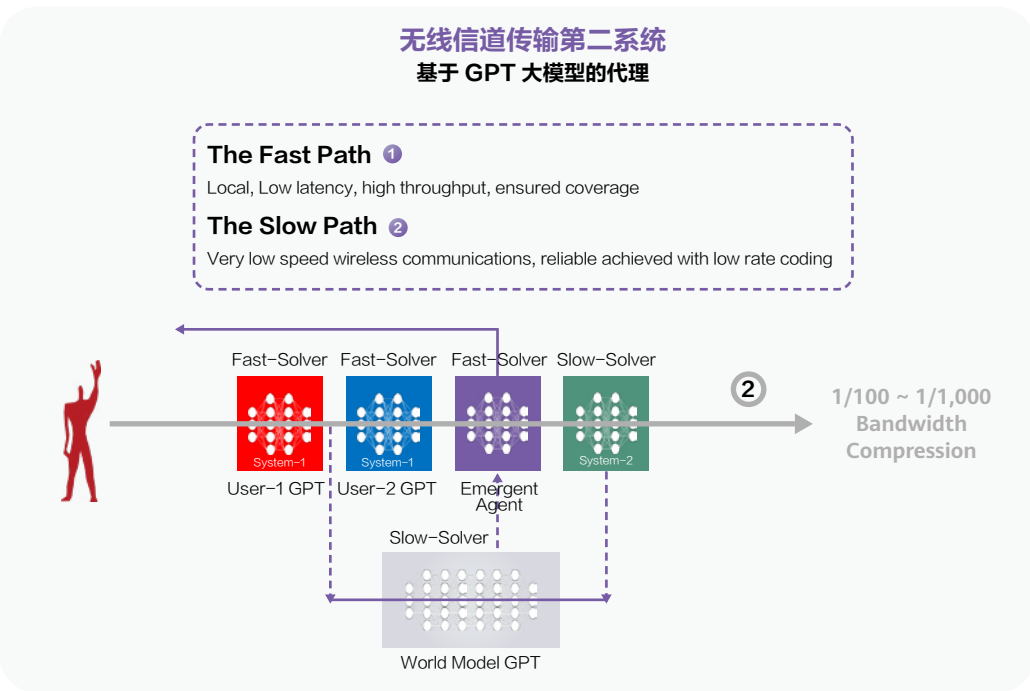


图 5：基于 GPT 大模型的第二系统 - 慢速物理通信

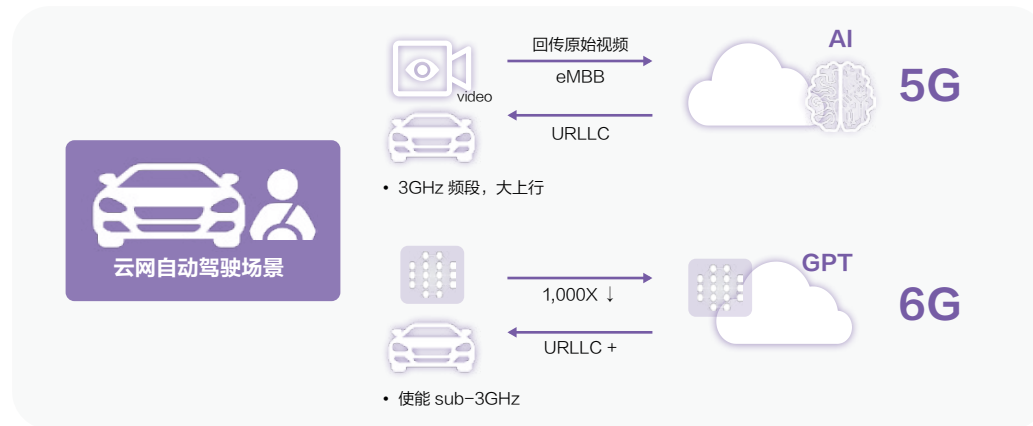


图 6：6G 机器与机器间的意图通信范式

AI-Agent 辅助的机器与机器通信

对于机器与机器的通信，如果直接上传视觉传感的结果（如完整的视频、点云等信息）去支持在边/云端用大模型进行计算，则需要“极大上行”的流量，能支持的机器数量较为受限。如果在终端有初级的 AI-Agent，通过无线信道与云端的大模型计算进行 Token 的实时对齐，从而利用端-管-云的 AI-Agent 协同，就可以实现海量机器与机器的通信（如图 6）。

具体而言，基于 AI-Agent 的后香农通信框架采用意图通信的方式包括如下步骤：

- 第一步，在终端侧引入 AI-Agent 对场景进行初级预处理分析，即所谓的面向目标的筛选（goal-oriented filtering），从而对传感数据进行实时清洗；
- 第二步，对提取的相关对象进行 transformer 大模型中所谓的嵌入计算（Embedding）得到意图的极简数学描述（Token）；
- 第三步，通过无线信道传回边/云端，实现双边意图（由 Token 表示）的实时对齐，由此完成端-管-云协同的高效机器与机器通信。

与直接的视频传输相比，此传输机制下的流量可以压缩百倍甚至千倍，从而量级性提升系统可支持的通信用户数量。

6G for AGI

6G 感知为 AI 学习提供大数据源泉

6G 网络中应用 AI-Agent 服务的独特优势还在于，6G 系统是通感融合的。通信感知一体化为无线通信系统带来了新的机会——在通信的同时提供无线感知服务。感知和通信的原生融合，使移动基站和终端可以在不需要额外使用频谱及增加设备成本的前提下，通过协同感知，获得更大的感知范围和更高的感知精度。6G 更短的无线电波长、更宽的频谱资源和更大的天线孔径将使得物理环境的高精度实时重构成为一种服务，利用这一能力也能反过来在显著增强无线传输性能的同时大幅降低传输功耗。

6G 感知提取的数据不仅仅只是对整网物理世界的建模，也是 AI 学习的大数据源泉（如图 7）。人、机器、车、建筑、材质，甚至是天气，都可作为 6G 感知的对象。无线感知可以通过电波传播的参数估计、成像，甚至质谱检测来提供关于环境

的大数据。从厘米波、毫米波，到亚太赫兹等全通信频谱的感知能力均值得关注和研究。在高精度感知领域，太赫兹技术有望得到广泛的应用。

6G 提供智能普惠的 A-RAN 和 A-CORE

以 ChatGPT 为代表的自然语言大模型，在不久的将来，就会达到和超越人类的能力。然而，其代价是需要基于超算集群的算力才能提供“类人”的智能。比如，拥有 5 千亿的神经网络参数，需要千万瓦级的供电才能运行，在未来的 10 年，大概率无法在手机终端上运行。

为了给所有人、所有物提供随时随地的智能服务，6G 网络必须承担起智能普惠的责任。这就需要基于 6G 网络采用基于大模型的“通信 (C) + AI (A) + 感知 (S)” 架构。而通信 -AI- 感知的融合，也正是 6G 的本质特征所在。支撑 AGI

的后香农通信架构，也就是：通信 +AI+ 感知 (C+A+S) 的移动接入网，我们称之为 A-RAN (如图 8)。

同样，6G 网络可以基于 AI-Agent 来构建，每个 AI-Agent 就可以是一个逻辑网元。早在 2015 年，华为公司 2012 实验室就提出应用驱动的网络，其核心思想是，基于客户相对应用的需求，自动生成定制的网络，应用完毕，网络也就撤除。基础设施就像全网一部计算平台，这是一个基于任务的网络架构，也是 6G A-CORE 的雏形 (如图 9)。

6G AGI 构建实时孪生世界

在数字世界里，根据应用的“意图”，通过构建物理实体的虚拟副本来模拟和分析现实世界的行为和性能，就是我们通常所谓的数字孪生。这里

主要对数字孪生的两项技术进行阐释。第一，基于意图通信，构建能够实时反映真实物理世界的数字孪生体；第二，基于实时孪生世界，对物理世界进行准确的时空推理。这两项技术具有广泛的应用潜力，可应用于如自动驾驶、机器人、智能工业生产和远程医疗等众多场景。

首先，在一个小房间的物理空间里，放置有通信和感知一体化的 6G 终端，这些 6G 终端具有 AI 的算力，可以计算小规模 AI 模型。同时，它们也可以通过无线信号感知物理世界。通过对感知信号进行处理，可以生成点云来刻画和描述物理世界。

之后，根据给定意图，通过网络中的 AI 大模型与 6G 终端的 AI 小模型之间的 AGI 通信，有选择性地重构物理世界。这里的孪生世界并不需要完整无缺地描述物理世界，而是识别跟意图相关的内容。这样既可以节省通信开销，还可以保护隐私，保护个人和场地的私密性。

感知系统真正感知的是“点云”信息，也就是三维空间中物体的点阵表示。为了减少数据传输量和保护用户的隐私，我们只会将语义目标和原始感知信息匹配时，才会将时空语义信息上传到云端进行融合。为此，我们开发了独特的语义时空融合和预测算法，可以融合语义信息形成数字孪生。这使得数字孪生能够几乎实时地反映我们关心的信息，同时将上行传输带宽需求降低几个数量级。

基于实时孪生的世界，这里演示一个用自然语言驱动事物定位和人物追踪的用例。与目前 ChatGPT 不同，我们的系统能够实时感知现实世界，并进行语义、时间和空间的推理，最终以自然语言的形式呈现结果。在这个例子中，物体和人物的移动位置都会以卡通人物渲染的形式实时显示在数字孪生体中。6G AGI 系统会根据感知到的点云信息，判断是否发生与预先设定的意图 (如“看书”) 相关的动作，并实时定位相关事件的空间位置。随着感知系统的不断完善，推理的准确性也将不断提高。

为了给所有人、所有物提供随时随地的智能服务，6G 网络必须承担起智能普惠的责任。



图 7: 6G 感知是支撑未来 AI 大模型的主要数据来源

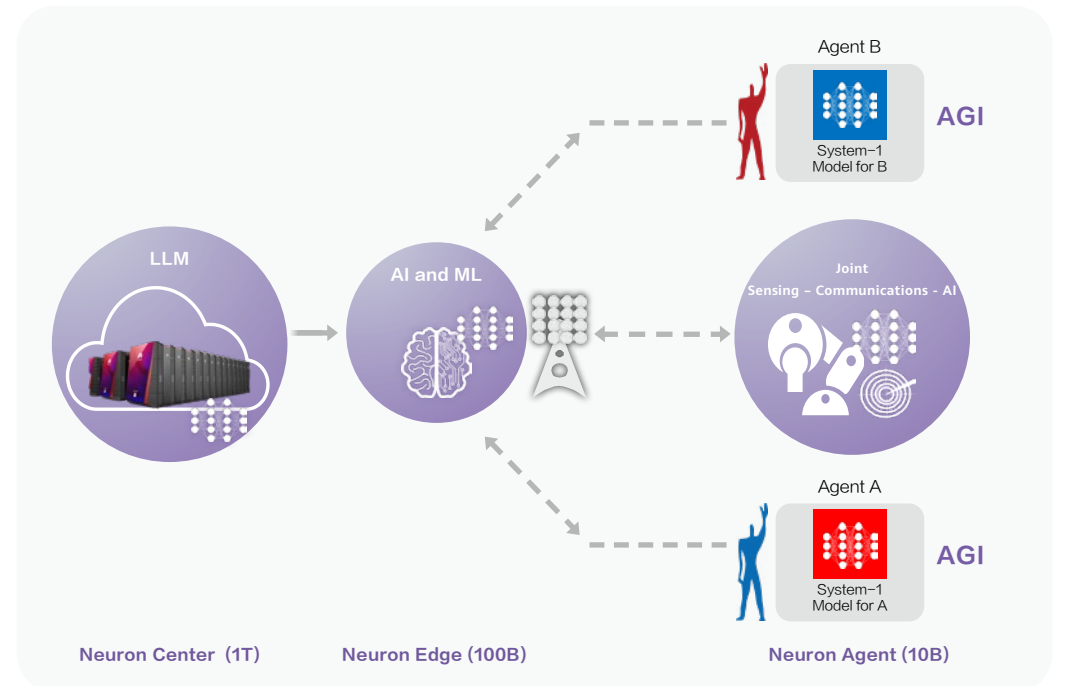


图 8: A-RAN 架构: 通信 -AI- 感知融合的接入网络

本文探讨了未来大模型时代下的 6G 原生 AGI 通信，介绍了

- Connected Intelligence = AGI for 6G + 6G for AGI:
 - AGI for 6G: 后香农通信架构使能的效用通信 (Effectiveness Communication);
 - 6G for AGI: 集 AI 学习、训练、推理为一体的普惠智能神经中枢;
- 通信、感知、AI 融合的 6G A-RAN;
- 基于 Agent 网元构建以任务为中心的 6G A-CORE。

我们认为，6G 的本质是通信 -AI- 感知的融合，成为服务万千 AI-Agent 的神经中枢。T

引文:

- [1] Recommendation ITU-R M.2160-0, Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond.
- [2] Wen Tong and Peiyong Zhu, "6G: The Next Horizon From connected people and things to connected intelligence," Cambridge University Press, May 2021.
- [3] C. E. Shannon and W. Weaver, The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press, 1949.

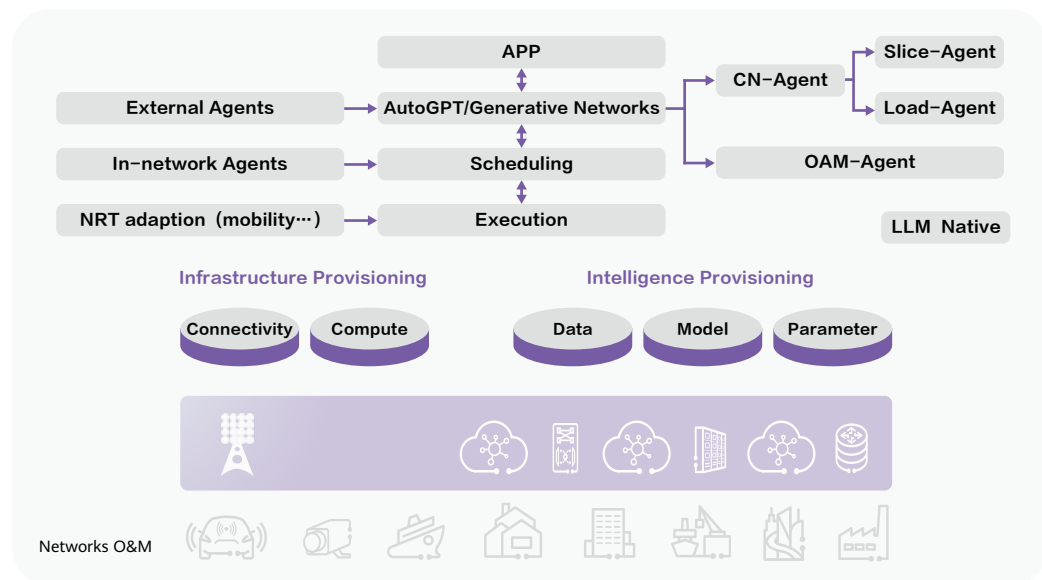


图 9: A-CORE 架构: 以任务为中心的网络架构

FWA精英会

提升用户体验，加速5G变现，促进商业成功

行业支持:



行业伙伴:

4G FWA Forum



欲知更多详情:



科技守护自然

数字技术助力生物多样性保护

