准印证号：（粤B）L011030048

中兴通讯技术 简讯

ZTE TECHNOLOGIES | 第29卷 第5期 · 2025年5月

视点

04 DeepSeek大模型对高阶自智网络的启示和影响

07 从理论到实践：高阶自智网络的技术创新与行业应用

专题：高阶有线自智网络

10 有线自智网络解决方案，助力网络迈向高阶自智

内部资料 免费交流

扫码体验移动阅读

1996年创办
第29卷 总第440期
2025年5月 第5期（月度出版）

中兴通讯技术（简讯）
ZHONGXING TONGXUN JISHU（JIANXUN）

《中兴通讯技术（简讯）》顾问委员会
主　任：刘　健
副主任：方　晖　孙方平　俞义方　张万春
顾　问：柏　钢　董伟杰　胡俊劼　华新海
　　阚　杰　李伟正　刘明明　陆　平
　　唐　雪　王　全　郑　鹏

《中兴通讯技术（简讯）》编辑委员会
主　任：林晓东
副主任：卢　丹
编　委：邓志峰　代岩斌　黄新明　姜永湖
　　孔建华　卢　丹　梁大鹏　刘　爽
　　林晓东　马小松　施　军　夏泽金
　　杨兆江　朱建军

《中兴通讯技术（简讯）》编辑部
总编：林晓东
常务副总编：卢丹
编辑部主任：刘杨
执行主编：方丽
发行：王萍萍

主管：中兴通讯股份有限公司
主办：中兴通讯技术杂志社
出版：《中兴通讯技术（简讯）》编辑部

编辑部地址：深圳市科技南路55号中兴通讯研发大楼
发行部地址：合肥市金寨路329号国轩凯旋大厦12楼
发行部电话：0551-65533356
https://www.zte.com.cn/china/about/magazine

发行范围：国内业务相关单位
印数：5000本

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：2025年5月25日

方晖
中兴通讯高级副总裁，有线产品经营部总裁

高阶自智网络引领行业变革

信息技术，特别是以大模型为代表的人工智能技术使得社会数字化和智能化加速转型，这一转型深刻地改变了人们的生产和生活方式，并正在重塑全球经济结构与社会运作模式。全球经济和社会运作的发展，给作为社会信息基础设施的电信网络提出新的重大的挑战，要求提供高速泛在、天地一体、云网算智融合的新型数字信息基础设施，满足数字经济不同业务对网络的高质量要求、个性化体验。

新型数字信息基础设施的运营运维也需要新的理论、架构、技术，这就是业界共同努力下应运而生的自智网络。在运营商、设备商、标准组织等机构的共同努力下，经过几年的发展，自智网络取得了初步的成果。而近年来以大模型为代表的人工智能技术，以及数字孪生技术的快速发展又为电信网络迈向高阶自智提供了强大的动力，主要体现在：自然语言理解使交互范式发生了巨大改变；多模态生成使各种方案可随用户需要实时生成；智能体（Agent）将人们从原来繁琐的工作中解放出来，只需聚焦工作目标和业务价值；数字孪生使物理网络全息映射、立体可视、高效仿真等，这些技术的有效利用将极大提升电信网络的运营效益、运维效率、客户体验并降低总体成本。

中兴通讯作为新型数字信息基础设施的建设者、自智网络的重要推动者，积极参与自智网络的标准、技术、产品、方案的研究开发，推出有线自智网络解决方案，应用大小模型协同、Agent、数字孪生等关键技术，聚焦网络高价值场景及成效落实，助力运营商实现端到端运维智能闭环。2024年，中兴通讯在有线网络的故障监控、能效优化、家宽业务感知分析等领域都取得了突破性成果，获得了国内外诸多奖项，技术成熟度与商业价值持续获得全球运营商验证。

面向智能网络纵深发展期，中兴通讯将持续强化与运营商及产业伙伴的战略协同，通过关键技术联合攻关与场景化创新，推动自智网络能力向L4级完全自治演进，为全球数字经济高质量发展注入新动能。

目次

中兴通讯技术（简讯）2025年第5期

有线自智网络解决方案，助力网络迈向高阶自智

数字技术的快速发展，特别是AI、大模型、数字孪生的发展带来新业务的不断涌现，使得通信网络的运营运维面临严峻挑战。

10

视点

04 DeepSeek大模型对高阶自智网络的启示和影响
郭慧峰，汤庆坤

07 从理论到实践：高阶自智网络的技术创新与行业应用
欧雪刚

专题：高阶有线自智网络

10 有线自智网络解决方案，助力网络迈向高阶自智
肖红运，薄开涛

14 基于大模型的SPN网络故障极简运维
董凯南，王晓义，洪威

16 数字孪生与智能仿真：通信承载网变更安全性的革命性提升
周晓慧

19 基于数字孪生的多维数字全息地图
王承锋

22 基于AI的PON接入网质量智能分析系统，助力宽带用户体验提升
陆云，范畅，刘健

24 基于AI的家宽业务感知分析
鲁胜虎，高勇，张荣

27 Cloud SPN：大模型下沉到设备
何力，李勤

30 基于意图驱动的OTN网络服务运维高阶自智技术
王大江

32 网元内生智能新型路由器
武利明

成功故事

34 云南移动：数字孪生赋能SPN网络变更
韩吉科

36 浙江移动：大模型运维机器人开启智能运维新篇章
操小明

解决方案

38 通感网络的即时站点勘查和仿真模式
朱永军，任海霞，胡文鹏

40 住宅小区的自智点射规划
朱永军，吴威，孔凡春

中兴通讯荣膺GlobalData IP核心与边缘路由器最高评级 综合评分位列参评厂商榜首

4月，全球领先的综合信息与通信解决方案提供商中兴通讯在国际权威评选中再获殊荣。国际知名电信、软件和IT服务咨询公司GlobalData首次发布《IP核心与边缘路由器竞争格局评估报告》中，中兴通讯高端路由器ZXR10 T8000、ZXR10 M6000-SE、ZXR10 M6000-S、ZXCTN 9000-E系列产品凭借卓越的技术实力与市场表现，荣获最高“Leader”评级，综合评分位列参评厂商榜首。这一成就彰显了中兴通讯在IP核心与边缘路由器领域的卓越创新能力与行业领导地位。

中兴通讯在“网络与业务管理”“弹性”“系统配置及性能”3个关键评估维度排名第一。

2025中兴通讯中国生态合作伙伴大会：数智同兴，共创未来

4月28日，以“数智同兴，共创未来”为主题的2025中兴通讯中国生态合作伙伴大会在福州盛大举行。大会汇聚超1000名核心客户、生态伙伴及行业领袖，重磅发布十余款创新产品与解决方案，签署28项战略合作协议，同伙伴联合发布“星云智能体”，全面展现中兴通讯以“连接+算力”双轮驱动、推动千行百业数智化转型的实践成果。

今年是中兴通讯成立四十周年。中兴通讯总裁徐子阳在致辞中沿历史纵深追溯。他表示，四十年前，中兴通讯靠“一根电话线”连接世界；四十年后，将用“算力网络”编织未来。中兴通讯将继续做数字经济的“筑路者”——用连接铺就发展坦途，用算力点燃创新引擎，还要做生态共赢的“同行者”——以开放胸怀拥抱变革，以协同创新破解难题。

大会重磅发布“成为网络连接和智能算力的领导者，让沟通和信任无处不在”的全新愿景，四十载风雨兼程，中兴通讯携手伙伴穿越周期并将再次踏上数智新征程。

福州市人民政府党组成员、副市长赵明正出席大会并致辞。

中国信息通信研究院副院长魏亮以“面向大模型的自主软硬件生态建设”为主题分享全球大模型算力演进趋势。

中兴AI家庭“四大件”首发，“网算屏体”重塑家庭价值闭环

4月28日，第八届数字中国建设峰会期间，中兴通讯于福州举办AI家庭品牌发布会，首次提出AI时代家庭生活“四大件”，对智能生活必需品进行创新定义。同时，中兴AI家庭“四大件”系列新品也在发布会上相继亮相。

中兴通讯副总裁、有线产品市场总经理胡俊劼对AI家庭“四大件”这一全新概念进行了解读。他提到，AI技术革命打破了既往智慧家庭范式，连接升维、算力协同、交互融合与服务进化四大核心引擎正驱动家庭终端市场迎来从“人找APP”到“APP找人”的代际跃迁，新智能、新场景、新体验亟待解锁。中兴通讯顺势而为，依托超1亿台年家庭终端发货量及对全球亿万家庭的服务基础，将AI家庭产品从网扩展到网、算、屏、体，提供AI家庭网络、AI家庭算力、AI家庭智能屏、AI家庭机器人“四大件”，构建起“感知-计算-交互-执行”的家庭价值闭环。

中兴通讯亮相2025中国移动云智算大会　全栈智算赋能AI普惠

当前，AI技术正以颠覆性力量重塑千行百业。4月9日，2025中国移动云智算大会在苏州启幕。中兴通讯携全栈全场景智算解决方案参展，展示与中国移动在核心硬件、行业应用、AI终端等领域的创新成果，为AI规模化落地提供端到端服务，赋能AI普惠发展。

中兴通讯：AI创新驱动，2025年首季营收同比增长7.8%　第二曲线营收占比超35%

4月22日，中兴通讯发布2025年第一季度报告。报告显示，2025年1—3月，公司实现营业收入329.7亿元，同比增长7.8%；归母净利润24.5亿元；扣非归母净利润19.6亿元；经营性现金流净额18.5亿元。

一季度，中兴通讯积极把握AI在通信基础设施、算力基础设施、AI端侧、行业应用等维度带来的产业发展机遇，在巩固网络业务基本盘的同时，大力拓展智算、AI终端等第二曲线业务，推动公司营收重回增长轨道。其中，第二曲线业务营收占比超35%；政企业务营收同比倍增，占比超20%。公司近年持续推进的从全连接向连接+算力的战略升级，初见成效。

连接领域，中兴通讯通过持续技术创新保持无线、有线主要产品市场地位领先，巩固国内运营商基本盘同时，持续提升海外运营商市场占有率。

算力领域，公司充分把握国内头部互联网公司、运营商、行业公司等加大算力投资的机遇，深化市场拓展，扩大合作规模。一季度服务器及存储营收快速增长，其中智算服务器把握DeepSeek带来的智算需求爆发机会，通过与头部厂商深入合作，智算服务器订货占比超60%。智算一体机产品已全面支持DeepSeek系列模型，在电信、教育、医疗、电力、政务等多个行业及场景应用实践，助力AI在各行业落地。

终端领域，公司积极推动AI端侧应用，强化AI手机和AI家庭布局。面向个人，公司发布新一代小折叠努比亚Flip 2，并率先推出AI Together理念，实现手机产品全尺寸内嵌DeepSeek大模型，同时面向海外推出了nubia Neo3系列游戏手机及多款新品；面向家庭，提供AI家庭网络、AI家庭算力、AI家庭智能屏以及AI家庭机器人“四大件”，推动家庭智能化升级。一季度公司手机产品营收保持增长态势，云电脑产品销售加速。

中兴通讯发布创新与知识产权白皮书

在第25个世界知识产权日到来之际，中兴通讯以“守护创新价值，共创数智未来”为主题，发布《中兴通讯创新与知识产权白皮书》，白皮书系统梳理了中兴通讯40年来的创新历程与知识产权管理体系建设实践成果，全面展现公司在科技发展与知识产权融合实践中的深厚积淀，并明晰未来知识产权战略方向。

《中兴通讯隐私保护白皮书（2025）》发布

4月，中兴通讯股份有限公司发布了2025年隐私保护白皮书，白皮书从隐私保护政策、框架、共建经验及实践四个维度，系统详实地介绍了中兴通讯的隐私保护合规建设成就。

中兴通讯始终高度重视隐私保护，确立了“满足法律要求，防控业务风险，赢得市场信任，共建良好生态”的隐私保护政策，构建了端到端、闭环型、流程化的隐私保护合规体系。

AI双旗舰努比亚Z70S Ultra摄影师版与努比亚平板Pro正式发布

4月28日，努比亚举行AI双旗舰新品发布会，推出努比亚Z70S Ultra摄影师版及努比亚平板Pro两款AI新品。努比亚Z70S Ultra摄影师版以第五代35mm高定光学、全焦段全场景影像、独家真全面屏、Ultra机型最大电池容量、更智能的AI，铸就个性旗舰新标杆。努比亚首款消费级平板——努比亚平板Pro，从游戏、影音、办公等场景出发，打造年轻人的生活方式好搭子。

郭慧峰
中兴通讯有线网络智能化技术总工

汤庆坤
中兴通讯有线AI算法资深专家

DeepSeek大模型对高阶自智网络的启示和影响

高阶自智网络以“零等待、零故障、零接触”为目标，以“自配置-自修复-自优化”为核心闭环，在其实现进程中，有三个关键要求：意图驱动、全域协同、动态演进。意图驱动，网络必须深刻理解用户需求，并自主生成符合实际场景的策略，彻底摆脱对人工预设规则的依赖。这要求系统具备卓越的方案生成能力和复杂情境下的推理能力。全域协同，不仅需要实现横向跨域资源调度和全局状态感知，还要在纵向上构建智能管控与网元间的高效协作能力。尤其在边缘节点部署中，要求更低成本的运行与高效的推理。动态演进，系统要具备持续学习与反思的能力，能够在不断变化的环境中动态调整和优化策略，始终保持最佳状态。

以ChatGPT为代表的大模型在通用领域表现出的智能涌现、复杂问题规划与推理、反思能力，使得大模型技术成为实现高阶自智网络的关键技术。但在垂直行业中大模型推理能力相对薄弱，同时面临高昂的部署成本和较低的推理效率，制约了其在自智网络中的实际落地。

DeepSeek大模型在众多同类产品中脱颖而出，展现出两大显著优势，使其在自智网络应用领域备受瞩目。首先，它彻底打破了对高端硬件的依赖，通过高效的算法优化与模型轻量化设计，使得其在低配置环境下也能实现卓越性能；其次，DeepSeek大模型具备超强的推理能力，而且提供了无须大量昂贵的人工思维链编写，模型依然能够涌现出推理能力的训练方法。

DeepSeek结构训练创新，提效降本，加速自智模型更新

DeepSeek通过MoE（mixture of experts）、MLA（multi-head latent attention）、MTP（multi

以ChatGPT为代表的大模型在通用领域表现出的智能涌现、复杂问题规划与推理、反思能力，使得大模型技术成为实现高阶自智网络的关键技术。

token predict）和FP8混合精度四项核心技术突破，推动大模型效率革命。MoE架构采用动态专家路由机制，通过门控网络智能组合多个专业子模型，在扩展模型容量的同时实现推理时仅激活部分专家，较传统架构大大降低计算开销。MLA创新性地在潜在空间执行多头注意力计算，通过特征维度并行处理将算法复杂度降低，且多维潜在表征显著增强上下文理解能力。MTP技术突破单token预测限制，通过并行输出机制使长序列训练效率提升2.3倍，同时增强语义连贯性。FP8混合精度训练采用8位浮点计算核心，在保持模型稳定性的前提下减少显存占用，配合梯度缩放技术实现训练速度翻倍。

这四大技术协同驱动自智网络升级：

- 大模型迭代周期压缩：MoE通过动态路由与专家模型并行处理以及MTP token并行预测机制压缩长序列训练时间，FP8则降低资源占用，三者协同加速模型迭代进程。
- 推理实时性提升：MoE的专家选择性激活机制与MLA的潜在空间注意力计算分别从模型动态压缩和算法复杂度优化角度突破效率瓶颈，尤其显著改善长序列处理速度。
- 智能化水平提升：MoE的多专家协同架构赋予网络更强的任务适应能力，而MLA的多维潜在注意力机制则深化了上下文理解维度，共同推动自智网络认知能力的进化。
- 部署成本降低：FP8通过内存与算力双重精简降低部署门槛，MoE的动态路由机制则实现计算资源的精准调度，二者合力提升系统能效比，为资源受限场景的大模型应用提供可行性。

DeepSeek蒸馏提效，赋能通信模型，平衡部署成本与性能

模型蒸馏是一种知识转移技术，将大型复杂的教师模型的知识压缩到小型学生模型，使其在保持推理能力的同时减少计算资源和存储需求，降低部署成本。

蒸馏过程如下：

- 教师模型训练：在大量数据上训练一个高性能的大型模型；
- 知识转移：利用教师模型的输出来指导学生模型的训练，而非直接使用真实标签，比如DeepSeek R1生成80万条高质量思维链数据，这些数据不仅包括答案还包括多专家决策的逻辑；
- 学生模型训练：在相同或简化后的数据集上训练学生模型，使其尽可能模仿教师模型的行为；DeepSeek R1在AIME 2024测试中显示

其蒸馏模型在相同任务中仅需1/80的内存即可实现接近原模型70%的性能。

DeepSeek的蒸馏技术实现自智网络的知识迁移和小成本部署：

- 打破知识垄断：蒸馏直接从大尺寸模型中获取思维链，降低对稀缺标注资源的依赖，提升对通信领域模型的训练效率。
- 成本优化：轻量化大模型减少计算和存储需求，便于集成至自动化运维系统，降低人工运维成本。
- 网络效率升级：边缘节点部署轻量模型，缩短响应时延，优化用户体验。
- 安全性增强：边缘设备上的轻量模型可实时检测网络威胁，提高安全响应速度，同时减少数据传输，降低泄露风险。

DeepSeek GRPO强化推理，优化自智决策

DeepSeek提出GRPO（group relative policy optimization）算法优化PPO（proximal policy optimization），以提升数学推理能力。其核心改进包括：

- 取消状态价值估计模型的在线训练，减少训练资源开销；
- 仅对模型在线生成结果进行打分，使用组内相对优势函数代替PPO中的复杂优势函数。

具体来说，GRPO是一种在线强化学习算法，要求模型训练时实时生成答案，而非预先准备。在训练过程中，模型以高温度生成多个答案（形成“一组”），利用reward_model等工具打分，促使模型向高分答案靠拢，远离低分答案。相比传统方法，GRPO更高效，不用额外训练评分模型，直接用群体平均分作基准，还适合特定格式输出任务，能处理不同难度题目奖励差异，通过“组内竞争”让模型自我优化，同时激发了模型自主推理的能力。

大量的事实、经验表明只有高质量的语料才能导向高度的大模型智能。然而高质量的语料要如何定义一直是悬而未决的问题。GRPO算法的成功提供了一个新的思路，即虽然我们可能无法精确地定义什么是高质量语料，但我们可以通过一些方法明确地构建出这样的语料。在自智网络领域，我们首先需要明确大模型要解决哪些问题，并将这些问题转化为适合大模型处理的表达形式，这些问题就是高质量语料的“触发器”；然后在恰当的结果评分之下，高质量的思维链语料是可以大量生产出来的；最后随着模型能力训练的精进，上面的行为可以得到反复强化迭代。

回到高阶自智网络的智能化问题上，我们可以说，评判方式或者说驱动力实际上决定了这一场景下语料的质量。因此，大模型及其衍生出的一系列高级技巧，进一步增加了在这种驱动下实现智能化的可能性。在大模型出现之前，智能化都要依靠规则或者传统神经网络，这些方式尽管在特殊场景可能适用，但缺少一个统一建模。大语言模型的出现和成功表明自然语言也许就是这样一种统一建模。依托统一建模的突破，私域场景正逐步实现从通用能力到私域能力的跃升，并最终迈向特定场景下的高级泛化能力。

但我们也可以明显看到上面论述的不足之处，就是所谓评判方式和驱动力仍然难以量化，并没有解决根本性的问题，GRPO只是提供了我们深刻了解根本性问题之后的处理方式。我们相信，这种模糊之处未来也应该有一种统一建模，从而弥补现实与理想之间的鸿沟。

高阶自智网络要求的自主规划与决策、低成本部署、高效率推理，在DeepSeek大模型创新性技术出现后得到有力支撑，后续超大尺寸模型训练+蒸馏的应用模式将是一种主流方式，将推动高阶自智网络向完全自主，精准应对复杂任务的方向不断演进。ZTE中兴

从理论到实践：高阶自智网络的技术创新与行业应用

欧雪刚
中兴通讯ITN产品规划经理

在数字化浪潮席卷全球的当下，作为信息交互的基石，网络性能与智能化水平成为决定各行业发展速度与深度的关键因素。高阶自智网络应运而生，它融合了前沿的技术理念，旨在实现网络的高度自动化、智能化管理与优化，为各行业带来前所未有的变革。本文将深入剖析高阶自智网络从理论根基到实践应用的全过程，揭示其技术创新的魅力与行业应用的巨大价值。

高阶自智网络理论基础

自智网络，即能够自我管理、自我优化、自我修复以及自我学习的网络系统。在此基础上，高阶自智网络进一步提升了智能化的程度与范围，具备更强大的认知、决策和执行能力。高阶自智网络通过构建端到端的智能闭环，从网络状态感知、数据分析处理、决策制定到执行反馈，形成一个高效且不断进化的循环体系。

高阶自智网络的理论根基深度融合了人工智能、大数据、数字孪生等前沿技术理念。

人工智能技术，特别是机器学习算法，是高阶自智网络的核心驱动力之一。AI大模型通过融入网络运维流程，形成故障管理、隐患管理、网络变更、业务优化、网络优化智能体，极大提升网络运维智能化能力；通过对海量网络数据的学习，机器学习模型能够识别网络中的模式、趋势和异常。AI小模型通过监督学习可用于分类网络流量类型，预测网络故障；通过无监督学习有助于发现潜在的网络行为模式，为网络优化提供依据。深度学习中的神经网络模型，如递归神经网络（RNN）和卷积神经网络（CNN），能够处理复杂的时间序列数据和空间数据，例如预测网络流量的时空变化，精准定位网络故障节点。

高阶自智网络产生的数据量极为庞大，大数据分析技术用于高效处理和挖掘这些数据。通过数据清洗、整合与分析，能够提取有价值的信息，为网络管理决策提供支持。例如，通过分析网络设备的日志数据，可以发现设备的潜在性能问题；对用户行为数据的分析，则有助于优化网络资源分配，提升用户体验。

数字孪生技术是构建高阶自智网络的重要支撑。它通过在虚拟空间构建与物理网络高度映射的数字化模型，实时且精准地反映物理网络的运行状态，并对网络的变化和决策进行仿真验证。在网络规划与优化环节，利用数字孪生模型可对不同的网络部署方案和优化策略进行模拟，全面评估其效果，从而筛选出最优方案，有效降低实际网络建设和优化的成本与风险，提升网络建设与优化的科学性和准确性。

高阶自智网络技术创新

智能运维与故障预测、自适应资源优化、安全智能防护、数字孪生赋能等技术创新促进高阶自智网络的发展。

智能运维与故障预测方面，传输自智网络借助大量传感器和监测点，实现对网络设备及链路状态的实时感知，数据收集涵盖设备温度、CPU使用率、链路带宽占用等多维度信息。基于这些数据，可以运用机器学习算法构建故障预测模型，如长短期记忆网络（LSTM），学习设备历史性能数据，提前预判故障发生概率。一旦预测到故障，系统能自动切换备用设备或调整流量路径，减少业务中断，提升网络可靠性，相比传统运维方式，故障响应速度大幅提高。

自适应资源优化方面，在流量动态调度上，自智网络实时监测流量变化，依据业务优先级和实时需求，利用智能算法灵活分配带宽资源。面对突发高流量业务，迅速调配更多带宽保障服务质量，同时合理调度低优先级业务流量，防止网络拥塞。结合网络功能虚拟化（NFV）技术，实现资源弹性伸缩。当业务负载上升，系统自动增加虚拟网络功能（VNF）实例以提升处理能力；负载降低时，减少实例节省资源，显著提高网络资源利用率，降低运营成本。

安全智能防护方面，利用深度学习算法实时分析网络流量，识别恶意软件、网络攻击等安全威胁。通过构建基于卷积神经网络的入侵检测模型，对网络数据包进行特征提取与分类，精准检测各类入侵行为。一旦发现威胁，系统自动调整安全策略，加强网络访问控制，联动防火墙、入侵防御系统等安全设备，快速响应处置，保障网络安全，抵御日益复杂的网络攻击。

数字孪生技术构建与物理传输网络对应的虚拟模型，实时映射网络设备、链路状态，精准监测运行参数。利用该模型分析历史和实时数据，预测潜在故障，模拟不同故障场景影响，提前规划应对。在网络优化决策方面，模拟不同业务流量下的资源分配，对比策略模拟结果，辅助确定最优资源分配方案。同时，为新技术、新功能研发提供虚拟测试环境，在不影响实际网络运行的情况下测试新算法、新协议，加速网络创新进程，降低创新风险。

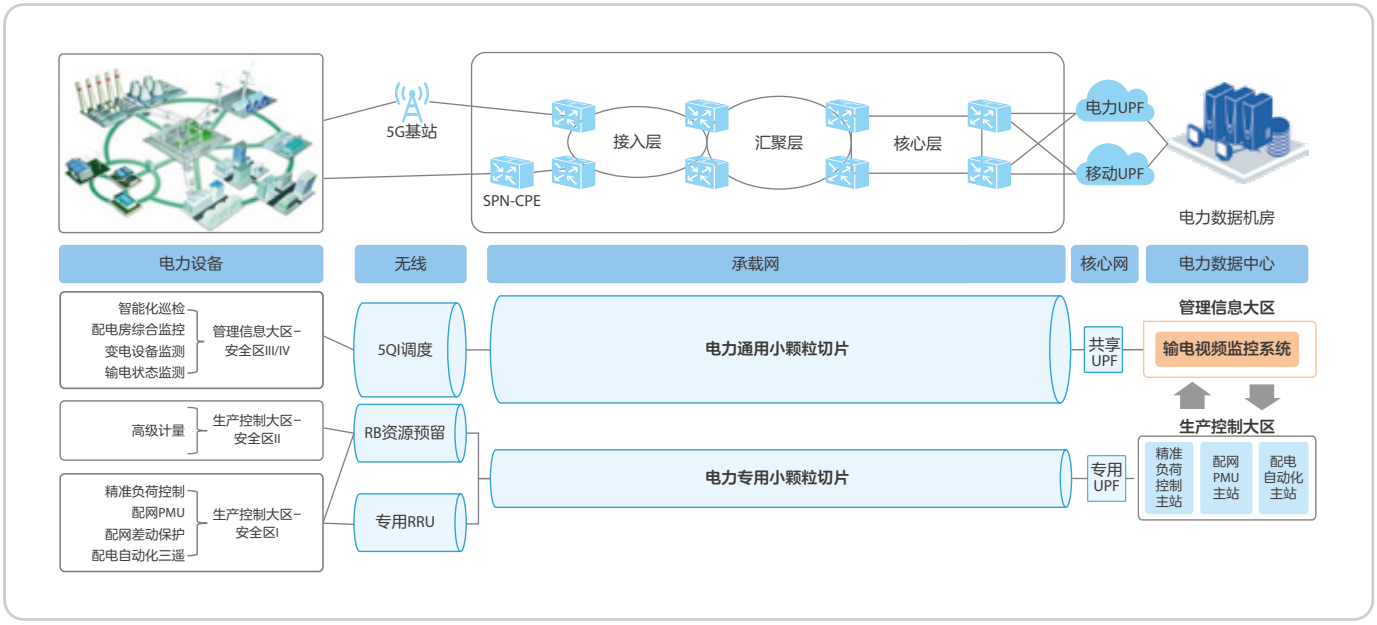
高阶自智网络行业应用

高阶自智网络支撑通信行业、工业物联网行业、医疗行业应用。

通信运营商利用高阶自智网络实现运维自动化，减少人工干预，降低运维成本。通过智能故障预测和自动修复功能，快速解决网络故障，提高网络的可用性。

在中国移动与南方电网的5G虚拟电力智慧专网合作中（见图1），高阶自智网络通过AI驱动的大模型专线运维技术，实现了电力通信网络的智能化闭环管理：动态实时感知设备时延和链路时延，及时优化调整，保证电力生产业务对超低时延要求；同时，运用大模型驱动的思维链诊断能力，高效定位网络故障，使网络故障恢复效率

高阶自智网络凭借其先进的技术理念和强大的技术创新能力，从理论走向实践，在多个行业展现出巨大的应用价值。



▲ 图1 电力切片专网业务图

提升60%，助力虚拟电厂、分布式能源等场景实现“零中断”通信保障。

工业领域的网络安全至关重要，高阶自智网络的安全智能防护功能为智能工厂提供可靠的安全保障。系统实时检测网络中的安全威胁，自动调整安全策略，防止黑客攻击和数据泄露。例如，当检测到有外部非法访问尝试时，自智网络系统立即加强网络边界防护，阻止攻击行为，并对攻击源进行追踪和分析，为后续的安全改进提供依据。

随着远程医疗的普及，对网络的稳定性和低延迟要求越来越高。高阶自智网络技术用于优化远程医疗网络，确保高清视频会诊、远程手术等业务的流畅进行。通过智能流量调度和资源优化，保障远程医疗数据的实时传输，提高医疗服务的质量和效率。

高阶自智网络凭借其先进的技术理念和强大的技术创新能力，从理论走向实践，在多个行业展现出巨大的应用价值。它不仅提升了网络的性能和可靠性，还为各行业的数字化转型提供了有力支撑。随着技术的不断发展和完善，高阶自智网络有望在更多领域得到应用，推动各行业向智能化、高效化方向持续发展，为构建更加智能、便捷的社会网络环境奠定坚实基础。ZTE中兴

有线自智网络解决方案，助力网络迈向高阶自智

肖红运
中兴通讯承载产品方案规划总监

薄开涛
中兴通讯承载管控规划总工

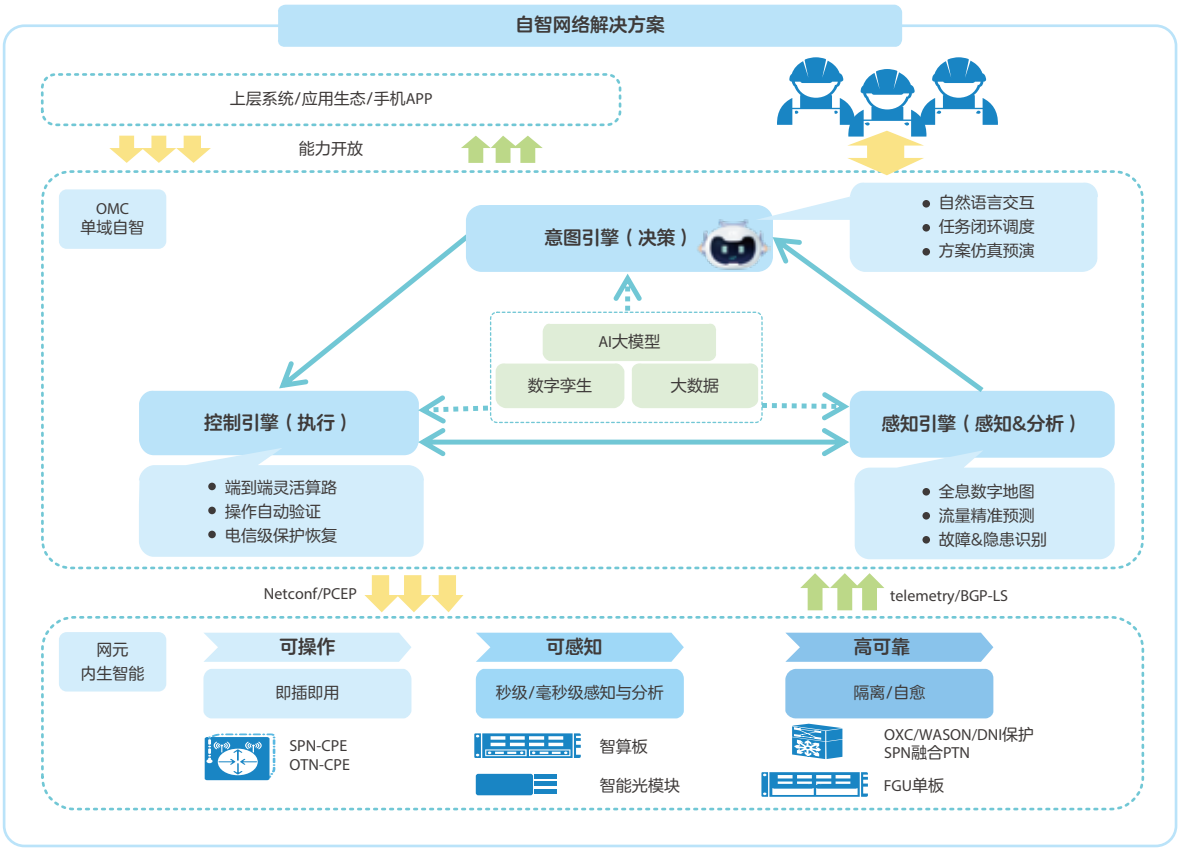
数字技术的快速发展，特别是AI、大模型、数字孪生的发展带来新业务的不断涌现，使得通信网络的运营运维面临严峻挑战。首先是业务多样性服务的挑战，业务量增长数十倍，算力业务、高品质客户业务、视频直播业务等新业务变化快，需求差异大，如何实现各种业务的及时响应，满足用户对业务质量的更高要求；其次是网络效益最大化的挑战，算力等新业务的快速发展给网络资源带来前所未有的压力，如何实现网络自身隐患实时感知、故障自动诊断、敏捷调整、自动修复，如何实时分析资源使用情况，准确预测未来变化，实时优化网络资源，达到网随业动；最后是用户体验的挑战，优质的用户体验是获取用户、保有用户、发展用户的核心因素，而业务快速上线、人机交互高效便捷、网络自修复及自优化等功能都是至关重要的。另一方面，数字技术本身又为解决上述挑战提供了技术动能和崭新的思路。通信业界聚焦到自智网络这一共识下来利用新技术，创建新架构，探索新路径，推动通信网络运维向网络自治演进。有线网络是自智网络的重点之一，是运营商关注的重点领域。

新一代有线自智网络解决方案总体介绍

中兴通讯积极响应客户需求和技术变革，基于近年来对大模型、数字孪生等新技术的研发，推出新一代有线自智网络解决方案（见图1）。

中兴通讯新一代有线自智网络解决方案由作为智慧核心的高阶智能管控系统ZENIC ONE和具有更强大内生智能的设备网络两大部分组成。

ZENIC ONE系统架构主要包括面向有线网络应用的三大应用引擎（意图引擎、控制引擎、感知引擎）和作为技术动能的三大技术引擎（AI大模



◀ 图1 中兴通讯新一代有线自智网络解决方案

型引擎、数字孪生引擎、大数据引擎）。三大应用引擎协作形成一个智能化应用闭环，涵盖网络全生命周期，三大技术引擎为其提供技术支撑。

三大应用引擎中，意图引擎负责用户交互、用户意图理解分析和决策，将用户语音、文字等形式的意图输入转化为网络意图表达模型，并进行方案设计和仿真验证；控制引擎包含网络控制、管理服务，提供端到端业务的快速发放、高可靠的网络变更，支持IP、IPRAN、PTN、SPN、OTN等多种网络；感知引擎通过海量数据的关联分析和深度挖掘来提升网络感知、隐患故障识别、故障定位、网络优化的能力和效率，真正实现面向业务和客户体验的端到端网络质量保证和优化，并基于用户体验持续优化。

三大技术引擎中，大数据引擎负责数据采集、治理、存储与处理、数据服务；AI大模型引擎通过大模型训推工具链、大小模型协同、模型库和智能体框架、多模态交互等提供智能化应用支撑，构建自智网络的智能中枢；数字孪生引擎则实现虚实交互、决策分析与可视化展现；三者密切配合，赋能三大应用引擎，构筑极致体验、极简运维的绿色自智有线网络。

网元内生智能是实现自智网络的基石，通过在网络设备上引入实时感知能力，增强系统的“神经末梢”，包括Inband OAM、TWAMP、NetFlow、性能和告警监视等，能够实时捕获网络、业务运行情况，并通过“神经网络”Telemetry等技术上报给网络的智慧核心ZENIC ONE；通过引入轻量化的AI推理能力，设备不断增强“神经反射”式的内生实时智能，实现毫秒级的网络隐患感知和修复、能耗的智能调节等功能。

方案同时通过数据开放、能力开放，支持上层系统编排厂家能力，推动实现端到端的自动化和智能化运维运营。

方案亮点

中兴通讯新一代有线自智网络解决方案通过一图一板一助手，实现极致体验，通过系列智能体，实现极简运维。

图是指基于数字孪生引擎的全息数字地图，板是指客户定制化的用户看板，助手是指统一入口的AI机器人，作为用户操作的助手。方案通过全息数字地图、看板、AI机器人的高效协同，使用户得到极致体验。

- 全息数字地图，将用户关注的网络拓扑、流量、质量及状态，以及业务状态、流量、质量、路径等六视九维信息，实时、立体、准确地呈现出来，让用户实现全息掌握；
- 定制化的用户看板，将用户关注的各类信息，如网络故障、网络隐患、重保业务等情况，以定制化方式呈现出来，并与全息数字地图实时关联，协同呈现，确保重点可控；
- AI机器人，用户可以只通过一个入口，进行自然语言的快捷交互，包括各种查询、操作，如告警查询、协议配置、故障诊断、网络变更等，提升交互效率和用户体验。

此外，有线自智网络解决方案规划了面向角色的2个Copilot、面向场景的5个Agent的智能体系列应用，使用户实现网络极简运维。

NCO Copilot，实现日常运维的智能化辅助，主要应用于ZENIC ONE客户端；上站运维Copilot，实现设备现场运维的智能化辅助，通过手机APP实现，提高现场运维效率。

面向场景的系列Agent能够根据设定的目标进行从感知、规划、决策到执行自主闭环，实现少人或无人运维。

- 业务优化Agent：实现业务开通、业务质量监测、业务异常定位、业务恢复和优化的全生命周期管理，根据用户意图进行业务开通

2024年中兴通讯与中国移动浙江省公司合作，在SPN网络进行了卓有成效的基于大模型的故障管理Agent方案创新，在现网实现故障自动识别、故障诊断和修复方案自动生成、下站运维APP高效故障修复等功能，使浙江嘉兴移动故障工单下降10%，故障诊断时间减低80%。

和管理，满足不同业务的差异化SLA需求，确保客户的高满意度；

- 故障管理Agent：自动识别网络故障，并由大模型自动生成故障诊断方案，进行自动诊断，推荐故障修复方案，自动修复软性故障或快速上站故障修复，提高故障维护的主动性和效率；
- 隐患管理Agent：自动识别和定位网络隐患，推荐修复方案，自动修复或快速上站修复，防患于未然；
- 网络变更Agent：根据用户意图，由大模型自动生成变更方案并进行变更仿真，自动实现变更动作并全程监控、自动验证和值守，高效可靠；
- 网络优化Agent：根据网络实际流量及预测趋势，按照用户网络优化意图生成优化方案并仿真，无损优化网络，实现网络效益最大化。

通过系列智能体和一图一板一助手工具，用户只要表达了运维意图，网络就会自动完成各项任务，并实时、立体、多维呈现信息，同时，系统能够主动识别网络隐患并自动修复，从而使有线网络实现高阶自智，并通过自学习能力，不断优化，不断演进。

中兴通讯在自智网络实践中积极与合作伙伴创新合作，2024年与中国移动浙江省公司合作，在SPN网络进行了卓有成效的基于大模型的故障管理Agent方案创新，在现网实现故障自动识别、故障诊断和修复方案自动生成、下站运维APP高效故障修复等功能，使浙江嘉兴移动故障工单下降10%，故障诊断时间减低80%。该创新成果荣获TMF催化剂最佳选择奖、ICT中国杰出案例等多个国内外行业大奖。

通信网络正在向高阶自智网络快速迈进，新技术快速迭代，中兴通讯将积极迎接时代浪潮，与运营商和合作伙伴紧密合作，共同推动自智网络的发展。ZTE中兴

基于大模型的SPN网络故障极简运维

董凯南
中兴通讯承载产品规划经理

王晓义
中国移动通信集团浙江有限公司网管中心传输主管

洪威
中国移动通信集团浙江有限公司网管中心传输运维高级工程师

SPN网络作为现代通信业务的关键基础设施，随着5G业务的高速发展，其规模和复杂性不断增加。面对海量业务告警和性能数据，依靠专家经验的传统运维模式在效率和成本方面的问题日益凸显，亟需创新解决方案来提升整体运维水平。大模型技术的问世，为AI应用的商业化提供了理论支撑。为了降低网络运维成本，应用大模型等技术重构网络运维的新范式，已成为SPN网络运维领域的重点攻关方向。

为了有效提升整体故障处理效率，中兴通讯深度剖析工单生成、故障诊断与修复各环节的痛点与堵点，针对性地制定提升方案：利用小模型AI算法提升故障识别准确率，降低一线派单10%以上；利用大模型的编排与调度能力提升故障诊断效率80%；利用数字孪生及手机APP等技术提升线上/线下修复效率；通过大模型精准识别运维意图，提升网管操作效率90%以上，端到端助力网络运维降本增效。

基于神经网络的根告警识别，降低故障派单量

系统对海量告警进行预处理与聚合后，利用小模型AI算法分析根告警，实现告警查全率100%，根告警识别准确率达到90%以上，显著提升派单准确率，实现降低工单量的目标。

在中等规模的地市中，每周告警量可达百万级别。现有的派单系统依赖固定规则关联告警，无法进行全面分析，导致“一障多单”现象频发。系统首先针对原始告警进行高频及工程过滤规则处理，再基于时空关联聚类算法，实现海量告警的专业级自动聚合。最后，通过故障传播图及图神经网络算法分析关联告警，识别出根告警。工单从原来的平均每周500单下降至450单，工单量减少 10%。

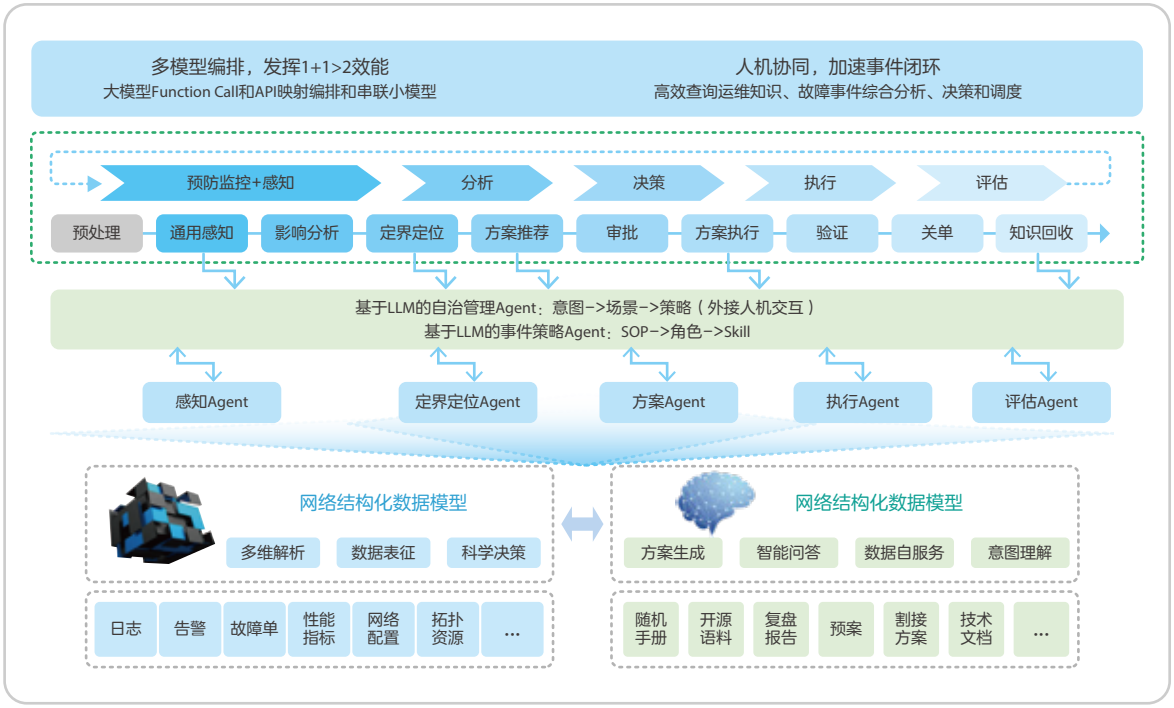
大模型编排故障诊断方案与修复方案，降低诊断时长

在故障诊断阶段，方案进一步利用大模型技术，使诊断方案智能生成并自动调度，故障诊断不再依赖运维人员的经验，诊断效率提升近80%。

传统的故障诊断主要通过人工借助工具完成，平均单个故障诊断耗时30分钟甚至更长，复杂故障场景更是高度依赖运维人员的经验，故障修复及时率难以保障。基于中兴通讯的星云通信大模型强大的自然语言处理和知识推理能力，系统能够精准识别自然语言输入或故障工单描述的故障现象，并生成针对性的诊断方案（见图1）。利用大模型的编排调度能力，系统根据生成的方案形成内部API的调度流程，并根据诊断过程返回的结果生成故障根因，同时推荐修复建议。这种能力使得故障诊断平均时间降低到5分钟以内。同时，基于大模型的持续学习能力，方案能够更好地适应不同的网络环境和故障场景，进一步提升故障诊断的效率和准确性。

手机APP+数字孪生技术实现故障修复全方位提效

方案将故障修复分为网管修复和上站修复



◀ 图1 大小模型协同加速问题处理闭环

两类。

对于可通过OMC操作修复的故障，修复智能体通过解析修复建议，自动转换为对应的网络配置。通过数字孪生系统对这些配置进行仿真分析，根据仿真结果评估故障是否修复以及是否存在其他波及影响。修复智能体根据评估结果决策是否下发配置。全流程无需人工参与，实现从故障识别到修复的端到端闭环运维，大幅降低修复时长。未来，针对这类故障甚至可以不产生工单，OMC直接将故障处置详细报告上报入库即可。

对于需要上站修复的故障，以前上站修复人员需要通过电话等手段与网管代维人员点对点沟通，确定故障位置、修复方法等问题，修复效率受沟通效率影响。本方案将网管部分查询能力移植到手机APP中，使上站人员通过手机APP实时查询相关信息，使得沟通和等待时间从每单至少6次电话沟通耗时1小时左右缩减到15分钟以内。

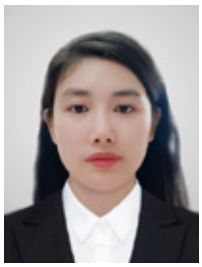
基于自然语言交互，提升网管操作效率

中兴通讯星云通信大模型能够准确理解用户意图，并将其转换为网管内部对应的原子API进行自动调度。大模型技术使网管操作方式从图形用户界面（GUI）向人工智能用户界面（AUI）演进。在日常运维过程中，用户只需通过自然语言输入的方式，快速实现网络信息及配置的增、删、改、查操作，无需学习和记忆网管的具体使用方法与功能入口，从而将网管运维效率提升90%以上。

本方案的第一阶段已在嘉兴移动完成试点。试点期间，SPN网络故障工单量下降近10%，整体MTTR（mean time to repair，平均修复时间）下降近15%。试点数据表明，该方案在工单压降、MTTR优化等方面已产生显著经济效益，其“算法-平台-流程”三位一体的设计理念为电信网络智能化演进提供了可复用的方法论。本实践验证了AI原生架构在网络运维中的巨大潜力，为实现L4级高级自智网络奠定了重要技术基础。

未来，随着大模型持续进化与多模态技术的深度融合，建议进一步拓展技术在网络变更、质量优化等场景的应用，同时加强跨厂商设备的数据治理与能力共享，推动形成行业级智能运维新生态。ZTE中兴

数字孪生与智能仿真：通信承载网变更安全性的革命性提升



周晓慧
中兴通讯有线研发规划经理

通信承载网是数字化社会的核心基础设施，其稳定性直接关系到用户业务体验和社会经济运行。随着5G、AI、云计算等技术的快速发展，承载网规模不断扩大，网络变更（如路由调整、设备升级、光缆割接等）日益频繁，传统“试错式”运维模式已无法满足需求。据统计，全球43%的运营商认为人工配置错误是业务中断的主因，而一次BGP路由配置错误可能导致全网业务瘫痪，造成重大经济损失。

在此背景下，网络变更仿真技术成为保障动网安全的核心手段。通过数字孪生建模和实时流量镜像，运营商能够在变更前精准评估风险，实现从“被动修复”到“主动防御”的转型。本文将系统解析该技术的架构创新、应用成效及未来演进路径。

网络变更仿真技术：从概念到能力体系

网络变更仿真的本质是构建“网络试验场”，通过数字孪生技术在网络实际操作前完成虚拟环境中的全流程验证。其技术能力可概括为三个维度：风险预判、智能调优、闭环管控。

- 风险预判引擎

风险预判引擎基于离散事件建模与形式化验证算法，可模拟链路中断、路由震荡等200余种异常场景，提前72小时预测业务SLA偏离风险。例如在云南移动案例中，系统成功预警某次BGP策略变更可能引发的省际链路拥塞，避免了一次跨省业务中断。

- 智能调优中枢

结合强化学习算法，系统能自动生成变更优化方案。某运营商核心网升级案例显示，AI推荐的时隙分配方案使链路利用率均衡度提升37%，避免局部过载。

- 闭环管控体系

通过Telemetry实现分钟级数据采集，构建“评估执行验证”的闭环。某国际运营商采用该体系后，将变更回退率从15%降至1.2%，显著提升运维效率。

仿真分析主要围绕业务评估和网络健康度评估展开，以精准识别网络变更带来的潜在风险。

业务评估关注业务连续性、保护能力及时延情况，包括业务通断评估、业务保护评估、业务质量评估。

- 业务通断评估：预测基站和专线业务状态，判断是否可能发生降级或中断；
- 业务保护评估：评估MPLS-TP、SRTP隧道等保护的完备性，确保故障发生时有可行的备选路径；
- 业务质量评估：分析时延、丢包等QoS指标，保障用户体验稳定性。

网络健康度评估包括网络均衡度评估、网络可靠度评估、网络拥塞度评估。

- 网络均衡度评估：评估链路利用率，发现可能存在的局部过载或资源浪费问题；
- 网络可靠度评估：识别潜在风险链路及保护策略，降低单点故障风险；
- 网络拥塞度：分析全网链路利用情况，确保数据流转畅通无阻。

技术架构重构：三层模型解析

网络变更仿真的核心在于构建数字孪生体，即通过实时镜像现网状态，模拟变更后的网络行为。其技术架构可分为三个层次：数据层、仿真验证层、孪生服务层（见图1）。

数据层：网络的“数字镜像”

数字孪生数据层通过多维度数据融合，构建与物理网络1:1映射的虚拟实体。

- 全息数据采集：采用BGP-LS协议实现拓扑秒级同步，通过Telemetry采集设备级颗粒度数据（如ASIC缓冲区状态），相较传统SNMP将数据维度扩展10倍；
- 动态建模技术：引入基于SDN的“网络微分段”模型，可将2000节点级网络的仿真延迟控制在500ms内。

仿真验证层：风险的“压力测试舱”

仿真验证层的核心突破在于平衡精度与效率。

- 轻量化并行计算：采用容器化仿真实例，单服务器可并发运行20个独立仿真场景；
- 故障注入库：预置RFC（request for comments）标准中的78种故障模式，支持自定义流量突变模型（如突发直播业务冲击）。

孪生服务层：智能的“网络驾驶舱”

孪生服务层是实现人机协同决策的关键环节。

- 可视化决策看板：提供变更影响热力图，直观显示受影响VIP业务清单；
- 服务下发策略自优化环路：通过应用服务提供服务下发修正策略并在此基础上进行自优化。

应用价值升华：从风险防御到业务赋能

网络变更仿真的价值已超越传统运维范畴，正在全方位重塑运营商的服务能力。

- 构建网络安全的“数字免疫系统”

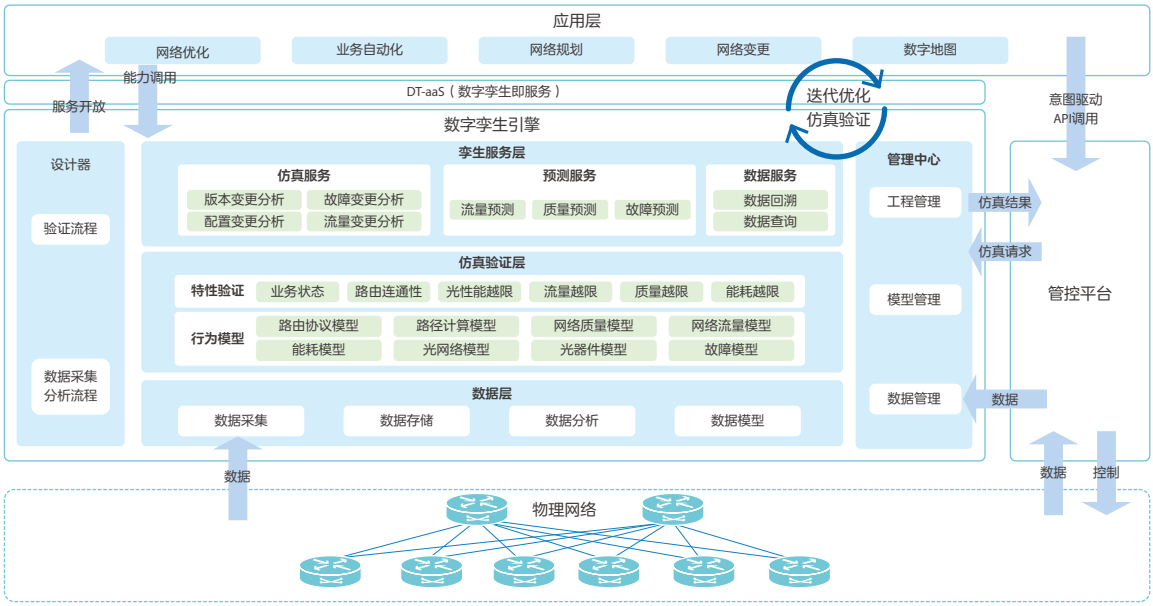
某省级运营商通过仿真平台，在年度重大升级前发现光缆保护组配置缺失，避免全省70%基站退服风险。统计显示，采用仿真验证的变更事件，其故障发生率降低92%。

- 催生“服务感知型”运维模式

江苏省某云服务商将仿真系统与CRM对接，可在变更前预测企业专线SLA变化，实现客户影响预告知，客户投诉率下降65%。

- 加速自智网络演进

中国移动研究院数据显示，结合仿真训练的



◀ 图1 网络变更仿真的三层架构

AI运维模型，其根因分析准确率从初期68%提升至93%，推动自智网络成熟度向L4迈进。

应用实践：网络仿真在数字孪生中的落地

数字孪生技术通过构建物理实体的虚拟映射，结合实时数据与仿真模型，为网络规划、运维优化提供了全新手段。在网络领域，仿真技术已成为数字孪生落地的核心环节，尤其在5G承载网等复杂场景中，其价值日益凸显。以下从SPN网络仿真验证和变更仿真成效两方面，具体分析网络仿真技术的实际应用。

SPN网络的仿真验证

随着5G业务快速发展，承载网面临前所未有的运维挑战。以中国移动SPN（切片分组网络）为例，传统运维方式难以应对光缆割接、设备升级等操作对VIP业务的影响，业务中断风险居高不下。其核心痛点包括：业务影响不可预判，现网拓扑复杂，人工难以评估链路中断对高优先级业务的波及范围；预案有效性不足，依赖历史经验的保障方案可能无法覆盖新型业务场景。

借助数字孪生仿真解决方案，构建与现网1:1镜像的虚拟网络，注入真实业务流量数据，可模拟以下场景：

- 断纤模拟：预测光缆割接导致的业务路径切换及拥塞风险；
- 节点升级验证：测试设备重启或版本更新对时延敏感型业务（如金融专线）的影响；
- 预案优化：基于仿真结果动态调整保护倒换策略，将业务中断概率降低60%以上。

变更仿真的实际成效

网络仿真技术不仅用于风险预判，更在运维变更中发挥关键作用。某省级运营商实践表明，通过数字孪生驱动的仿真验证，网络调整效率与安全性显著提升。

- 运维精准度提升

某次核心网扩容前，仿真发现原方案会导致3条企业专线时延超阈值，经优化后故障率下降82%。通过对比仿真预测与现网实际数据，运维方案匹配度从70%提升至95%。

- 业务保障能力增强

在“东数西算”枢纽节点建设中，提前识别出跨省链路中4条高风险路由，调整后关键业务丢包率降至0.001%以下。结合AI算法，仿真系统可自动推荐最优变更时间窗口，减少63%的割接窗口期投诉。

未来演进：三大融合方向

随着数字化转型进程加速，网络仿真与数字孪生技术正向着更智能、更协同、更高效的方向发展。未来三年，技术融合将呈现三大关键趋势，推动网络运维从“事后处理”迈向“事前预判”，从“局部优化”升级为“全局协同”。

- 数字孪生与6G空口技术的融合

业界正在研究的“无线信道孪生”技术，可提前6个月预测毫米波基站部署对承载网的压力点。

- 云网仿真的深度协同

阿里云最新发布的“云网仿真沙盒”，能模拟东西向流量突发对Underlay的影响，支持多云互联场景的变更验证。

- 量子计算赋能超大规模仿真

量子计算通过量子叠加与并行计算特性，突破传统仿真算力瓶颈，退火算法将复杂网络优化问题求解速度提升百倍级，实现万节点级拓扑秒级仿真。

网络变更仿真技术正从单点工具进化为新型网络基础设施。随着ITU-T数字孪生网络标准的制定，未来五年内或将形成“仿真即服务”的产业生态，最终实现“网络变更零风险”的终极愿景。运营商需要从组织流程、人才结构、技术栈三个维度同步变革，方能充分释放这项技术的革命性潜力。ZTE中兴

基于数字孪生的多维数字全息地图

王承锋
中兴通讯IP网络管控规划总工

随着通信网络规模不断扩大，业务复杂度持续攀升，传统网络管理方式面临数据孤岛、动态响应滞后、故障定位低效等挑战。数字孪生技术通过构建物理网络的虚拟映射，为网络全生命周期管理提供了新思路。基于数字孪生的多维全息地图，不仅实现了网络状态的实时可视化和历史回溯，还支持未来趋势预测与仿真验证，将成为智慧化网络运营的驾驶舱。本文详细介绍了基于数字孪生的网络全息地图，从数字孪生的核心概念和功能出发，探讨了其在网络全息地图中的应用。

网络数字孪生技术与核心能力

网络数字孪生是以数字化方式创建物理网络实体的虚拟孪生体，且可与物理网络实体之间实时交互映射的网络系统。

技术架构

网络数字孪生创建物理网络实体的虚拟孪生体，并与物理网络实体之间实时交互映射。构建物理网络的动态虚拟镜像，其技术架构包括：

- 数据层：构建统一的数据共享仓库作为数字孪生网络的单一事实源，高效存储物理网络的配置、拓扑、状态、日志、用户业务等历史和实时数据，为网络孪生体提供数据支撑，形成“单一事实源”。
- 模型层：提供多种计算模型，如流转发模型、光物理损耗模型。多种模型可灵活组合，仿真、分析和诊断各种网络行为。
- 映射层：基于孪生数据，使用计算模型，通过实时数据同步，将物理网络状态映射至虚拟空间，如流量分布、质量劣化区域。
- 交互层：实现虚拟网络与物理设备的双向控制，网络孪生体采集物理网络的实时信息，并将孪生体的配置变更同步到物理网络。

核心功能

网络数字孪生由三大核心功能组成：网络可视化、镜像网络和预测、网络仿真。

网络可视化功能提供拓扑透视和流量全息展示，使网络结构和流量分布一目了然；基于网络数字孪生的网络可视化就是网络全息可视能力：提供网络静态资源、网络动态流量、质量KPI、网络拓扑、网络协议、网络业务的当前展示和历史回溯。

网络全息可视化具有以下特点：

- 全网一张图：与地理信息系统（GIS）相结合，实现对全网的直观展示。
- 万能搜索和统一的资源管理：提供便捷的搜索功能和统一的资源管理方式，方便用户快速定位和管理网络资源。
- “多层资源”网络及业务资源模型：构建多层次的网络及业务资源模型，满足不同层次的管理需求。
- “多维数据”体系化数据设计：支持多种维度的数据叠加在资源对象上，为网络的多维度分析提供数据基础。
- “多重时刻”数据及框架支撑：涵盖历史回溯、实时监控和趋势预测的数据及框架，实现对网络的全生命周期管理。
- “多种状态”对象与应用结合及状态迁移：支持规划态、孪生态等不同状态的对象与应用的结合，并实现状态的灵活迁移。

- 应用交互：定义哪些应用功能（覆盖规建维优各场景）的业务流程要基于数字地图作为入口实现，并总结归纳交互设计模式，提升用户与数字地图的交互体验。

网络镜像功能则提供历史和当前的镜像数据，形成孪生数据，并基于孪生数据进行未来预测。

镜像网络是实际通信网络的数字镜像，是实际通信网络在数字空间的等价映射，能够记录过去，掌控现在，预测未来，为仿真、分析、预测提供任意时刻的详尽数据。镜像网络具有网络信息完备、历史数据可回溯和未来数据可预测的特点。

网络仿真功能则在孪生数据基础上，模拟网络操作，对网络的瓶颈进行仿真分析，并输出详细的仿真报告，为网络的优化和改进提供科学依据。

数字全息地图解决方案

基于网络数字孪生的服务映射模型，中兴通讯提出了通过网络分层建模和KPI多维全息可视化技术构建的“六视九维”网络数字化全息地图，以支持网络全生命周期的智能可视化运维。“六视九维”网络分层模型是对网络中各种类型数据的层次化建模，实现对通信网络的层次化映像和多维度交互。

分层模型

图1展示了网络数字化全息地图的分层模型。通过分层模型的开放能力和各层级不同模型的灵活组合并结合AI分析等技术，可实现适用于网络全生命周期管理中规划、建设、维护、优化、运营各个阶段的不同网络应用。

物理连接网络层是基于通信物理网络中的基础实体数据建模，网元可包括各种物理或虚拟的网络设备，如路由器、交换机、防火墙、服务器等，系统能基于设备级、板卡级、模块级、接口级多个层次的信息对物理网络层设备网元进行表征。在此信息模型上支持多个维度的可视化，包括网络资源统计、物理网元状态、物理网络流量、网络时延、网络故障信息、物理网络能耗、物理网络质量、网络时间同步信息等。

光通道层是OPS、OTS、OMS和OCH端到端

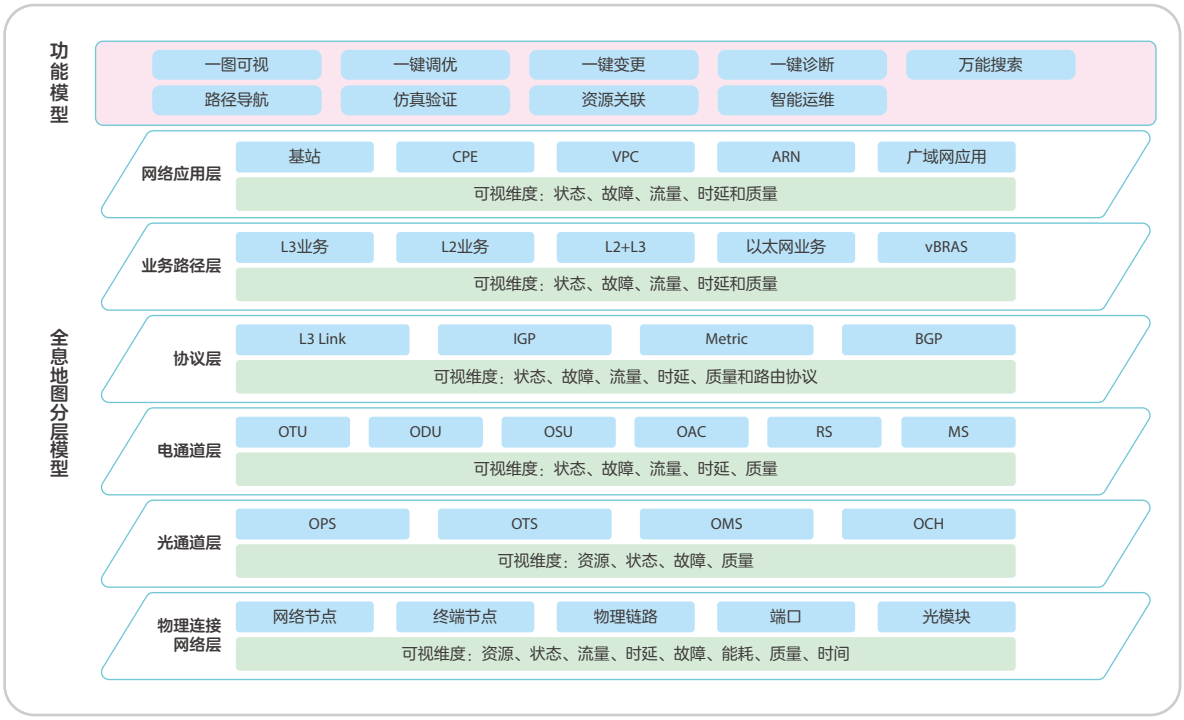


图1 网络数字化全息地图分层模型

路径，并在此信息模型上支持光层资源统计、资源状态监控、光层故障和光层网络质量信息可视。

电通道层是OTU、ODU、OSU、OAC、RS和MS端到端路径，并在此信息模型上支持电层状态、电层故障、流量、时延和电层网络质量信息可视。

协议层包括路由协议相关的信息以及三层协议拓扑，包括二三层逻辑拓扑和切片拓扑，以及相关的协议层属性，比如IGP Metric、BGP Peer等。在此信息模型上支持协议层状态、协议层故障、流量、时延、协议层网络质量信息可视。

业务路径层用于描述L2VPN、L3VPN以及L2+L3业务建模，还包括业务策略。网络路径信息也能描述网络流量从源到目的所经过的转发隧道和路径信息。并在此信息模型上展示业务的状态、业务故障、业务流量、时延和业务质量信息。

网络应用层用于展示面向用户的网络应用信息，包括ARN识别的应用信息、数据中心VPC应用信息、基站应用信息等。从用户体验角度端到端展示应用的状态、故障、时延和应用质量信息。

功能模型

全息地图的功能模型是可对外提供的能力服务模型，包括一图可视、一键调优、一键变更、一键诊断、万能搜索、路径导航、仿真验证、路由分析、网络切片过滤、智能运维。

- 一图可视：网络地图全息一图可视支持多层网络资源分层可视，多层关联可视；在此基础上叠加展示多维数据，而且支持历史数据回溯能力和未来数据的预测能力；拓扑展示实现GIS拓扑多级缩放、自动布局。
- 一键调优：网络路径劣化时，提供快速的网络调优方案，在满足业务意图的基础上实现最优网络调优。
- 一键变更：基于可视化的网络展示进行直观的网络变更，比如链路扩容，并配合仿真能力，提供变更意图验证，实现自行变更下发。
- 一键诊断：在网络可视化故障展示界面，能够快速诊断网络和业务层面的故障，分析故障传播链，快速定位故障根因。
- 万能搜索：提供统一的网络资源搜索定位功能，通过统一入口查询管理范围内的网络资源信息，包括网络资源、协议资源、路径资源、业务资源、网络流量、质量等信息。
- 路径导航：叠加GIS地图，根据GIS信息准确定位到设备所在地点，提供多种选路策略，自动规划业务需要的网络路径，在匹配业务意图的基础上实现最优路径计算。
- 仿真验证：在业务配置发放阶段，通过故障仿真、流量仿真，提前识别人工配置错误，从而拦截潜在的重大网络事故，实现错误配置不入网；并提供高精度仿真服务，模拟网络协议、流量的状态和行为，仿真网络设备的路由表与转发表项，为网络变更风险评估提供真实、客观的基础数据。
- 路由分析，BGP路由采集：基于BMP协议实时获取BGP Peer邻居关系和状态，并针对BGP邻居采集路由，呈现BGP邻居及其路由的统计信息；BGP路由分析可视，针对全量BGP路由和重保BGP路由进行监控。
- 网络切片过滤：在网络切片场景，可以按照切片标识对于网络进行过滤；能够让用户在选定切片网络中进行可视化运维。
- 智能运维：全息地图结合AI机器人，用户可以通过和AI机器人的快速交互，实现网络运维的智能闭环。

基于数字孪生的网络全息地图提供了物理网络多层多维可视的运维模型，可以作为网络规划、建设、维护、优化的数字化底座和可视化载体。数字全息地图为实现网络高阶自智提供了一种创新且高效的解决方案。ZTE中兴

基于AI的PON接入网质量智能分析系统，助力宽带用户体验提升

陆云
中兴通讯FM产品规划经理

范畅
中兴通讯FM产品技术经理

刘健
中兴通讯FM产品资深研发工程师

近年来，随着宽带增值类业务日益增多，用户对带宽的需求越来越高，xPON（无源光网络）技术因其高带宽、抗干扰、易拓展、接入距离长等特点被广泛应用。同时，PON接入网络的质量保障问题也日益突出。如何快速判断、识别PON接入网上的各类质量问题，实现故障根因快速定位和修复，提升网络主动运维能力，保障PON接入网络质量，是当前对宽带网络进行精细化管理，切实提升宽带用户QoE（quality of experience，用户体验质量）水平所必须解决的问题。

PON网络运维挑战

随着宽带用户数的急剧增长，用户体验对后续市场的发展起着决定性作用，而现网中家宽用户的诸多投诉都可能与PON网络质量息息相关。据某省统计，21.5%的宽带用户投诉原因是上网慢，其中约60%的故障是PON接入网段。PON光模块老化、光纤连接头污损、ONU收光弱、流氓ONU等问题，都会导致用户网络不稳定、频繁掉线、网速慢、视频卡顿等，严重影响用户宽带使用体验。

PON接入网段的光链路属于无源网络，主要组成包括OLT PON光模块、主干光纤、1级分光器、分支光纤、2级分光器、入户光纤和ONU设备，故障节点较多，根因定位难，缺乏有效的分析手段。

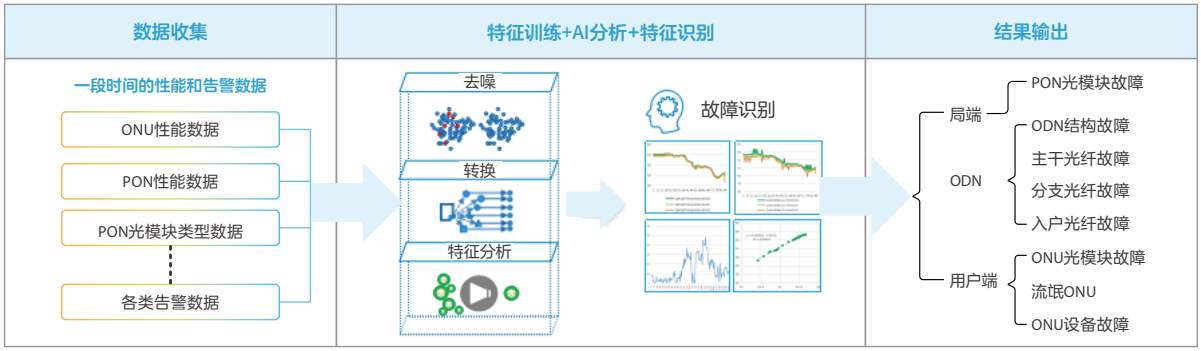
传统运维模式是在用户投诉后，先派单到装维，依靠人工经验定位故障位置，根因定位操作复杂，疑难故障准确定位更慢，此外不同维护子域间还可能互相转派“踢皮球”，导致故障修复时间长（>4小时），维护效率较低，增加了维护成本，用户体验差。

基于AI的PON接入网质量分析系统

为应对PON网络运维挑战，助力运营商宽带用户体验提升，中兴通讯推出基于AI的PON接入网质量分析系统。使用PON接入网质量智能分析功能，不仅可以实现对投诉用户的故障根因快速定位，减少被动派单和检修时间，提升故障的修复效率，还可以实现对PON网络的定期“体检”，筛选出质差的PON光模块、ONU和ODN光链路，主动整治，极大提升网络质量。

PON接入网质量分析系统可以独立部署，也可以集成在PON接入网管中。通过PON网络质量分析系统，可以定期从PON网络获取PON和ONU的基础性能数据和告警数据，通过对这些数据的相关性智能分析，输出有问题的ONU链路，并标注故障根因和故障位置。

PON接入网质量分析系统主要由5个子模块



▲ 图1　基于AI的PON接入网质量分析实现原理

组成：

- 统一采集模块：与OLT对接，负责自动定期采集PON接入网的PON端口性能数据、ONU性能数据，以及PON和ONU的各类告警数据；数据预处理后存入统一数据池。
- 数据池：储存采集到的原始基础性能数据，包括PON和ONU的各类告警数据，并按统一格式存储。
- AI分析模块：包括数据清洗、特征工程、样本学习、知识图谱、算法模型等子模块，可以对输入的源数据进行清洗和特征工程处理，根据知识图谱建立有效的AI算法模型，实现质差ONU链路的识别，输出分析结果；结果包括有故障的ONU及其故障根因和故障位置。
- 报表模块：将AI分析的结果文件定期标准化输出。
- API接口模块：提供API接口，可提供对输入数据的智能分析，输出ONU质量分析结果，若是质差ONU则提供故障根因和故障位置。

算法原理

传统的故障分析依赖于维护人员的经验积累。而机器学习的原理就是模仿人类经验积累的过程，对大量已知故障期间的基础性能数据设计特征工程，采用合适的算法模型进行学习评估，确定最佳算法模型。对于未知故障的某用户的基础数据，通过该算法模型进行评估，就可以判断该用户是否有故障。

基于AI的PON接入网质量分析算法，其原理是针对PON接入网网络组成特点（由PON、ODN、ONU三部分组成），根据PON网络的故障构成，设计了PON光模块、ONU设备、流氓ONU、ODN拓扑结构、ODN光链路质量这5大类算法模型。对于一段时间内的基础数据，包括ONU收发光、PON端收发光、ONU丢包数、定位帧错误数、CRC错误数、ONU BIP错误数等数据，应用知识图谱，针对性地建立分析特征工程，通过学习和训练，建立合适的故障判断模型，策略实现故障根因精确识别和故障定位。可识别的故障根因包括但不限于PON光模块故障、ONU设备故障、ODN分光比过小、PON收光动态范围过大、主干/分支/入户段光纤故障等。质差根因分析的实现原理如图1所示。

PON接入网质量分析系统已在天津移动、福建移动等多地进行部署验证，质差故障判断准确率均在85%以上。系统通过主动识别网络质差和隐患，主动整改，极大提升了网络主动运维能力，支撑了接入网质量保障工作，降低了家宽用户投诉率，提升了用户家宽业务使用满意度，保障了用户宽带使用体验，有助于运营商品牌竞争力提升。ZTE中兴

基于AI的家宽业务感知分析

鲁胜虎
中兴通讯网管软件开发有线资深专家

高勇
中兴通讯AI算法有线资深专家

张荣
中兴通讯应用软件开发有线资深专家

在体验经济时代，家宽品质已成为影响用户选择的关键因素。运营商的核心需求在于围绕用户体验优化运维服务与市场经营，同时深度挖掘网络资源的内外价值。为此，家宽运维正在从传统的“面向网络的运维”向“面向用户业务与用户感知的运维”转型。这一趋势推动了设备厂商开发基于人工智能的固网宽带用户业务体验分析系统，通过端到端的方式检测业务质量与用户感知指标。通过精准评估业务质量并保障用户感知，运营商能够实现用户体验的可控经营，推动家宽业务从技术驱动向体验驱动的全面转型。

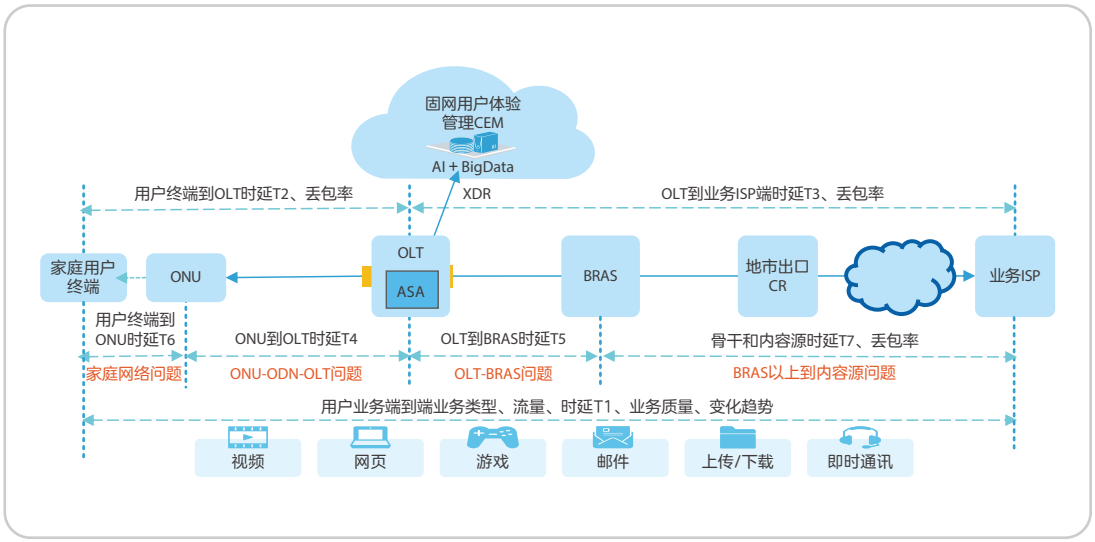
中兴通讯固网家宽业务感知系统，基于ASA（access service analysis）板卡采集网络业务数据、辅助主动IDC网络质量拨测，应用AI分析技术实现用户业务综合体验和质差分析、质差内容源识别、精准营销等功能，从技术产品层面有效支撑运营商体验驱动转型。

基于OLT内置探针的用户业务体验分析系统

中兴通讯固网家宽业务感知系统通过在OLT C600设备中增加业务分析智能板ASA，实现基于用户实际网络业务的KPI采集分析，并能够针对单次网络业务进行体验评估，同时支持基于拨测的IDC网络质量分析。ASA板数据采集原理如图1所示。

基于用户实际网络业务的KPI采集分析

整个系统方案基于用户实际业务，通过多维度数据分析解决感知质差识别定位问题。ASA基



▲ 图1 ASA板数据采集原理

于用户的每一次实际业务行为，识别并计算基础指标然后发送给后台大数据系统，由大数据系统再进行指标合成，根据用户感知模型计算用户各业务和总体感知得分；并根据时间维度（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）。

单次网络业务体验评估

主流APP在技术实现上存在显著差异（如通信协议、性能优化方法），系统对主流APP的卡顿精准检测基于APP的实现技术来进行算法设计，智能板通过持续分析主流APP的数据报文特征并结合业务特点，对业务卡顿情况进行识别。当前系统识别的主流APP包括爱奇艺、优酷、腾讯、抖音、快手、王者荣耀、和平精英、钉钉、腾讯会议等。

针对视频业务，非加密视频业务感知，通过元数据提取报文载荷中的码率、分辨率、播放时长等关键信息，通过算法计算QoE指标；加密视频业务感知，报文全面加密，无法从报文载荷中直接获取指标信息，通过嗅探出报文长度、时间间隔、上下行等弱特征，使用AI算法建立卡顿识别模型。

针对游戏业务，王者荣耀是典型的帧同步MOBA游戏，通过帧数来检测卡顿；游戏过程中会定时发送时延探测报文，通过该报文时延计算UDP时延。

针对会议业务，钉钉视频会议基于WebRTC框架开发，使用TURN+DTLS+SRTP+SRTCP协议传输，通过检测RTCP-Picture Loss Indication消息，判断卡顿发生与否。

对于非主流APP，拨测环境记录APP卡慢发生时对应的时延、重传等数据特征，根据智能板上报的时延、抖动、丢包、速率等数据特征，进行卡慢拟合判断。

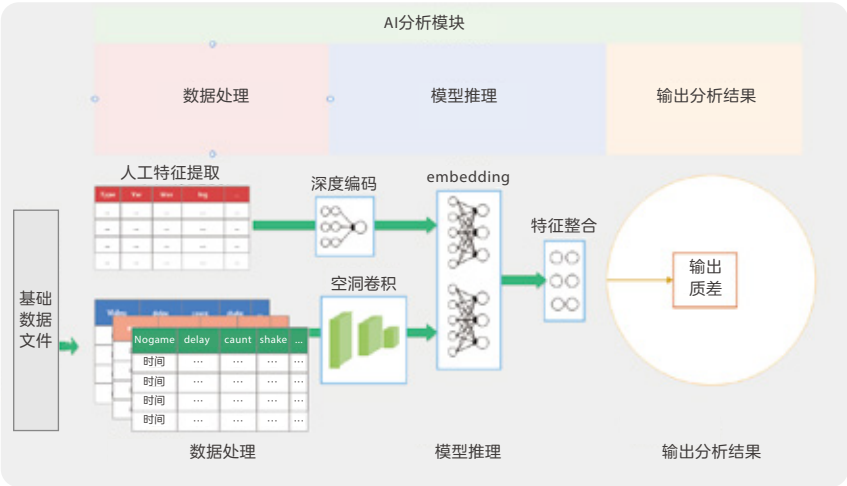
基于拨测的IDC网络质量分析

IDC中心内部署一个拨测服务端软件，ASA上部署拨测客户端软件，该客户端定期向各拨测服务端发起HTTP请求，拨测服务端响应该请求，下发1MB报文，客户端接收，即结束此次拨测。ASA分析每次拨测业务的时延、重传率等指标，形成一个从ASA到各IDC中心的网络时延、重传率等参考指标体系。家宽业务感知系统对IDC机房建立健康模型和异常模型，拨测结果与各IDC实际业务的时延、重传率等指标对比，协同判断质差为IDC机房网络问题还是业务节点问题。

基于AI的应用分析功能实现

在AI应用技术路线上，固网家宽业务感知系统采用半监督、无监督等预研方法，解决了数据质量不高和样本分类困难问题（见图2）。

- 数据处理：人工特征提取，提取用户某个指标进行方差、均值等经验证有效的特征；卷积特征组合，输入卷积的特征组成三维矩阵，三个维度分别为业务维度（网页、视频、游戏、通用流量等）、时间维度、指标维度（取多个常用关键指标）。
- 模型推理：对人工特征进行dense编码；对卷积特征进行多层空洞卷积；将两个编码后特征进行合并，期待模型既可以学习到未知的特征形式，又可以兼容已知有效的特征。



▲ 图2 AI质差识别方法

分析系统围绕营销生命周期，结合标签特征及画像分析，深入运营商行业的大数据精准营销领域，高效定位用户所处阶段，确定营销目标，提供家庭终端运营和高价值客户挖掘功能。

通过AI业务感知分析方法，中兴通讯固网家宽业务感知系统实现了用户综合体验和质差分析，以及质差内容源识别，并可实现对用户的精准画像，支撑运营商精准营销。

用户综合体验和质差分析

家宽上网质量是影响客户满意度的关键因素之一，网络指标与客户的主观感知存在差异，不同用户、不同业务、不同时间有不同网络体验要求，导致用户体验难以精准评估，综合体验判别充满挑战。中兴通讯固网家宽业务感知系统，基于上述AI业务感知分析方法，汇聚用户上网数据，综合分析用户每次网络业务体验，可以准确输出用户网络体验感知得分，针对低分质差用户输出根因分析结果，高效指定运维人员上门整改质差问题。

质差内容源识别

基于上述业务感知分析方法，根据内容源的不同，如抖音、腾讯、淘宝、今日头条等，汇聚所有访问这一内容源的所有上行网络流量业务指标数据，生成与内容源相关联的质量指标。同时，汇聚内容源下所有服务器的上行网络流量业务指标数据，生成与内容源服务器相关联的质量指标。在汇聚生成的指标中，包括时延、抖动、丢包、服务器响应时延等。基于实验室模拟与外场局点统计识别出的质差特征，周期性地生成质差内容源和质差服务器报表。通过这些精细详尽的分析和评估，运营商可以更好地了解不同内容源和服务器的性能表现，为用户提供更加优质的网络体验。

精准营销支撑

分析系统围绕营销生命周期，结合标签特征及画像分析，深入运营商行业的大数据精准营销领域，高效定位用户所处阶段，确定营销目标，提供家庭终端运营和高价值客户挖掘功能。基于中兴通讯VMAX、TCF等平台底座，实现营销标签和画像模型，打造基础应用底座+模型的运营商行业大数据分析类应用。基于营销触点，围绕营销活动、用户场景，构建运营闭环，灵活地根据用户画像、特征标签进行千人多面的智能化人群包推荐。不断完善的标签体系和营销分析模型逐步丰富各营销场景所需的数据，多角度丰盈用户画像，从而使用户画像更加立体，形成正向循环。

互联网时代用户至上、体验为王，中兴通讯家宽业务感知分析系统，从网络基本原理出发，基于用户实际业务，通过智能融合感知质差判定规则与前沿AI算法，迭代外呼验证算法模型持续改进，显著提升网络质量感知计算准确率，实现精准营销高效支撑。相较于传统算法，新算法提升准确率超10%，有力推动了产品质差分析功能在中国电信和中国移动多个局点的应用。产品帮助运营商实现家宽端到端业务感知分析，实现用户体验的可控经营，提升运营商家宽业务核心竞争力。ZTE中兴

Cloud SPN：大模型下沉到设备

何力
中兴通讯有线网络预研技术总工

李勤
中国移动研究院高级工程师

随着信息技术的飞速发展，通信网络面临前所未有的数据流量增长和复杂的应用场景，传统架构已显不足。人工智能特别是大型语言模型的突破为解决这些难题带来希望，但其巨大的资源消耗限制了在网络设备中的直接部署。轻量化大模型的出现，通过技术手段降低资源需求，为在网络边缘侧部署复杂AI功能开辟了道路。通信行业正积极探索AI应用，将轻量化大模型部署到网络边缘，实现智能从云端向边缘的转移，从而降低延迟、提高效率并增强实时决策能力，以提升效率、降低成本并改善用户体验。中国移动推出的通感算融合的Cloud SPN就是这个方向的尝试，通过在边缘CPE设备上集成通感算平台，中国移动意图利用其专线布局寻求业务的创新。

技术发展分析

近年来，半导体技术的持续进步显著提升了网络边缘设备的计算能力。各种类型的处理器性能都在不断提升，功耗也在逐步降低。这种计算能力的提升，为在网络设备上部署计算较大规模的AI模型提供了基础。

在资源受限的通信网络设备上高效部署大型AI模型，得益于模型压缩与优化技术的成熟，在确保性能的同时，显著降低计算资源、内存及能耗需求。

大模型推理效率是关键。嵌入式设备的推理侧重于在有限算力下，提升推理速度、降低延迟、优化资源利用率，并适配受限硬件环境。在实时响应应用（如智能对话、搜索）中，推理延迟直接影响用户体验，边缘部署场景对推理吞吐量和能耗优化也提出更高要求。

针对这些挑战，学术界与工业界提出了多层级推理加速方案，涵盖算法优化（模型量化、剪枝、知识蒸馏）、软件优化（高效推理引擎、编译器优化）及硬件加速（专用AI加速器、异构计算）。同时，Ollama、vLLM、LMDeploy、llama.cpp、TensorRT-LLM、kTransformers、FastLLM等开源框架相继涌现，为不同应用场景和硬件平台提供了高效的推理优化选择。

轻量化大模型推理的挑战

在实际应用中，大模型的推理成本和响应时间是影响其商业化落地的关键因素。随着模型参数规模的增长，如何在通感算有限的硬件资源条件下加速推理过程，提升响应速度，并优化计算成本，已成为研究的主要方向。大模型推理的主要挑战可以归纳为以下几点：算力、内存和功耗，延迟与吞吐量的权衡，复杂任务的推理成本，以及本地推理加速。

算力、内存和功耗的挑战

大模型推理的计算资源和存储能力受到极大限制，而当前大规模语言模型（LLM）通常拥有数十亿甚至上百亿的参数，对计算和内存的需求远超嵌入式边缘设备的负载能力。

通过蒸馏获得轻量化的小参数大模型，在通感算边缘计算环境中，算力硬件通常还是会受到

硬件规模、内存的约束，导致模型推理面临以下问题：

- 算力不足导致推理延迟高：即使优化后的小型模型，在端侧推理时间仍可能需要数十秒甚至分钟级别，远超实时交互需求；
- 长序列推理带来的额外存储开销：边缘设备在处理长文本、多模态输入时，需要更大的缓存；
- 功耗方向的考虑：不仅要考虑模型的参数量和计算复杂度，还需要关注模型的能效比，硬件平台也需要采用低功耗的设计，并在推理过程中考虑动态功耗管理。

延迟与吞吐量的权衡

在大模型推理过程中，延迟和吞吐量是两个关键的性能指标，但他们往往相互制约。延迟决定了用户请求的响应速度，直接影响交互体验，而吞吐量则衡量系统在单位时间内能够处理的请求数量，决定了推理系统的整体效率和成本。高吞吐量通常需要批量化处理多个请求，而低延迟要求单个请求尽快完成推理，在有限资源条件下，这两者的平衡成为通感算平台大模型推理优化的核心挑战之一。

复杂任务的推理成本增加

轻量化大模型的应用已从传统的NLP任务拓展到多模态任务，包括图像生成、视频理解、音频处理等。同时大模型在复杂推理任务（如代码生成、数学推理、科学计算等）上的能力不断提升。这些扩展增强了模型能力，但也带来了更高的推理成本。多模态大模型需要同时处理文本、图像、音频等不同类型的数据，导致计算量大幅增加：处理图像时，Transformer需要对每个像素块进行嵌入计算，计算复杂度远高于文本处理；处理视频时，模型需要解析每一帧的特征信息，数据规模大幅膨胀，推理计算量远超传统NLP任务。思维链推理涉及长推理路径，每一步都需要进行逻辑推理，导致推理时间成倍增加。

本地推理加速的优化方法

大模型推理的核心瓶颈主要集中在Attention计算的高复杂度和自回归解码的顺序性这两个方面，优化技术都围绕着如何减少计算量和提高计算并行度展开。因而推理加速技术分为两大类：计算加速，通过优化算法和提高硬件利用率，使模型“算得更快”，而不影响模型的输出质量；模型压缩，通过修改模型结构，减少计算量或降低计算精度，使模型“算得更少”，但可能会影响推理精度。

在模型结构固定的情况下，当前通感算优化方向主要是：

- 减少需要执行的指令数量，即减少不必要的或重复的运算。
- 充分利用硬件的并发度，单条指令可以一次处理多条数据，或利用CPU和GPU的多核心机制，同时执行多条指令。
- 加速内存IO速度。利用缓存局部性加速内存读取指令的执行速度，或者减少不必要的内存读写。

通感算融合的优势

内置算力与通信网络的融合，为轻量化大模型推理带来了诸多显著的优势。

- 更靠近数据源的边缘计算，降低推理延迟

传统的推理模式通常是将数据传输到远端的云服务器进行计算。然而，许多通感算应用场景（如工业质检、智能安防）对延迟非常敏感。通过在通信设备内部署轻量化大模型或其部分模块，可以直接在数据产生的边缘侧进行推理，无需将大量数据传输到云端，从而大幅降低了推理延迟，提升了响应速度，满足实时交互的需求。例如，一个内置AI芯片的CPE设备可以直接对摄像头采集的视频流进行目标检测和识别，并将结

将轻量化大模型部署到通信网络设备中，可充分利用现有网络投资和布局优势，通过提升网络智能化，赋能边缘计算和物联网，创新用户服务体验，开辟新的商业模式。

果实时反馈，避免了将视频数据上传到云端带来的延迟。

- 减轻骨干网络压力，提高网络效率

将部分推理任务卸载到边缘侧的通信设备上，可以减少需要传输到数据中心的原始数据量。例如，在智能办公场景中，园区CPE可以内置轻量级语音识别模型，仅将识别结果上传到云端进行更复杂的语义理解，而不是上传原始音频流，从而降低了骨干网络的带宽压力，提高了整体网络效率。

- 保护用户隐私和数据安全

在边缘侧进行数据处理和推理，可以减少敏感数据离开本地设备的风险，从而更好地保护用户隐私和数据安全。例如，在医疗健康领域，本地网关可以内置轻量级健康监测模型，在本地完成初步的健康评估，仅在必要时将结果上传到云端，避免了将用户的原始健康数据直接暴露在公共网络中。

- 实现更灵活和可定制化的服务

通信设备内置的算力可以支持更灵活和可定制化的服务部署。运营商或服务提供商可以根据不同区域、不同用户的需求，在特定通信设备上部署定制化的轻量化大模型，提供更精准和个性化的服务。例如，在工业园区，可以在园区的CPE上部署特定的缺陷检测模型，为园区内的企业提供定制化的智能质检服务。

- 提升网络的智能化水平

通信设备内置的算力不仅可以用于支撑上层应用的推理，还可以用于提升网络自身的智能化水平。例如，CPE可以利用内置的AI模型进行智能化的资源调度、故障预测和网络优化，提高网络的性能和可靠性，从而为上层轻量化大模型的推理提供更稳定的网络环境。

- 支持分布式推理和联邦学习

一些复杂的推理任务可能需要多个边缘设备协同完成。通信网络可以将这些内置算力的设备连接起来，形成一个分布式的推理网络。此外，利用通信网络的广播和多播能力，可以方便地进行联邦学习，让大量的边缘设备在本地训练模型，并将训练结果聚合到中心服务器，从而在保护数据隐私的同时，提升模型的整体性能。

将轻量化大模型部署到通信网络设备中，可充分利用现有网络投资和布局优势，通过提升网络智能化，赋能边缘计算和物联网，创新用户服务体验，开辟新的商业模式。虽然面临模型性能与资源消耗平衡、数据安全隐私、标准化互操作性以及人才生态建设等挑战，但随着算法、硬件和软件的持续进步，设备端AI将更加强大高效。以AI为核心的网络有加速趋势，标准化有望突破，电信AI生态系统逐渐壮大。轻量化大模型可能成为未来智能、自主、超连接通信网络的枢纽。通过积极应对挑战，营造协作创新环境，电信行业可充分释放其潜力，从而构建更高效、安全、以用户为中心的网络，推动社会经济的发展。ZTE中兴

基于意图驱动的OTN网络服务运维高阶自智技术

王大江
中兴通讯智能光网络产品规划经理

作为算力网、5G-A、互联网等网络应用的底座，OTN光网络部署规模不断扩大，网络服务层次、网元设备结构、组网结构日趋复杂，OTN网络运营、运维难度也与日俱增，成本不断提升。其中，对OTN网络服务的开通与维持，是OTN网络管控系统聚焦的主要场景和功能，当前面临着以下问题和痛点：参数输入数量多且配置组合复杂、用户网络开通体验不理想、通用开通能力低、开通时间长、服务维持处理滞后。

在上述背景下，中兴通讯推出有线自智网络综合解决方案，针对“OTN网络服务开通与维持”这一高价值场景，该综合方案提出了将OTN网络管控体系逐步转型到依托数字孪生、AI大/小模型技术应用于一体的基于意图驱动的光网络，即IBON（intent based optical network）技术理念与方案，并在此基础上推动OTN网络服务走向完整生命周期的自动化生态体系建设。

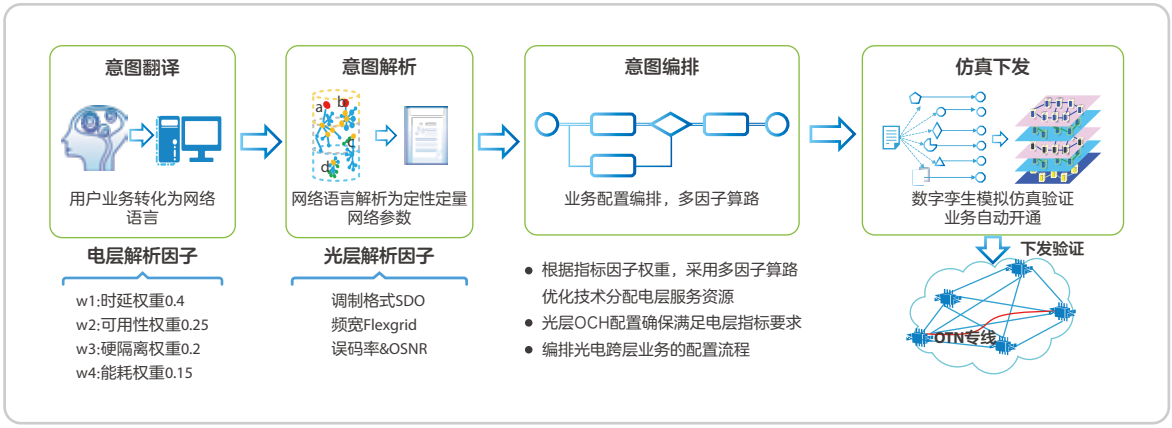
IBON意图光网络

在IBON意图光网络中，意图指的是用户网络服务的预期目标，即用户想要网络服务所达到的某种状态。意图网络将这些预期目标解析并转化成网络服务编排策略，策略编排无误后就可以下发配置到网络设备，并实时监测网络设备的状态，不断校验和优化意图网络服务编排策略，从而满足数字化时代对用户OTN网络服务领悟与认知的敏捷性要求。

以满足用户对OTN网络服务意图预期为目标的IBON架构，主要包括以下几部分子系统：意图引擎、数字孪生引擎、AI大模型引擎、控制引擎。

- 通过意图引擎实现对OTN网络服务的用户意图解析，并转化为对网络服务占用资源的编排策略；根据数字孪生引擎分析结果实时调整优化网络服务编排策略，确保对用户意图承诺跨越整个服务生命周期。
- 通过数字孪生引擎分析当前OTN网络资源、性能状态，为OTN网络服务的开通提供资源可用性分析；对已开通的OTN网络服务进行实时性能分析与优化仿真，以判断当前的网络服务性能要求是否满足对用户的意图承诺、优化待实施的网络服务编排策略是否满足对用户的意图承诺。
- 通过AI大模型引擎、大数据引擎为意图引擎、数字孪生引擎提供大脑基座、算法工具支撑。
- 控制引擎继承传统OTN管控系统，根据意图引擎输出的网络服务编排策略完成对OTN网络服务占用资源/性能的配置和调优。

通过上述IBON架构，赋能OTN网络运维自智、实现OTN网络服务敏捷开通，最大限度地满足用户对OTN网络服务的运维、使用意图，提升用户体验。



▲ 图1 基于IBON的OTN网络专线服务开通方案

OTN网络专线服务开通方案关键技术

图1描述了基于IBON的OTN网络专线服务开通方案，涉及到的IBON关键技术包括意图解析、意图编排、意图仿真等。

意图解析技术

目前IBON的首要关键技术在于领悟和解析来自服务运营层的对OTN网络服务的资源意图要求，并根据解析获得的信息为OTN网络服务编排、配置所需要的网络资源，从而满足服务运营层对OTN网络服务开通、运营的意图要求。以OTN政企专线（包括EOO/EOS/Client等）服务意图开通为例，可结合待开通OTN专线的用户SLA等级、应用场景、偏好、习惯，以及基本的开通输入内容（如专线源宿节点、严格约束等）等意图信息，采用大模型（如Transformer）等技术，围绕专线资源、性能指标等进行意图解析，将用户专线开通意图解析成各指标优化权重的形式。

意图编排技术

根据各指标优化权重，采用DRL等优化算法编排OTN网络服务开通运营所需要的网络资源，量化对OTN专线服务的意图满足度，最终获得满足用户网络服务意图的各指标综合优化结果。典型OTN网络服务性能指标包括：政企OTN专线包括带宽、硬隔离、时延、可用率、路由代价、路由约束满足度、生存性等指标；ODU业务包括误码率、ODU时钟抖动、ODU时延抖动等指标；光层通道的包括光功、光衰、OSNR、谱效等指标。

意图仿真技术

IBON的意图仿真技术涉及数字孪生引擎的应用。在IBON技术架构中，数字孪生引擎结合大数据引擎主要用来分析待开通、已开通网络服务的资源占用、性能变化是否满足用户意图要求，并及时评估仿真待实施的OTN网络服务编排策略，确保满足用户意图承诺。

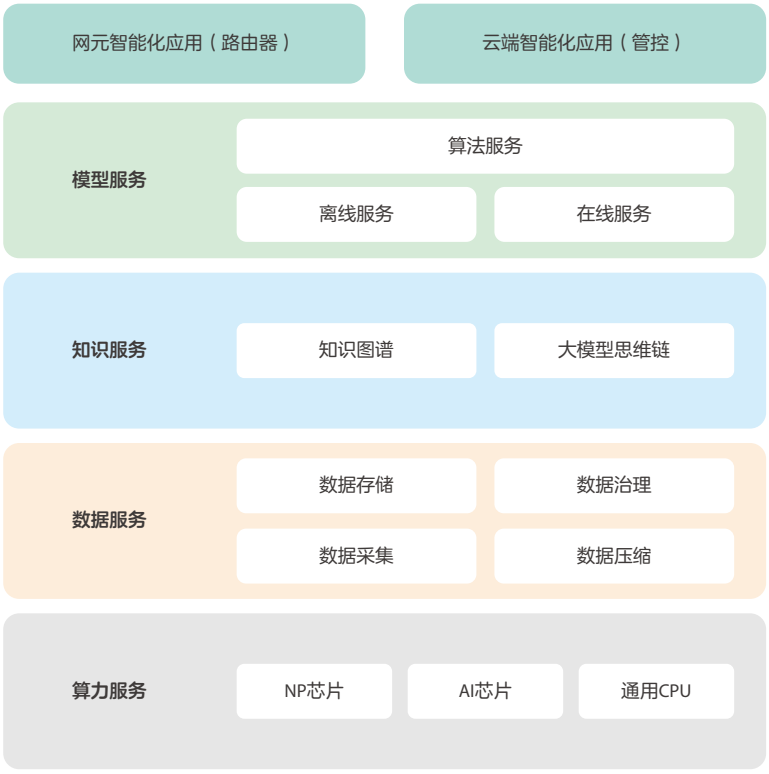
IBON技术已成为实现OTN网络服务运维迈向高阶自智的基本途径，特别是随着近年来大模型智能体技术的发展，以大模型为基座的OTN网络服务运维智能体将成为IBON技术的实现形态：通过智能体大模型基座可更加准确地理解用户网络服务意图预期；通过智能体大模型基座的思维链（CoT）和问题分解等能力，可推理规划出更加合理的OTN网络服务编排策略；数字孪生引擎将成为供智能体使用的网络分析工具，通过大模型基座的调度，将更加灵活地实时感知OTN网络服务资源使用与性能等变化，以确保智能体对OTN网络服务的监控与调优。ZTE中兴

网元内生智能新型路由器

武利明
中兴通讯数据产品资深系统工程师

通信网络向智能化方向快速演进，AI与IP网络演进将深度共生、相互赋能。AI为IP网络高阶智能化演进提供了关键技术基础，而AI智算互联对IP网络能力提出了更高要求，驱动IP网络向如下几个方向发展：

- 超大带宽：大带宽+广域无损，大容量数据中心间互联；
- 超低时延：一跳直达，低时延入推理池；
- 高可靠：异常流量自动识别、自动故障自愈；
- 高阶智能化：通过AI技术提升网络/网元自主分析决策能力。



▲ 图1 网元（路由器）高阶智能化架构

具备内生智能的新型路由器成为实现网络全面智能化的重要元素。网元内生智能与网络智能协同，实现网络智能的整体闭环，在如下几个方向实现高阶网元智能化：

- 运维提智：基于故障知识图谱与AI算法模型，实现全流程故障定界定位，解决故障定位慢、准确度低的问题；
- 连接智连：主动监控网络流量模型，深度解析应用特性，通过流量建模与自适应的参数优化，实现吞吐、时延、FCT（flow completion time）全面最优；
- 安全提智：智能DDOS攻击检测下沉到网络边缘，提升大客户安全防御能力。

智能化IP网络整体由三层架构组成，包括基础设施（网元智能）、管控系统（网络智能）和能力开放，与上层系统及应用生态进行业务协同（跨域智能）。网元智能与网络智能协同进行，网元智能主要负责高实时性和域内AI应用，网络智能主要负责网络层面大规模数据的AI应用。

网元（路由器）高阶智能化架构包括算力服务、数据服务、知识服务、模型服务，以及AI应用等，如图1所示。

- 算力服务

网元内集成AI智能硬件，包括智能SA卡、智能主控、线卡等，支持智能光模块和边缘算力，满足网元AI应用的算力需求。

其中转发面NP芯片集成AI引擎，提供深度神经网络、机器学习等推理算法，减少推理的时延，从而提升转发面实时流特征分析能力。

部署集中式AI高算力单板（GPU/AI芯片），

对于内生智能路由器，AI算力异构系统架构设计是基础，需要在高速的数据采集通道、AI推理数据通道，以及AI算力硬件之间的部署与协作上进一步研究，实现均衡的算力集成，满足不同AI应用的算力需求。

实现网元内高实时性以及高吞吐的AI推理任务，可以为区域内其他路由器提集中的AI推理与训练任务。

- 数据服务

数据服务构建统一的数据感知平台，是内生智能路由器的基础功能，实现网元内KPI、告警、日志以及状态数据采集、压缩、治理与存储。

数据服务通过网元内高速数据采集通道，提升数据采集的精度和规模，同时向不同AI应用提供统一的数据服务接口，包括数据订阅、融合以及推送服务等，满足智能运维、流量调优、网络安全等不同AI应用对数据的定制化需求。

网元运行过程中日志类型与格式众多，存在结构化与非结构化日志，难以进行自动化的识别、解析与异常检测，给自动运维带来困难。数据服务基于网元和管控的AI算法模型增强对异构日志的解析与分析能力。

- 知识服务

建设基于大模型的故障知识图谱规范以及自动构建技术，网元通过部署统一的资源知识图谱、故障知识图谱、异常事件库，与云端协同实现端到端的故障定界与定位。

- 模型服务

实现统一的网元AI算法模型服务，在AI算力服务的基础上实现推理服务、增量训练、轻量化部署、模型微调、模型评估、离线训练、模型加载与版本管理等功能。

在内生智能路由器中，通过容器化部署实现模型的跨硬件、跨平台部署。

- 应用服务

基于网元智能化服务力，实现AI智能应用的部署，实现智能运维、流量调优、网络安全等多个AI应用的研发与部署。智能运维，以知识图谱作为粘合剂，联动思维链以及大模型，实现对转发面流量丢包以及协议断链等IP网络典型故障的分钟级的故障定界定位。流量调优，实现智能QoS功能，对队列流量进行建模分析，基于强化学习算法，自适应优化Wred参数模型，实现吞吐与时延最优，优化FCT时间。网络安全，动态学习流量基线数据，对转发面流量进行DDOS攻击流量建模，并基于转发面AI算法快速检测与分类，分实现5秒内检测、10秒内清洗。

网元内生智能已经成为自智网络的重要组成部分，其中网络和算力向算网异构演进，终端、接入、承载等网络设备需要全面内置AI算力，支持分布式智能体部署，实现快速、精确、准确的业务感知与分析、决策能力。

对于内生智能路由器，AI算力异构系统架构设计是基础，需要在高速的数据采集通道、AI推理数据通道，以及AI算力硬件之间的部署与协作上进一步研究，实现均衡的算力集成，满足不同AI应用的算力需求。ZTE中兴

云南移动：数字孪生赋能SPN网络变更

韩吉科
中兴通讯承载网服务产品规划总工

自5G业务步入规模商用阶段，承载5G业务的SPN网络面临日益频繁的业务变更挑战。在业务变更进程中，一系列关键问题亟待解决，如怎样确保业务实施结果契合预期、不影响现网业务、保障网络资源无瓶颈以及业务路由符合规划等。当前解决方案主要依赖配置评审，以及操作前人工手动检验变更影响等传统手段来降低对网络安全的潜在冲击。

云南移动现网SPN网络中，每年需执行上百起网络变更操作。实际操作中各类问题频发，致使变更结果难以达到预期，常见问题包括网络配置参数的错配与漏配，以及命令下发时网元、链路出现异常等，严重影响了网络变更的效率与质量。为了提升SPN网络运营效率，支撑5G业务发展，云南移动亟需创新的解决方案。

基于数字孪生的创新应对策略

针对上述难题，云南移动与中兴通讯展开深度合作，联合开发了“基于数字孪生技术的业务变更仿真系统”（见图1）。该系统依托强大的数据分析能力，全面整合全网资源、业务、协议及实时流量等数据，通过深入分析与处理这些网络完整数据，构建出一个与现网完全一致的数字孪生网络。

仿真系统基于数字孪生网络和先进的智能算法，依据全网数据对业务转发面以及可能波及的业务影响情况展开精准分析，输出业务影响的详细信息，为用户提供是否进行本次网络变更的科学决策依据，有效降低网络变更带来的风险。

数字孪生网络的精准构建

系统基于现网拓扑、配置、流量及路由信息，构建网络镜像，并以此生成数字孪生网络，该网络能实时反映现网真实状况，并与物理网络保持实时交互和同步。数字孪生网络具备与物理网络相同的网络拓扑、业务及流量数据等模型，为用户呈现一个多维度的高精度副本，为网络运维与创新提供真实可靠的数字化验证环境。

网络变更的仿真机制

基于数字孪生网络，系统模拟现实网络变更过程可能出现的变化，深入分析这些变化引发的网络波及影响，涵盖网络负载变化、IGP/BGP路由变化、业务质量变化等多个方面，并以可视化报告形式输出分析结果。

辅助决策与变更自动化闭环体系

依据仿真结果，系统全面分析各种网络变更对网络的影响，精准识别风险点及风险水平，运维人员根据仿真结果在网络规划与操作前制定最佳方案，做出科学决策。同时，结合AI算法，系统实现业务路径自动调优，形成变更自动化闭环。

适配复杂场景的应用实践

云南移动现网SPN网络变更涉及的场景复杂多样，该方案全面支持各类网络变更场景，如

业务配置、故障影响、流量分析、网络结构调整等。

- 业务配置类场景仿真

包括对新建L2VPN/L3VPN业务场景进行仿真、对新增/删除基站场景进行仿真、对修改UEP下挂基站相关参数进行仿真。

- 故障影响类仿真

包括链路和节点故障影响评估。深入分析同缆路由断纤、光缆割接对业务路径流量的影响，精准评估汇聚节点等重要节点升级/重启对业务的影响。

- 流量分析类仿真

分析业务流量增长引发的网络瓶颈拥塞问题，输出可能出现的瓶颈链路；评估多点故障导致的链路流量变化及流量瓶颈。

- 网络结构调整类仿真

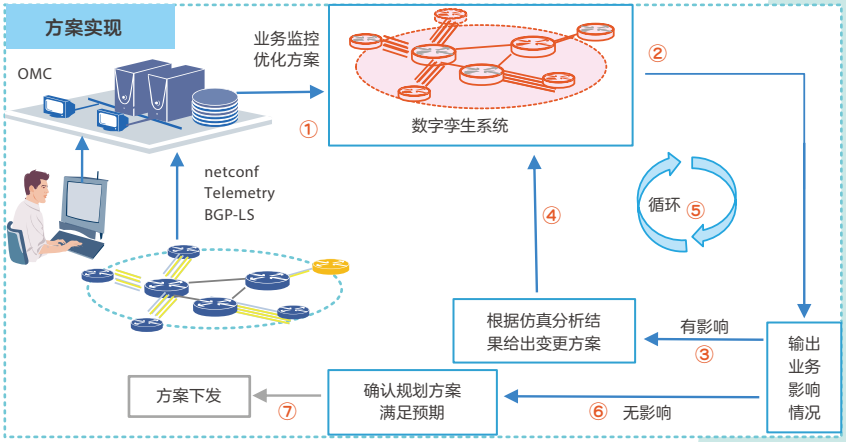
分析逃生路径等网络调整对业务生存性和可靠性的影响；分析新增接入环/汇聚环等对全网流量的影响。

卓越成效彰显技术价值

云南移动现网实施过程中，通过在数字孪生网络中模拟网络变更，深入分析节点失效、链路故障、流量增长、配置变更等情况下网络的应激响应机制以及网络/业务质量受到的影响，成功解决了网络操作方案缺乏保障的难题。

该系统为运维人员提供了快速、直观、便捷掌握网络当前整体质量的有效手段，辅助运维人员进行精准规划和方案修订，最大程度降低操作对网络运行安全的影响。

应用期间，系统通过操作仿真成功发现4次错误配置变更方案，高质量保障了356次网络变更操作，运行过程中未出现中断情况，可靠性近乎100%。该系统在应用中凸显出以下显著的技术优势和商业价值：



▲ 图1 基于数字孪生技术的业务变更仿真系统

- 算法逼真：基于先进算法，故障仿真准确率高达100%，配置方案变更仿真准确率达75%。
- 分析高效：仿真分析全流程实现自动化，将原本人工数小时的分析工作缩短至系统自动分析的分钟级。
- 安全性高：借助数字孪生网络技术，任何仿真操作均不会对实际网络及业务网络产生影响。
- 运维成本降低：仿真算法为最佳方案提供了有力数据支撑，降低了网络变更操作对运维人员的技术要求，人工操作时间减少60%。

数字孪生技术在云南移动SPN网络的首次成功应用，标志着云南移动朝着打造基于AI技术强化传输网络安全生产全流程保障体系的目标迈出了坚实一步。随着数字孪生以及大模型技术的迅猛发展，云南移动与中兴通讯将持续探索并应用创新性技术，不断推动云南移动智能化、自动化网络安全生产保障体系的建设与强化，为数字化转型注入新动力。ZTE中兴

浙江移动：大模型运维机器人开启智能运维新篇章

操小明
中兴通讯有线产品规划经理

在数字化高速发展的当下，通信网络的高效稳定是运营商服务社会、满足用户需求的关键所在。浙江移动作为行业领军者，积极应对复杂网络环境与业务挑战，努力通过技术创新提升网络运维水平。作为浙江移动的得力合作伙伴，中兴通讯借助先进技术，尤其是基于大模型的运维机器人，为浙江移动解决了诸多网络运维难题，助力浙江移动开启智能运维新篇章。

洞察难题，共寻突破

传统OMC网管系统极为繁杂，网络运维面临多重困境：业务知识复杂，培训成本高昂；操作繁琐耗时，不同资源对象难以并行处理，运维效率低下。SPN网络故障处理同样面临严峻挑战：海量告警催生大量工单，故障诊断耗时长，现场处理人力成本高且效率低下。

中兴通讯与浙江移动深入交流，精准洞察这些痛点，决心携手寻找创新解决方案。

创新方案，亮点频现

中兴通讯为浙江移动打造的AI运维机器人，通过中兴智能助手整合高频操作，彻底解决了功能界面入口繁杂的问题。系统采用对话式交互，自动补全不完善信息，大幅降低操作难度，极大提升了用户体验。用户仅需输入一句话，即可开启运维操作。

基于中兴星云大模型，运维机器人在识别用户意图方面表现卓越。当信息缺失时，机器人主动与用户交互补全，精准理解用户需求。

运维机器人具备强大的自动执行能力。以隐患排查为例，用户下达指令后，机器人自动执行网络隐患检查，涵盖单链结构隐患、关联告警、同路由等多个关键流程。全程无需人工干预，自

> 中兴通讯与浙江移动合作的基于大模型的运维机器人，在日常网络故障处理和重大活动通信保障中优势尽显，验证了大模型技术在传输网运维领域的巨大潜力。

动完成操作并清晰呈现结果，实现高效智能的运维保障。

方案落地，成效显著

此方案在浙江成功落地，迅速展现强大效能。故障识别方面，单地市工单量下降近10%；典型故障诊断时长从30分钟大幅缩短至5分钟以内，诊断效率提升近80%；SPN网络故障端到端处理周期缩短至100分钟以内，效率提升30%以上，相当于为浙江网络运维增添50多名经验丰富的“数字员工”。这不仅为电信网络故障管理降本提质提供了成功范例，也为大模型及协同小模型AI技术在电信行业的应用开辟了新路径。

2024世界互联网大会在浙江乌镇召开，中兴通讯与浙江移动再度携手，凭借基于大模型的业务保障专家圆满完成通信保障任务。引入业务保障专家，值守人员减少30%。重保前，业务保障专家定时执行20余项巡检任务并自动生成报告，效率提升90%以上；重保中，借助大模型精准识别自然语言的能力，网管运维效率大幅提高，快速察觉和定位质差问题，手机APP掌上运维使一线人员操作效率提升80%以上，全方位提升网络运维效率。

中兴通讯与浙江移动合作的基于大模型的运维机器人，在日常网络故障处理和重大活动通信保障中优势尽显，验证了大模型技术在传输网运维领域的巨大潜力，为通信行业智能化转型树立新标杆。在丹麦哥本哈根举行的TMF主办的DTW 2024大会上，双方共同参与的“自智网络生成式AI”（GenAI for AN）项目，从全球50个申报项目中脱颖而出，荣获“最佳Moonshot催化剂项目与会者选择奖”，彰显了合作实力。

未来，双方将持续深化合作，不断探索更多AI创新技术，推动传输网络向更高层次的自智网络演进，为用户提供更优质、稳定、高效的通信服务，在通信行业智能化变革浪潮中持续领航。ZTE中兴

通感网络的即时站点勘查和仿真模式

朱永军
中兴通讯网络规划技术总工

任海霞
中兴通讯网络规划技术总工

胡文鹏
中兴通讯RAIS项目经理

5G-A通感网络正在逐步迈入商用规模建设阶段，选择合适的通感站点，是当前工程建设中最重要的工作之一。由于关键技术的差异，通感网络与通信网络对于站点选择的要求存在较大差异，传统通信网络的站点选择技术和工具并不适用于通感网络。

对于通感网络，无线信号传播要求发射波与感知目标的反射回波是视通路径（LOS），即站点天线与感知目标之间无阻挡。在视通路径下，无线信号传播相对稳定、可预测，有利于精准计算感知目标的距离、角度和速度等参数。因此，通感站点一般要求部署在周边无遮挡的开阔地带，以尽可能地扩大视通路径可达的区域范围，也就是站点的覆盖范围。而在现网大量的通信站点中，存在相当高占比的非视通路径，尤其在建筑物密集的城区。勘查工程师需要在现网多个候选通信站点中，经过勘查和视通仿真评估，才能确定一个合适的通感站点。如果依赖传统站点勘查和仿真评估工作模式，通感站点规划所消耗的人力和时间成本将会远超传统通信站点。因此，如何提升站点勘查和视通仿真评估的整体工作效率，是通感网络建设中必须要解决的问题。

为了应对以上挑战，中兴通讯自智网络平台在移动端上整合站点勘查和仿真评估的工作流程，实现“一次上站，流程闭环”，创造了即时站点勘查和仿真的全新工作模式，极大提升了工作效率。

对传统站点勘查工作模式的改进分析

传统通信网络的站点勘查工作流程如下：

- 勘查工程师在站点天面采集站点经纬度、天馈等数据，并拍摄环境照片；
- 勘查工程师采集多个候选站点的信息后，返回后方，将数据交给仿真人员；
- 仿真工程师通过仿真工具对候选站点进行覆盖仿真，判定是否选择此站点。

在上述流程中，勘查和仿真评估在两个不同的场所和工具上操作，存在流程断点，将会造成以下问题：

- 如果仿真结果判定所有的候选站点都不适合，勘查工程师需要重新返回现场，寻找新的候选站点。
- 仿真工程师只能通过照片确定站点的无线传播环境信息（例如天面的广告牌遮挡），有可能造成信息的遗漏或者误判，从而得到错误的仿真结论。即使勘查和仿真工程师是同一人员，也有可能在仿真中发现勘查遗漏的信息，需要再次上站勘查。

显然，流程的断点会导致重复工作，并影响站点选择的准确度。经过流程分析，将站点勘查和仿真工作进行整合，在站点天面上即时有效地完成全部工作，就可以消除断点，提升勘查效率。

即时站点勘查和仿真应用Magic Planner

鉴于上述通感网络站点勘查的需求，中兴通讯自智网络平台推出了移动端应用Magic Planner。Magic Planner具备以下功能：

- 支持用户在移动端操作完成所有通感网络的仿真项目，并由仿真云平台完成计算任务；
- 支持针对通感站点视通覆盖范围的仿真预测；

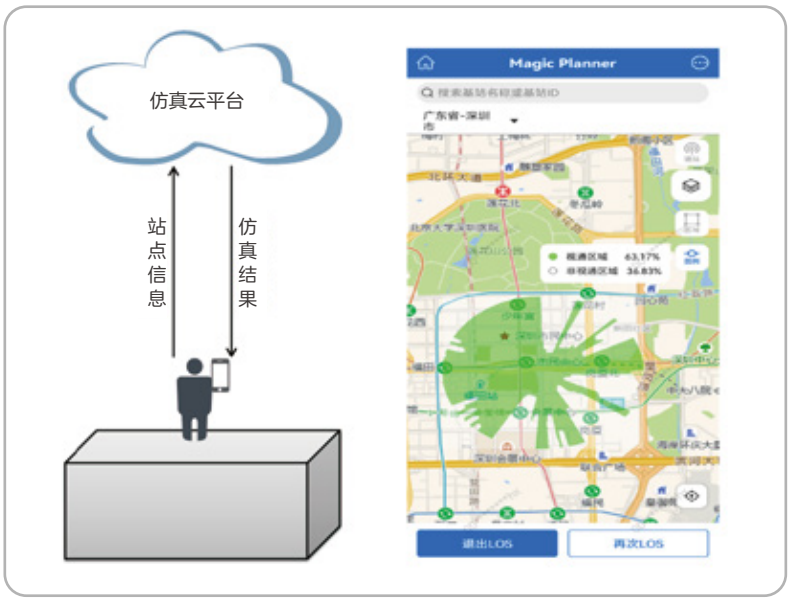
依赖中兴通讯在5G-A技术的创新突破，以及5G-A网络建设经验的积累，中兴通讯5G-A仿真工具正在突破传统的工具边界，创造新的工作模式，助力5G-A网络建设。

- 支持自动读取终端位置为站点位置、按模板设置参数等自动化操作。

一个使用Magic Planner的通感站点勘查工作流程如下：

- 工程师在站点天面上观察适合安装天线的位置，并移动至此位置；
- 打开Magic Planner，自动定位到当前位置，设置目标物高度和视通分析半径；
- 点击视通预测功能，等待运行结束后，查看界面上的视通和非视通区域，判断是否符合要求。

除了对站点位置的合理性判断，上述流程还支持对天线高度、方位角和下倾角等参数的现场设计和仿真评估。同时，Magic Planner可以进一步提供其他通信和感知指标的仿真结果，帮助工程师全面了解该站点的性能表现。



▲ 图1 Magic Planner工作流程和用户界面

应用实践

Magic Planner通感仿真在某5G-A项目的高楼低空区域验证中，17288个感知上报点与仿真视通区域的匹配率达到99.8%，证实视通仿真功能可用。

当前，Magic Planner已经在通感网络的站点勘查和选择工作中落地应用，使得整体工作效率提升70%，解决了通感网络规模建设的瓶颈问题。

在无线网络建设工作中，新建站点的勘查、仿真和选择一直是人力和时间消耗较高的环节。Magic Planner的工作模式也可以在其他制式网络中应用，提升网络建设的自动化程度。依赖中兴通讯在5G-A技术的创新突破，以及5G-A网络建设经验的积累，中兴通讯5G-A仿真工具正在突破传统的工具边界，创造新的工作模式，助力5G-A网络建设。ZTE中兴

住宅小区的自智点射规划

朱永军
中兴通讯网络规划技术总工

吴威
中兴通讯网络规划技术总工

孔凡春
中兴通讯网络规划技术总工

住宅小区一直是无线网络的重点覆盖场景，用户数和流量占比长期保持在首位。同时，住宅小区也是无线网络覆盖的难点。居民对在小区内部署宏站的抵制，导致住宅小区的覆盖问题和投诉占比居高不下。随着运营商“信号升格”行动的开展，如何高效解决住宅小区的覆盖问题，是业界当前面临的重大挑战。

中兴通讯在4G和5G网络建设实践中，总结形成“外部宏站合围、内部点射滴灌”的住宅小区覆盖解决方案，并在无线网络自智规划平台上开发了自智点射规划功能。

点射规划方案特点和实施难点

点射站点（outdoor distribution system，ODS）通常采用RRU外接射灯天线的形式部署在楼顶，覆盖邻近楼宇。射灯天线主瓣增益大，穿透能力强，可以有效解决深度覆盖问题。宏站结合点射的综合解决方案，优先利用外围宏站覆盖住宅小区的边缘区域，以点射站点针对性解决剩余的弱覆盖楼宇。相比传统的宏站规划，点射规划方案有下面几个重要的转变：

- 从以二维平面为主的大范围宏观规划，转向立体覆盖为主的小范围微观规划；
- 从以站点位置为主要规划参数的粗放型规划，转向站点和天线参数并重的精细规划；
- 从以工程师经验为主导、工具辅助提效的专家型规划，转向以智能算法为主导、人工审核为辅的自智型规划。

点射规划方案与传统宏站规划方案存在较大差异，一些传统的经验和工具不适于点射场景。具体技术差异点如下：

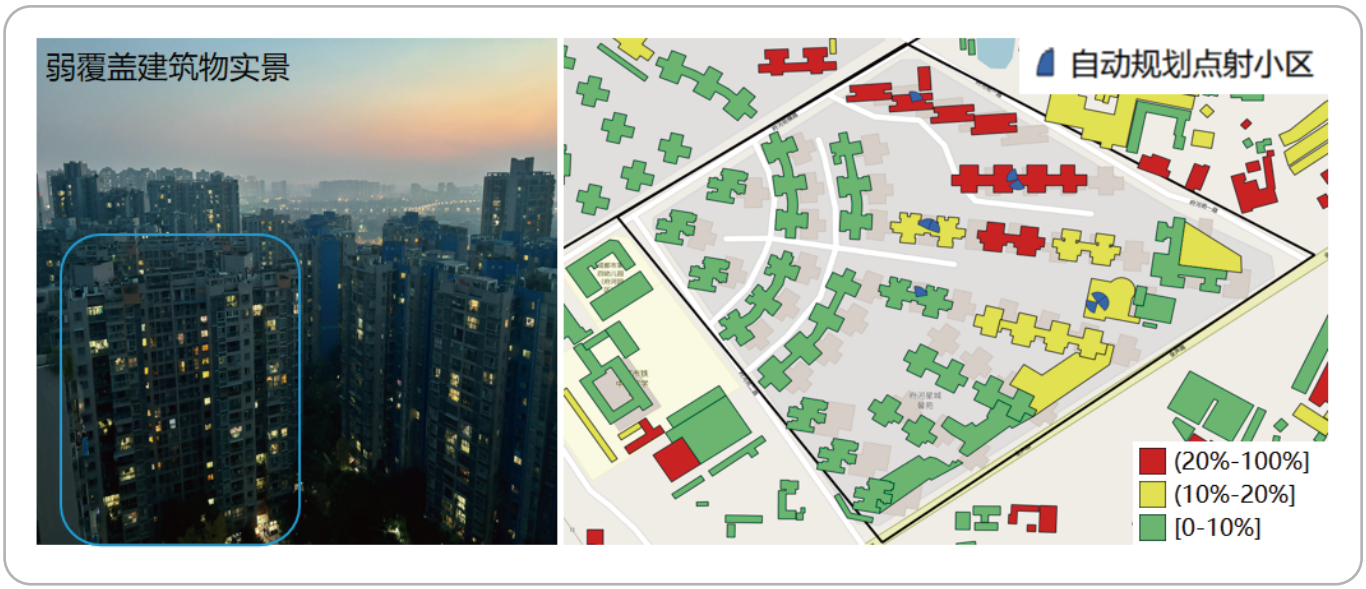
- 点射对规划站点位置的要求更加严格，具体包括：点射规划站址必须明确落在某栋楼上，不允许有楼宇之间的误差偏移；点射站点必须部署在楼顶；点射到覆盖对象楼宇以短距离直射为主，因此传播路径上不能有阻挡，且距离不能过远；点射到覆盖目标的距离也不能过近，避免覆盖范围太窄不能兼顾整栋楼宇。
- 一个点射站点应该解决尽量多的弱覆盖楼宇，节省建设成本，需要针对覆盖对象楼宇精确计算天线位置和数量。
- 对点射天线的规划参数要求更加严格：由于点射以楼宇穿透覆盖为主，因此要求信号进入覆盖对象楼宇的掠射角必须大于一定门限；对于长方形楼宇，尽量从正面而不是侧面进入。

此外，点射规划工作在实施中还存在以下困难：

- 现网部分4G点射站点的位置参数存在误差，对4G利旧升级5G的规划方案有影响；
- 如果5G网络在楼宇内部存在较多的空白覆盖，那么仅依赖5G MR将无法全面评估楼宇的深度覆盖水平；同时楼宇内部的路测成本大、效率低，难以规模实施。

自智点射规划功能关键技术

由于上述方案特点和实施难点，当前由人工主导的点射规划方案准确度和效率较低，影响了



▲ 图1 某住宅小区覆盖评估和点射规划方案示例

住宅小区治理工作的进展。为解决这个问题，中兴通讯无线网络自智规划平台以业界独创的算法，开发了住宅小区自智点射规划功能，自动计算输出“外部宏站合围、内部点射滴灌”的解决方案报告。该功能的关键技术包括：

- 基于AOI（area of interesting）数据确定住宅小区边界。
- 对现网4G点射站址进行纠偏，解决现网部分4G点射站点的位置参数误差问题。
- 基于价值（家庭宽带信息、VIP住宅）、覆盖（4G MR、5G MR和4测5 MR）、话务（流量、用户数、倒流、分流）、感知（感知速率、投诉）、竞对（覆盖RSRP、站点规模）四个维度，输出住宅小区的楼宇画像，筛选出高价值弱覆盖楼宇作为覆盖对象；其中采用4测5 MR解决了5G网络空白覆盖的问题。
- 基于建筑物电子地图的几何形态，对点射的站点位置和天线参数（位置、数量、方位角、下倾角）进行寻优。
- 规划方案的覆盖预测。

应用案例

自智点射规划功能在某项目中应用，项目约5000个住宅小区规划耗时3小时，规划站点的验证准确率达80%以上。

如某住宅小区共有35栋楼宇，住宅小区内部没有5G站点，周边有5个4G站点、3个5G站点，右图中红色图例为弱覆盖楼宇（见图1）。工具规划了5个点射站点、9个点射小区，均为新建，经勘查实测后，全部纳入建设站点。

场景化、精细化是5G网络建设和自智网络平台演进的明确要求。中兴通讯无线网络自智规划平台一方面依托深厚的无线网络建设经验，归纳总结不同场景的特点，制定差异化的场景策略，充实规划知识库，为智能化演进奠定坚实的基础；另一方面运用大数据和智能算法，提升计算准确度和效率，增强平台的规模应用能力。

未来，平台将以涵盖全场景的高阶自智等级为目标，在场景细分和自适应策略上持续增强能力，为5G网络建设作出贡献。ZTE中兴

ZTE中兴

成为网络连接和智能算力的领导者

让沟通和信任无处不在