

# 自智网络白皮书(3.0)

Autonomous Networks Whitepaper (3.0)

助力数字化转型

2021年10月

# 目标

阐述自智网络领域最新的业务需求、架构、 能力以及行业动态和进展,并给出参考实 现方法和行业最佳实践。

# tmforum

# 贡献单位









































































# 编辑和撰稿人

# 编辑

TM Forum Aaron Boasman-Patel

Futurewei Dong Sun

撰稿人

**亚信** 王达、曾港、肖智海

Beyond by BearingPoint Andreas Polz, Susan Backhaus

BT Andy Corston-Petrie

**北京邮电大学** 李文璟

 中国信通院
 马军锋、徐云斌、刘芷若

 CCSA
 赵世卓、赵莹、张艳、郭昕

中国移动 顾宁伦、刘立卫、姚远、邓灵莉、刘凯曦、冯成成、罗志毅

 中国电信
 孙琼、刘灵筠、张乐、张珂、张子婷

 中国联通
 任飞、万玉海、王磊、乔自知

中盈优创 郝立光、宋刚

Clarity Global Ali Mozaffar, Seyed Zoee, Mohammad Reza Anbiyaei, Adel Hosseiny

Cognizant Arun VS, Pramathesh Bhurangi

**东信软件** 毛广、易鸿鹏

Ericsson Ignacio Más, Jörg Niemöller

ETIYA Thierry Reynard
Futurewei Dong Sun, Min He

科大国创 赵龙

**HKT** Derek Chen, Kam-Shing Fung

**华为** 林永明、王一宁、李继昂、李晖、郑光迎、王旭、汪健、邓丹、郝静

IBM Dharmendra Misra, Subrata Ghosh

Infosys Anuroop Awasthi, Ankur Goel, Ankur Goyal

MTN Mohamed Salah, Daniel Smith, Lloyd Mphahlele, Nkosinathi Nzima, Thembinkosi Ndebele

NBNCo Brad Peters
NEC Junko Iwasaki

Netcracker Andrei Chekalin, Manoj Nair, Abinash Vishwakarma

Nokia Neetu Singhal, Lei Li, Li Jin

NTT Takayuki Nakamura, Kiyotaka Mizuno
Orange Christian Maitre, Sophie Nachman

Robi Axiata Mohammed Fahim Momen, Mohammad Rubbyat Akram

stcKhalid Mohamed AttiaTelecom ArgentinaGaston De ArribaTEOCOYuval Stein

TM Forum Aaron Boasman-Patel, Dave Milham UBiqube Hervé Guesdon, Naveen Kumar MJ

WiproVinay Devadatta中兴王浩、王勇、范英鹰



# 目录

1	摘要		3
2	市场趋势与	5自智网络需求	4
	2.1	行业发展、市场机遇与网络挑战	4
	2.1.1	运营商的市场机会与网络需求	5
	2.1.2	自智网络应用创新和试点验证	5
	2.2	自智网络规模部署的六大挑战	6
3	自智网络愿	<b>瑟景与框架</b>	7
	3.1		7
	3.2	自智网络框架和能力	7
	3.2.1	自智网络分级	9
	3.2.2	自治域	9
	3.2.3	意图驱动的交互	10
	3.2.4	Self-X运营能力	10
4	自智网络实	E现	10
	4.1	自智网络实现方法	10
	4.2	自智网络参考商业解决方案	12
	4.2.1	使能垂直行业	12
	4.2.2	客户体验	15
	4.2.3	云网融合	16
	4.2.4	家宽业务	19
	4.2.5	云核心网智能运维	20
	4.2.6	传输网络和承载网络	21
	4.2.7	数据中心节能	23
	4.2.8	无线和5G网络	24
5	行业活动与	动作	27
	5.1	运营商自智网络实践	27
	5.2	多标准组织协同	28
	5.3	业界观点	29

本白皮书中表达的观点和看法仅代表作者个人,并不代表其公司。在编写本文时我们已高度谨慎,对于任何人因本文中的任何内容而采取或不采取任何行动所造成的任何损失,编辑、撰稿人、出版商概不负责。

<sup>©</sup> TM Forum 2021.本白皮书的全部内容受版权保护,保留所有权利。



# 1.摘要

科技创新和跨界融合逐渐成为全球经济复苏和增长的全新引擎,疫情以来,全球企业进一步加速采用5G、AI、大数据、云、边缘计算和数字孪生等信息通信技术,加快数字化转型。这不仅有利于促进企业业务和经营增长,同时也使运营商有可能从5G to B、智能制造、智慧医疗、智慧教育等B2B2X(Business to Business to Everything)的全新市场机遇中挖掘至少7000亿美元的新收入1。

到2025年,新技术的运用、连网设备的激增、企业转型与社会变化等都有可能超过当下的预测和预期,其中包括:

- · GSMA预测,2025年全球物联网连接总数将 达到246亿,其中85.7亿是移动连接,18亿 是5G连接<sup>2</sup>。
- · IDC在FutureScapes 2020<sup>3</sup>中指出, 2025年、85%的企业会将新型数字化基础设 施部署在云中。
- · IDC预测,通过人工智能、机器人、RPA (RoboticProcess Automation,机器人 流程自动化)等手段,人类将迎来一批"数 字员工"。2022年,45%的重复性工作 有望通过"数字员工"实现自动化或增强4。

IDC预测,2025年全球数据量将达175ZB<sup>5</sup>。数据将成为一种重要的生产要素,驱动企业变革生产、运营及管理模式。

全球运营商正在加快推进网络自动化、智能化建设,并期望借助网络转型抓住大颗粒的商业机会,最典型的就是5G to B、云网融合,以及由

此延申出的智慧城市、工业互联网、智慧医疗、智慧教育、智慧农业及 其他垂直行业的智能化业务和应用。新场景、新业务和新客户不仅对 "可用性、带宽、时延、可靠性"等网络性能提出倍增要求,更期望获 得"在线自助订购、按需分钟级开通、差异化确定性SLA保障、数据安 全的专属网络、预防性维护和极简可视管理"等全新网络特性。

传统的网络能力和运营模式无法满足上述数字化转型的要求,为此,2019年电信管理论坛(TM Forum)成立了"自智网络项目"(Autonomous Networks Program),其目的是构建业界领先、端到端网络自动化、智能化的方法,帮助运营商简化业务部署,推动网络Self-X能力(自服务、自发放、自保障)全面提升,为垂直行业和消费者用户提供Zero-X(零等待、零接触、零故障)体验。真正意义上实现"将复杂留给供应商,将极简带给客户"。

运营商通过创新商业模式和网络服务,推出新一代数字化产品,不仅能够更好的服务消费者(Business to Consumer,B2C)市场,更重要的是进入垂直行业(B2B2X),如智慧医疗、智能制造、智慧交通(自动驾驶)、智慧城市等,这些垂直行业市场才是其未来创收的主要来源。因此,自智网络于运营商而言不再只是简单的一个选项或者考虑因素,它对提供智能互联的政企B2B2X数字化业务至关重要,这些服务都依赖于大连接、低时延、高可靠性。

自2019年自智网络项目开展以来,在"愿景、三层四闭环框架、LO-L5分级标准、核心理念(如单域自治、分层闭环和意图驱动等)"等方面达成了广泛共识。越来越多的标准组织、产业组织、运营商、设备厂商、系统厂商和集成商加入到自智网络的探索和实践中,共同推动自智网络的标准化和产业化工作。现在,自智网络即将进入大规模试点验证和先行运营商体系化部署的新阶段。这一阶段的焦点是"统一技术标准、加快用例推广、划分演进代际、评价转型成效",确保标准可以持续牵引自智网络用例的创新、牵引实际部署按照代际有序演进。

本白皮书作为TM Forum《自智网络白皮书(第一版<sup>6</sup>和第二版<sup>7</sup>)》的 延续和演进,不仅汇集了过去一年最新的行业趋势和进展,更是总结了 自智网络项目以及其他标准组织在此领域的最新优秀实践、框架、方法 论和成果。主要更新内容包括"自智网络规模部署6大挑战、体系化实 现方法、成套的商业解决方案"等,希望可以帮助更多的运营商开启或 加快自智网络建设。

#### 参考:

- <sup>1</sup> https://www.ericsson.com/en/5g/forms/5gforbusiness-2019-report
- https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2020/03/GSMA\_ MobileEconomy2020 Global.pdf
- 3 https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US45599219

- 4 https://mediabriefcom/45-of-repetitive-work-tasks-will-be-automated-by-2022 -idc/
- 5 https://www.networkworld.com/article/3325397/
- <sup>6</sup> https://www.tmforum.org/Autonomous Networks whitepaper (Rel 1)
- 7 https://www.tmforum.org/Autonomous Networks whitepaper (Rel 2)



# 2.市场趋势与自智网络需求

#### 2.1 行业发展、市场机遇与网络挑战

随着5G的规模部署和快速商用,快速发展的数字经济打开了数字时代的 大门,企业通过持续的调整与变革来抢占先机。在这一背景下,运营商 也必须主动变革并全面参与,方能在5G、云、边缘计算等关键技术所创 造的市场机遇中获利。

多年来,在提高效率、降低成本的压力下,企业一直大力投资数字化技术,以期扩大业务版图,创新商业模式。许多企业用例不仅需要低时延、高可靠性和海量连接网络,还希望运营商提供其他业务和服务,如

海量数据分析、图像识别、高精定位服务等。

要想在工业5G和B2B2X的7000亿美元<sup>8</sup>的新市场机遇中分一杯羹,运营商必须部署自智网络,而且行动要快,尤其是在新商机对网络能力诉求更加严格且多样化的情形下,这也使得网络管理和运营更加复杂。

自智网络不仅能帮助运营商抓住新商机,还能帮助运营商应对眼前的诸 多挑战: 改善客户体验、降低成本、提升经营业绩,等等。

因此,自智网络在运营商的网络和ICT转型战略中发挥着越来越重要的作用。表1列举了一些自智网络战略应用的典型示例。

类别	说明	自智网络战略应用示例
体验挑战	所有维度的体验完全一致,包括位置、移动性、 质量、服务类型	从用户行为、体验指标、业务模板和实时配置及 变更中提取意图
<b>业务战略挑战</b> 市场占有率目标、市场扩张策略、产品策略、定价 自智网络提信		自智网络提供敏捷性,用于战略决策
财务挑战	降低基础设施成本、运营成本,实现最优利用率	实时响应容量需求、快速扩缩容部署
运营挑战	故障预防、隐患预防、质量指标、性能一致性	预测和认知运营管理,意图驱动的网络/系统决策 和实施
集成与协同挑战	实时业务发现,助力用例创新与演进,利用合作伙 伴生态系统进行协作,发现并交付业务	基于业务需求的用例服务能力分析、发现、编排、 部署
环境挑战	不断增加的能源需求、密集网络	根据商业意图进行自适应的操作和调优,实现节能 减排
安全与隐私挑战	保护合作伙伴之间数据交换的隐私,保护国家和社会 的信息安全	确定和预测数据交换中的客户专有信息需求,预测 有风险的通信与数据交换,保护国家信息安全

#### 表1 自智网络的战略用途示例

运营商越来越认同部署自智网络的重要性,正如TM Forum最近的一项调查显示,95%的受访者表示他们有明确的自动化方法;38%的人表示正在现有领域中尽可能多地推广自动化;56%的人表示其组织对于自动化已有完整的愿景<sup>9</sup>。这与一年前相比简直是惊人的转变。一年前,TM Forum就人工智能在网络自动化中的运用也做了一份调查报告,结果显示43%<sup>10</sup>的运营商都将重心放在如下四个关键领域(排序不分先后):

- ・自配置、自修复、自优化、自演进的网络基础设施
- 零等待、零接触、零故障的业务和服务
- ・最佳用户体验
- ・服务生命周期自动化、利用率最大化

从中我们可以看出,运营商正倾尽全力朝自智网络的方向演进,这对于 提供企业级服务至关重要。

#### 参考:

- 8 https://www.ericsson.com/en/5g/forms/5gforbusiness-2019-report
- ${\tt 9\ https://inform.tmforum.org/research-reports/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-and-operational-drivers/autonomous-networks-business-autonomous-networks-busi$



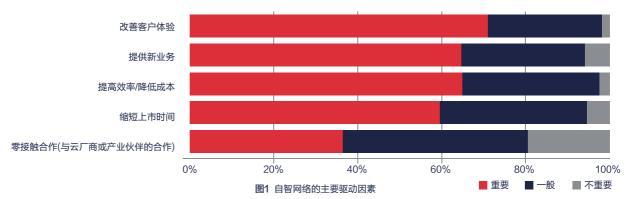
运营商不再只专注于网络的精细化运营和高效运营(尽管这仍然很重要),而是开始从商业和业务角度思考自智网络。如今,自智网络的主要驱动因素有:改善客户体验、提供新业务、降低成本、缩短上市时间。(详见图1)

在过去一年里,美国运营商Windstream部署了自智网络,通过自动化将网络监控和排障的成本降低了80%以上。此外,针对业务开通场景,从用户注册到业务激活,整个生命周期管理流程已经100%自动化,减少了三分之二的管理费用。

在中东,Etisalat正专注于实现传输网络域的自动化。其首席技术官 Haitham Abdulrazzak在2020年11月表示,Etisalat的传输网是所有自 智网络的核心,通过减少人工操作、将订单到业务的流程自动化,引入 新业务的时间缩短70%~90%<sup>11</sup>。

自智网络还支持企业和消费者用户自主定义并管理自己的业务和服务,客户可以自行设置不通的优先级。自智网络可以适用于所有业务类型,如SD-WAN、企业专线、托管安全、Wi-Fi等服务<sup>12</sup>。

接下来我们将探讨运营商的市场机会以及新机会对网络的需求。



## 2.1.1 运营商的市场机会与网络需求

近年来,5G to B、云网融合、可持续发展(绿色、节能),作为运营商最大的两个市场机遇和首要社会责任,都对网络和ICT的自身能力及运维能力提出了全新要求,进一步促进运营商加速自智网络建设。本节将详细探讨这些内容。

5G to B: Keystone Strategy报告显示,2025年运营商可参与的全球5G to B市场将达到6020亿美元<sup>13</sup>。但同时,5G to B业务和服务也对网络的"连接密度、速率、时延、可靠性、移动性、定位精度"等多项网络性能有着更高的要求,例如智慧城市需要10-100万设备/km³的连接密度,无人机需要500-1000Km/h的移动性,自动驾驶端到端的时延不超过5ms和亚米级的定位精度,工业互联网则需要99.999%的可靠性。此外,5G to B业务对网络能力提出3大诉求;

- •一张网满足千行百业百万级应用场景的高度差异化连接需求;
- ・在线一站式的按需、实时、灵活订购、开通及变更;
- ·端到端确定性SLA可承诺、可保障。

**云网融合**: Gartner预测,到2022年,全球最终用户在公有云服务上的 支出总额将高达3975亿美元<sup>14</sup>。过去两年,云网融合成为企业上云的重 要选择。垂直行业对云网能力升级的要求如下:

- · 立体组网:利用全球化的专网或公网,实现企业上云(公有云、私有云或混合云),实现海量数据极速上云,并确保数据安全;
- ·云网一体:任何地方、任何业务,均可实现一点入云、一点入多云,

#### 参考:

- 11 https://www.intelligentcio.com/me/2020/11/26/etisalat-takes-major-step-towards-an-autonomous-network-with-blue-planet/
- 12 https://inform.tmforum.org/research-reports/ autonomous-networks-business-and-operational-drivers/

云网业务"一体化提供、一体化运营和一体化服务";

·智能调度:实时感知和预测全局云网算力分布和动态,系统智能调度,满足不同行业和企业在便捷、质量、成本、安全等方面的差异化需求。

**绿色经济**: 据欧盟估算,全球ICT行业的电力消耗占比5%~9%,温室 气体排放占比2%以上<sup>15</sup>。基站和数据中心节能减排已成为全球运营商降 低成本和履行社会责任的重中之重。在节能方面,**场景化节能策略自制** 定、参数自配置、全网协同节能是三个必不可少的能力。

#### 2.1.2 自智网络应用创新和试点验证

TM Forum自智网络项目的发展表明,更多的运营商和供应商正在联合 开展与之相关的应用创新和试点验证,主要包括"技术、系统、流程、 组织和人才"等。

- ·技术:引入SRv6 (Segment Routing over lpv6)、随流检测、全 栈AI等网络技术与理念,简化网络复杂度、增强网络感知和自决策能 力、降低网络集成和运维的复杂度;
- **系统**:进行OSS改造或网络中台建设,充分挖掘网络数据的价值,向主动性、预防性维护演进:
- 流程:引入RPA技术和DevOps模式,试图在整个生命周期中实现一体化的业务运营;
- 组织:适应数字业务发展及云网一体化运营,加快运营组织调整,增强业务响应的支撑能力;
- ·人才:加速传统运维人员角色转变和技术提升,增强人机协同运维。

<sup>13</sup> https://www.thepaper.cn/newsDetail\_forward\_9800444

<sup>14</sup> https://www.gartner.com/2021-04-21-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud -end-user-spending-to-grow-23-percent-in-2021

<sup>15</sup> https://tele.ofweek.com/2021-05/ART-8320500-8500-30501082.html



## 2.2 自智网络规模部署的六大挑战

2019年发布《自智网络白皮书(第一版)》以来,行业发展的焦点从"为什么需要自智网络?自智网络是什么"等问题,逐渐转向"如何实现、从哪开始构建、如何持续推进自智网络"等方面的问题,比如:如何评价自智网络的建设成效?如何提升组织效能和人员技能、匹配网络转型?如何持续向全面自动化的目标演进?在实现自智网络规模部署的过程中,需要全产业伙伴共同攻克六大挑战。

1

#### 如何构建以及从哪里开始构建自智网络?

是选择"单域自治、跨域协同"的分层构建模式,还是选择"聚焦具体业务场景优先实现业务敏捷"的线状推进模式;是选择OSS改造(网络中台)牵引,还是网络升级和OSS改造协同并进的方式?找到最恰当的切入点来推进自智网络是整个行业面临的共同挑战。

2

#### 如何衡量自智网络带来的运维成效和商业价值?

L3或L4级自智网络的商业价值是什么?它对提高网络利用率、提升运营效率、降低成本、赋能新业务等有什么贡献?对运营商达成经营目标的促进有多大?这些问题是影响运营商决策是否持续推进自智网络的决定性因素。

3

#### 如何规模推广已验证的创新案例?

不同省分公司/子网的网络基础、架构、技术选型、供应商、组织设置、运维流程等方面都不尽相同。一个省分或子网的创新案例,如何在全国或全网快速复制推广,缺少一套行之有效的方法或举措。

4

#### 如何跨层跨域协同以实现商业大闭环?

自智网络需要"网元、网络管控、OSS与BSS"的跨层协同,才能打通端到端的商业流程。目前,自智网络相关技术标准的制定存在"碎片化、低效协作"问题,缺少统一的、体系化的技术标准来规范供应商的定位和协同。实现用户(商业)大闭环,一直是产业各方、尤其运营商努力攻克的难点。

5

#### 如何部署自智网络的超级智能系统?

自智网络的本质上就是从超级复杂系统向超级智能系统的演进。那么, 这种超级智能系统的目标状态是什么?是集中化的、指挥全网网络的超 级智能大脑?还是高效协作的分布式小脑? 6

#### 如何匹配组织、流程和人才技能?

现有的运营体系较难适应自智网络的运营运维模式。如何变革组织架构、优化流程体系、转变人员角色、提升人才技能是运营商在建设自智网络过程中面对的另一难题。

除了以上六大挑战,运营商在改造传统网络、迁移传统系统时还将面临 其他挑战,例如存量网络割舍或改造,应对OTT竞争。并且,随着网络 数字化转型的持续推进,会不断涌现出新问题、新挑战,例如新技术的 选择、标准的不完善等,需要运营商适时调整自智网络建设的策略和举 措,及时重新审视商业模式、业务形态。

在推进网络自动化、智能化的过程中,运营商非常关注传统网络/业务的 改造和演进(仍是主要收入来源),但是传统网络/业务的复杂度、改造 成本、可行性是不小的挑一战。现网中的不少网元或设备已经超期服役, 造成扩展性、可用性、可靠性等方面的限制,难以支撑自智网络建设的 基本要求,所以,针对存量网络,需要懂得如何割舍或再造。很多运营 商已经做好了加大投资来升级网络的准备,但他们仍希望进一步了解成 功的商业案例,以便最大限度地提高投资回报。

同时,运营商还需应对激烈的市场竞争。在这个新服务、新平台随时都可能涌现的时代,运营商的市场有可能被一些新玩家瓜分,如OTT玩家、云厂商等。这些新玩家基于自身的优势、愿景和目标可能会选用全新的商业模式,针对不用的应用场景,打造多种解决方案,在不少情况下,运营商只是他们连接的管道,例如融合了多个互联网巨头和运营商的安全智能解决方案。

在技术方面,许多新概念仍处于定义和验证阶段,如声明式建模、意图驱动、动态编排等,它们的规模用例实现和技术演化仍有待完成,AI/ML框架局限于实验室和概念验证。众多中小企业投入了大量的时间和精力,但投资与回报还不成正比。针对运营商提出的特定问题或要求,设备厂商制定了针对性的解决方案,但这类方案是否可以跨域部署还有待验证。

在标准化方面,从抽象到具体的用例实现,仍有大量工作要完成,这些用例涵盖了所有网络域、业务域。此外,如何使B2B2X生态系统中的运营商、设备制造商、OTT、互联网巨头都采纳这些标准、如何管理这些标准也是不容忽视的问题。这有助于快速地向其他垂直行业大规模输出高价值的B2B2X用例。



# 3.自智网络愿景与框架

基于TM Forum发表的IG1218<sup>16</sup>《Autonomous Networks - Business requirements & framework》以及其他刊物(详见TM Forum自智网络刊物清单<sup>17</sup>),本章介绍自智网络的基本概念,包括愿景、总体框架、核心理念和关键能力。

# 3.1 愿景

如图2所示,自智网络旨在通过完全自动化的网络和ICT的智能化基础设施、敏捷运营和全场景服务,为垂直行业和消费者用户提供零等待、零接触、零故障的客户体验,利用前沿技术实现"将复杂留给供应商,将极简带给客户"。此外,还需支持自服务、自发放、自保障的电信网络基础设施,为运营商的规划、营销、运营、管理等部门的内部用户提供便利。

# 3.2 自智网络框架和能力

TM Forum与论坛会员合作,共同构建了自智网络框架,该框架分为三个层级和四个闭环。其中,三个层级为通用运营能力,可支撑所有场景和业务需求:

- **1 资源运营层**:主要面向单个自治域提供网络资源和能力自动化。
- **2 服务运营层:** 主要面向多个自治域提供IT服务、网络规划、设计、上线、发放、保障和优化运营能力。
- 3 业务运营层: 主要面向自智网络业务,提供客户、生态和合作伙伴的使能和运营能力。

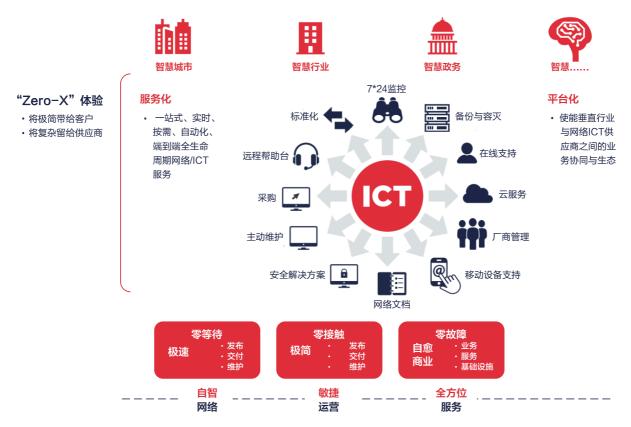


图2 自智网络愿景 TM Forum2021

#### 参老:

- $^{16}\ https://www.tmforum.org/resources/how-to-guide/ig1218-autonomous-networks-business-requirements-and-architecture-v2-0-0/2009.$
- 17 https://www.tmforum.org/resources/toolkit/autonomous-networks-toolkit/



四个闭环实现层间全生命周期交互,包括:

1 用户闭环:上述三个层级之间和其他三个闭环间的交互,以支持用户服务的实现。三个层级间通过意图驱动式极简API接

口进行交互。

2 业务闭环: 业务和服务运营层之间的交互。业务闭环可能会在其实

现中调用相关的服务闭环和资源闭环。

**3 服务闭环:**服务、网络和IT资源运营层之间的闭环。服务闭环可能

会在其实现中触发相关的资源闭环。

4 资源闭环:以自治域为粒度的网络及ICT资源运营间的交互。

自智网络的特点是以自治域为基础,实现数字业务闭环的自动化智能业务、服务和资源运营,从而提供最佳的用户体验、最大的资源利用率以及全生命周期运营自动化、智能化。

图3展示了不同层级各个闭环之间关联和交互的基本原理。用户闭环是拉通业务/服务/资源闭环的主线,而业务/服务/资源闭环则解决相邻层级之间的交互问题。相邻层级的交互被简化,由业务为驱动,并独立于技术或具体实现方案,如沟通和实现意图(业务/服务/资源),而不是基于意图机制和接口从技术的角度执行指令。业务意图、服务意图和资源意图用于相应层级之间的交互。

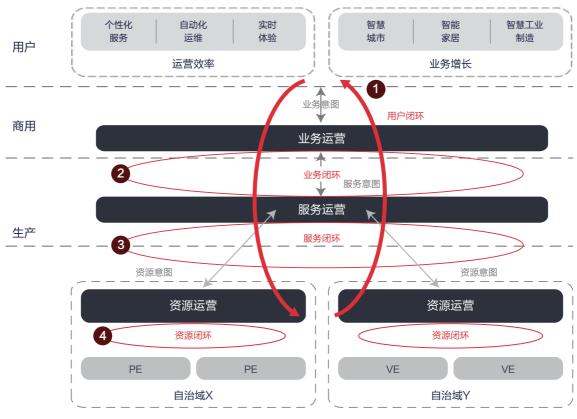


图3 自智网络框架 TM Forum 2021



## 3.2.1 自智网络分级

为了实现和衡量客户体验和SLA,TM Forum定义了自智网络等级,以指导网络和服务的自动化和智能化,评估自智网络服务的价值和优势,并指导运营商和厂商的智能升级。

**L0 – 人工运维:**系统提供辅助监控能力,所有动态任务都需要人工执行

**L1 - 辅助运维**:系统可根据预先配置,执行特定的重复性子任务,以提高执行效率。

**L2**-**部分自智网络**:在特定外部环境中,系统可以根据预定义的规则/策略,面向特定单元使能自动化闭环运维。

**L3 - 条件自智网络:** 在L2的基础上,系统可以实时感知环境变化,并在特定网络专业中进行自优化和自调整,以适应外部环境。

**L4 - 高度自智网络:** 在L3的基础上,系统可在更复杂的跨多网络领域环境中,实现业务和客户体验驱动网络的预测式或主动式的闭环管理,从而进行分析并做出决策。

**L5 - 完全自智网络:** 这个等级是电信网络演进的终极目标,系统具备面向多业务、多领域、全生命周期的全场景闭环自治能力。

自智网络分级评估方法相关的技术文献发表在IG1252<sup>18</sup>,描述了自智网络等级评估方法和操作流程、任务评估标准及评分方法等。

自智网络等级	L0: 人工运维	L1: 辅助运维	L2: 部分自智网络	L3: 条件自智网络	L4: 高度自智网络	L5: 完全自智网络
执行	Р	P/S	S	S	S	S
感知	Р	P/S	P/S	S	S	S
分析	Р	Р	P/S	P/S	S	S
决策	Р	Р	Р	P/S	S	S
意图/体验	Р	Р	Р	Р	P/S	S
适用性	N/A	选择场景 所有场景				
P 人 (手工) S 系统 (自主)						

表2 自智网络分级

# 3.2.2 自治域

自智网络业务涉及多个层级和多个闭环。自治域作为一个基础单元,可以基于网络功能和运营的业务处理,实现自智网络运营生命周期中特定环节的闭环自动化。这样即降低了技术复杂度,也屏蔽了不同厂商实现方案的差异,从而支撑自智网络的端到端业务需求。

自治域的边界是根据每个运营商的网络运营需求和业务决策定义的。自 治域的实例化可以由运营商根据一系列因素进行定义,如业务类型、网 络技术、部署位置和维护组织关系等。例如,从网络基础设施角度来



图4 自治域原理示例

看,自治域实例可以是接入网、城域骨干网、核心网、边缘网络和客户网络等;从业务角度来看,自治域实例可以是SD-WAN、VoLTE、CDN等。

自治域运营的基本原理如下:

- 单域自治:各个自治域根据业务目标以自动闭环模式运行,通过API接口抽象,向自治域的用户屏蔽域内技术方案、运营流程和单元功能等细节。
- ・**跨域协同**: 多个自治域可以通过意图简化接口与上层服务运营交互实现跨域协同,从而完成网络/ICT服务的生命周期。

自智网络参考架构的技术文献发表于 IG1251<sup>19</sup>。

参考:

<sup>18</sup> https://www.tmforum.org/resources/standard/ig1252-autonomous-network-levels-evaluation-methodology-v1-1-0/



## 3.2.3 意图驱动的交互

在TM Forum自智网络项目中引入了意图,用来表达用户需求、目标和约束,允许系统相应地调整操作方式,与不同域的用户进行交互。在自智网络等级的中低层级(例如L0~L3)中,用户需求、目标和约束可以使用策略驱动的操作和现有接口上承载的需求来实现。具有较高等级的自智网络(例如L4~L5)系统将能够通过意图驱动的交互来自动调整行为,减少人工干预。这种能力将通过引入无需人工干预的、全新的、定制化的服务产品,而提升业务灵活性。

关于意图的更多技术文献请参看IG1218<sup>20</sup>,和IG1253<sup>21</sup>《Intent in Autonomous Networks》。

#### 3.2.4 Self-X运营能力

为了支持用户闭环的全生命周期,自智网络的Self-X运营能力以分层的方式进行分类。这些能力不仅可以应用于单层/域内的操作,更是为了支持自智网络环境中的跨层闭环。

	<b>自规划/能力交付:</b> 提供网络/ICT服务规划、设计和部署的自定义(DIY)能力。
自服务	<b>自订购:</b> 提供网络/ICT业务的在线、数字化、一键式订购能力。
	<b>自营销:</b> 提供面向通用和/或个性化宣传/推广的自动化营销活动。
	<b>自组织</b> :按需实现业务/服务/资源的发放意图解析。
自发放	<b>自管理</b> :按需实现业务/服务/资源的交付编排和调度。
	<b>自配置:</b> 按需实现业务/服务/资源的交付配置和激活。
	<b>自监控/上报:</b> 实时、自动化持续监控和告警上报。
自保障	<b>自修复:</b> 实时SLA恢复,如性能、可用性和安全性。
	<b>自优化</b> :实时SLA优化,如性能、可用性和安全性。

表3 Self-X运营能力要求

# 4. 自智网络实现

本章从使用自智网络帮助商业成功的总体思路到实际案例,介绍自智网 络的实现方法。

# 4.1 自智网络实现方法

如图5所示,自智网络的实现是一个持续迭代、循环演进的系统工程, 具体涉及到"顶层设计、能力建设和评价体系"三个方面和一个"迭代 演进"循环。

# **关键要素: 3+1**

- 三个方面: 顶层设计、能力建设、评价体系
- 一个循环: 迭代演进(L1—>L5)
- 配套运营体系

#### 参考:

- 20 https://www.tmforum.org/resources/standard/ig1218-autonomous-networks-business-requirements-and-architecture-v2-0-0/
- 21 https://www.tmforum.org/resources/how-to-guide/ig1253-intent-in-autonomous-networks-v1-0-0/





图5 自智网络实现方法 - 整体框架

## 三个方面:

**1) 顶层设计:** 承接"提升运营效率"和"促进业务增长"两大自智网络业务目标。

根据自智网络分级标准,开展等级评估并进行体系化的顶层设计,输出 "战略目标、目标架构和演进路径"等关键内容。

在实际生产网络中,目标架构的资源运营层可能分解为两个子层: 网络管理层和网元层。通过简化接口资源运营层将封装好的能力开放给上层(服务运营层),可以屏蔽跨厂商或跨域资源管理的复杂性。

- **2) 能力建设**: 自智网络实现的最核心内容,包括网络能力建设和系统能力建设。
- 网络能力:通过协议优化、架构重构、能力建设,提升网络/网元的自动化、智能化能力。
- 系统能力:通过OSS改造升级(网络中台建设)、AI和大数据技术引入,提升包括"网络规划、工程管理、服务支持、运维、客户体验及资源管理"等运维管理自动化、智能化能力。
- **3) 评价指标**: 作为衡量自智网络能力提升对商业经营和业务运营目标影响的"标尺",确保能力提升满足企业商业价值实现和业务发展的要求。

#### 一个迭代演进循环:

自智网络能力迭代演进循环,将分级评估和评价体系作为衡量自智网络建设成效的标尺,推动自智网络按照L1—>L5的代际持续迭代、有序发展,形成迭代演进循环。如图6所示,通过三步骤循环,持续提升网络运营运维的自动化、智能化能力:

步骤1

**分级评估与短板识别**:针对场景化的运维流程,开展自动化、智能化能力的量化评估,识别共性问题和短板差异,制定有针对性的提升措施和实施计划。



图6 自智网络实现方法 - 迭代演进循环

步 骤 2 **系统建设与协调规划:** 在网络运营管理支撑系统方面(OSS),加强全网统一滚动规划,加快异构网络的系统更新。在网络设备方面,进一步细化各专业网络设备的功能技术规范,引导设备厂商提升设备自智能力。

步骤3

**应用试点与复制推广**:与设备厂商和OSS厂商合作,积极引入先进的自动化、智能化技术。在规模推广之前,选定局点或子网进行试点。在新应用部署之后,循环进入第二轮等级评估,迭代提高自治能力。

#### 配套运营体系:

为适配自智网络的建设,网络运营体系,包含"企业文化(制度)、组织架构、工作流程、人员技能"等多个方面,也需要进行相应的调整或重建。



## 4.2 自智网络参考商业解决方案

本节重点介绍一系列使用自智网络框架的案例,通过相关的商业成果和跨生命周期闭环,阐明如何使用自智网络的能力和机制。各个案例与自智网络self-X运营能力的映射关系见图7,更多案例参见IG1218A<sup>22</sup>。

参考商业解决方案的筛选,综合考虑"技术可行性、业务导向、能力提升和价值优先"等因素。这些案例系统地展示了自智网络在网络运营的各种业务场景中的作用。



图7 自智网络能力在参考商业解决方案中的应用示例

# 4.2.1 使能垂直行业

#### 案例: 自智网络超环, 助力智慧行业 - 智慧农业

全新的颠覆性数字化业务实现完全自治,具备零接触和零故障运营的能力,将彻底改变商业经营和交互方式。这些新的数字化业务为运营商开辟新市场、提供新服务、拓展新客户、增加新收入创造了条件。

为了能够更加敏捷、提供更多的数字化业务,如智慧工业、智慧城市、智慧健康,运营商需要实现自动化、智能化运营,以市场所接受的成本和响应时间交付这些服务。自智网络使能垂直行业数字化转型案例如图8所示。

自智网络具有**零等待、零接触和零故障**的特点,使能运营商业务变现,满足多样化的垂直行业应用需求,运营商、政企客户、消费者用户、第三方数字服务提供商都将受益于自智网络所带来的极致客户体验和更高的运营效率。

智慧农业是一个典型的自智网络应用案例,是运营商提供智慧农业解决方案和服务的关键。该解决方案通过大量联网的、分布在大型复杂农场的物联网设备,实时收集和分析农业生产相关信息和数据,如拖拉机位置、天气预报和土壤湿度等,帮助农场主实时管理农作物和牲畜,提高效率并增强盈利能力。

智慧农业案例,利用无人机改善水稻种植、优化种子使用,避免不利天气种植,并提高工作效率。这些无人机连接到无线网络,通过传感器和天气预报等来源收集大量数据,对数据进行整理,并通过智能手机的应用程序将实时视频回传给农场主。机器学习和AI基于这些信息,推荐最佳种植时间和地点以提高产量,提前发现疾病迹象,提出建议和具体措施,降低疾病风险。



参考:

22 https://www.tmforum.org/resources/how-to-guide/ig1218a-autonomous-networks-case-studies-v1-0-0/



#### 自智网络解决方案架构

要实现上述垂直案例的自智网络,需要成熟的资源闭环、服务闭环、业务闭环和用户闭环。具体实现架构如图9所示。

**业务运营** - 此层展示业务规则和业务意图,用于使能自规划和自营销,以向其最终用户和业务合作伙伴提供零故障产品。它定义了主产品目录,并将业务意图转译为服务意图,并集中管理自订购流程,包括自动下单、工单调度和管理。

服务运营 - 此层展示服务生命周期管理,包括服务的业务履行、质

量管理和问题管理。它承接业务意图,并提供服务的自服务、自发放、 自保障等,以确保服务意图到资源意图的准确转换。

**资源运营** - 此层展示自主资源管理功能,用于自发放和自保障物理、虚拟和逻辑资源,实现资源意图并满足客户需求。资源运营定义和治理资源实例化、配置、资源生命周期管理和性能度量。

运营商可以利用上述跨垂直/领域通用的技术架构,变现和支持Smart -X行业,如智慧城市(智慧旅游、智慧农场、智慧能源)、智能制造和智慧医疗。

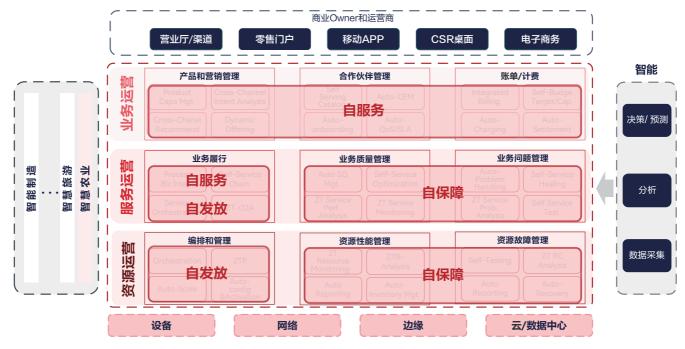


图9 自智网络的简化解决方案架构

#### 运营商使能智慧农场

运营商智慧农场解决方案,基于具备Zero-X体验的自智网络业务和技术架构,帮助农场主实现低成本、高效率的农场管理。此架构跨越多层,包括具备高清视频功能的边缘海龟机器人和无人机,分布于边缘的AI和洞察分析,5G网络及集中化的操控系统。图10展示了智慧农场自智网络的参考架构。

上述智慧农场案例旨在演示第三章所述四个闭环(资源、服务、业务和用户)的运行过程,以5G网络作为连接主体,在边缘提供视频分析能力。以服务自保障为例,介绍自智网络能力的应用,详细信息可在《TMF catalyst project – Autonomous Networks Hyper Loops (ANHL<sup>23</sup>)和相关白皮书<sup>24</sup>中查找。

# 服务自保障

为农场主提供无缝自主服务的关键要素之一是零故障业务保障,它实现

了业务质量的飞跃性提升,从人工被动排障转变为自主预测预防的自优化和自修复网络。服务自保障不仅实现了网络故障对智慧农场业务的零影响,同时还优化了服务提供商的提供"零中断和零故障"服务承诺的总拥有成本(TCO)。

下面描述的自主工作流程旨在为农场主提供零中断业务。服务自保障工作流程的关键要素如下<sup>25</sup>:

- ·业务和资源使用监控(QoS/QoE/SLA)
- ・自主业务实例(PM和FM)分析
- · 零接触业务事件报告和LCM
- ・自主根因分析
- · 动态资源扩缩容与优化
- 基于意图的闭环补救
- · 自动临时或永久修复



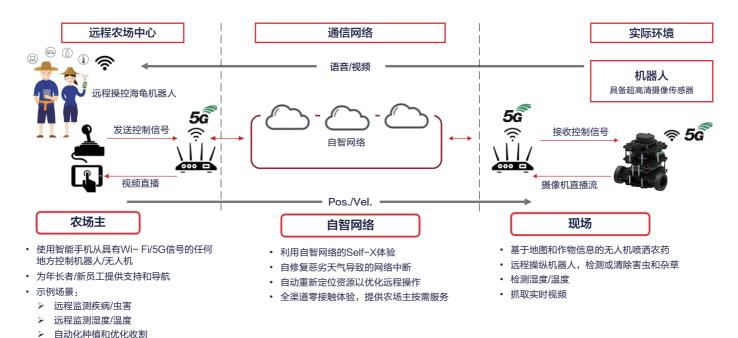


图10 智慧农场案例

图11展示了服务自保障工作流程所涉及的多个self-X运营能力,self-X运营能力的运作模式如下:

**自监控 - 零接触服务监控**:根据既定的QoS和SLA要求,自动监控"服务可用性、资源性能和可用性",预测并及时报告服务和资源状态,并触发预防措施/预案的启动。

自监控/报告 - QoS/SLA管理: 利用自监控功能,根据既定的SLA管理网络服务和网络资源,并通过意图驱动交互的自动化事件管理及其生命周期管理,实时报告服务和网络资源状态,这些操作将在资源运营层服务运营层进行相应地处理。

**自优化/自修复-服务质量/故障管理:** 利用自动隐患预测和自动故障识别功能,自主管理服务质量、服务/网络问题。

**自优化 - 零接触服务性能分析:** 根据服务性能趋势和风险预测,系统利用AI、机器学习能力评估资源/服务编排效率,并自主提出预防性优化措施。

**自修复-零接触服务性能影响分析:**根据生成的事件和预测的服务实例问题,系统利用AI、机器学习能力预测和描述资源影响、服务影响,并自主进行根因分析,指导进一步操作。

**自优化/自修复 - 闭环补救**:基于服务性能分析、服务告警事件分析,系统利用自优化、自修复、自测试能力,自主地重新定位或分配资源(例如扩缩容),以提供意图驱动的服务保障。

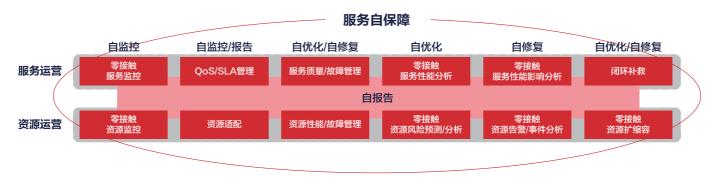


图11 服务自保障工作流程



## 4.2.2 客户体验

HKT用例: 客户体验评测指数 (Customer Experience Intelligence, CEI+)

全球众多运营商都在通过构筑企业级客户体验评测指数CEI+ (Customer Experience Index+),改善客户体验管理水平。CEI+以体验为中心,联结商业、服务和资源意图,面向客户全生命周期对客户体验进行综合评测,并能大规模、准实时、自适应感知客户体验,近乎真实地反映客户体验和情绪,识别和预测影响商业结果的体验差距,实现体验驱动的跨层跨域闭环,提升自智网络成熟度。

#### CEI+支撑四个闭环

在客户与运营商产品和服务交互的过程中,CEI+能够准实时感知客户体验;同时,从客观的角度理解客户体验与业务、服务和资源意图的关系,进而改善业务运营和服务运营,以及最大限度提高资源运营效率和质量,最终提升客户体验和全生命周期价值,实现用户闭环和商业成功。

图12从自智网络框架的角度展示了客户体验评测指数CEI+如何为各层级闭环提供重要支持。

下面围绕客户全生命周期理论体系,分两类场景说明CEI+支持自智网络 各层级闭环的应用逻辑。 场景1:对于体验差(如5G CEI+分值低)的客户群体,优先实施用户 关怀和体验提升计划。

从用户视角出发,基于CEI+分值低的客户群体,驱动业务、服务和资源运营层面考虑相关的优化措施。例如:客户已订购5G套餐,但是常驻区域没有5G覆盖或5G弱覆盖,导致CEI+分值长周期趋势走低,说明客户5G业务体验差,存在投诉和离网风险。跨层协同逻辑如下:

- · 业务运营层:通过CEI+自动识别客户体验与业务、资源不匹配的情况,如:1)5G套餐用户常驻区域5G网络未覆盖或质量差;2)5G套餐用户使用4G终端。驱动5G网络覆盖或质量优化,牵引客服或市场部鼓励非5G终端客户更换终端,同时,对潜在投诉客户或价值客户进行主动关怀。
- ·服务运营层:核查客户的业务订购和履行状态,发现问题则向业务运营层自动发起预警信息,并驱动问题自动解决和修复,如果不能自动修复,进行问题升级。
- · 资源运营层: 从服务运营层中获取信息,在目标区域提供足够容量的 5G覆盖及优质的网络质量。如果对应的自治域难以在特定时间内满 足要求,资源运营层通知业务和服务运营提供替代解决方案,例如: 向客户授予额外的优惠业务。
- 在实施必要的资源层优化(网络覆盖及质量优化)、服务(服务履行优化)和业务层优化(更换终端、主动关怀或升级合适的套餐)后,持续观测客户体验指数CEI+分值及趋势,如提升即有效实现了用户闭环,表明客户体验得到改善,业务发展也得到实质提升。

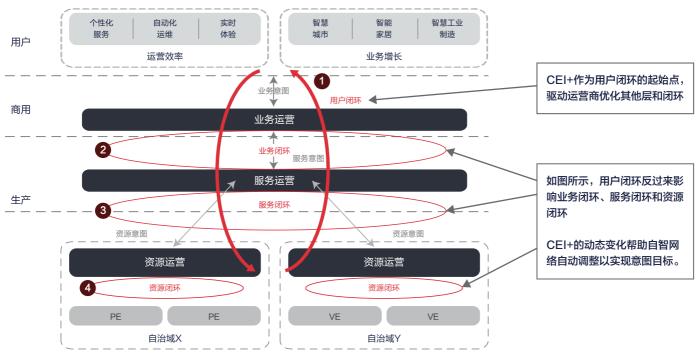


图12 客户体验评测指数CEI+提供闭环支持

场景2:对于体验好(如4G或5G CEI+分值高)的客户群体优先营销增收。

从用户视角出发,基于CEI+分值高的客户群体,驱动运营商市场部门实施精准营销;同时,客户也可以通过运营商自服务渠道购买套餐,满足自己的个性化需求。例如:引导体验好的4G用户(CEI+分值高)升级至5G,也可以鼓励体验好的5G用户购买高频需求业务套餐满足其高质量生活,如高清视频、Cloud VR游戏等。跨层协同逻辑如下:

- 对于4G升级5G的客户群体,首先检查资源运营层,查看客户常驻区域是否有良好的5G覆盖和网络质量,资源运营层的信息被反馈到服务运营层
- ·如果需要额外投资,服务运营层将信息传递至业务运营层进行决策, 然后,业务决策结论再传递给服务运营层。如果不需要额外投资,业 务运营则可以自动触发营销推荐活动。



总之,客户体验评测指数CEI+在帮助运营商提升客户体验方面起着关键作用,对实现自智网络至关重要。此外,还为运营商的不同职能部门提供以下服务,帮助他们实现业务目标:

•通过"1+4"框架的智能体验运营体系,实现业务意图跨职能闭环, 释放业务潜能:

#### ☆ "1" 是指统一的客户体验战略;

- ☆ "4" 是四大措施:构建高层客户体验管理团队、企业级客户体验评测指数(如CEI+)、以客户为中心的文化、数据驱动的数字化运营管理协作能力,支撑战略落地。
- · 从客户旅程的角度出发,以体验为中心,联结商业、服务和资源意图,为各层级闭环的分析、决策和执行提供深入洞察。
- ·基于用户体验和商业成功的视角,评估和提升闭环任务执行效率及有效性,改善投资回报。

#### 业务收益和成果

通过实践,全球多家运营商的业务运营水平得以持续改善:

- ·香港电讯(HKT)5G用户数保持强劲正增长,年内将实现全网5G用户20%的比例;同时,今年上半年月离网率同比下降约20%。
- •阿根廷电信(Telecom Argentina,TA)实现了不同职能部门(如市场、客服、网络等),使用统一的语言(CEI+)来管理和提升客户体验,运营效率也得到有效改善。
- ·沙特电信公司(stc)认为CEI+是其数字化战略迈向"新常态"的支点。早期stc采用CEI衡量管理客户体验,现升级至CEI+,这使他们能够定制每个客户的用户体验,以更好地了解客户与其品牌互动的情况、及体验诉求的变化对客户终身价值和企业财务的影响,也可以更加全面地评价客户体验投资的效果。

#### 下一步规划及展望

基于智能体验运营体系的客户体验评测指数(CEI+)将帮助香港电讯(HKT)在自智网络用户闭环领域达到L4级,并往自治运营演进。同时,香港电讯(HKT)计划将CEI+应用于垂直行业,例如,在其医疗服务平台业务中引入CEI+实现客户体验自治管理,基于该平台的行业伙伴可以自助管理业务体验,与运营商有效协同。

安徽移动正在研究如何将CEI+应用于运营运维中,增强智能体验运营体系在时效性、准确性、投资成本间的灵活、可变的均衡,实现更高效的客户体验保障。

未来,基于CEI+的新运营模式将改变所有职能部门的思维方式,以更好 地服务和赋能运营商的客户,包括公众和企业客户等,最大化释放数据 和体验价值,加速数字化转型,使运营商业务得以长足发展。

# 4.2.3 云网融合

2020年以来,全球企业加速将业务迁移上云,并逐步将关键信息系统和核心生产系统上云。云网融合是业务需求和技术创新并行驱动的网络架构变革和网络能力升级,是运营商提出并推动发展的概念,旨在发挥运营商"广域网络、规模DC和属地服务"等优势,为最终客户提供云网一体化的业务和服务。

云网融合业务已成为很多政府和企业上云时的优先选择之一,但在"业务开通、品质管理、故障管理"等生产场景中,仍存在"订购不便捷开通放周期长、云网体验不一致、端到端SLA难保障、业务恢复/故障处理慢"等问题,与客户的期望还有差距。客户期望和差距原因分析见表4。

商业场景		客户期望	差距原因分析	
	业务开通	・随时随地入云、一网入多云 ・云网业务一站式按需订购和变更, 即时开通	<ul><li>・按订单分别开通云和网络服务</li><li>・跨省业务分段开通,统一编排、跨域协同不足</li><li>・工单调度、业务配置激活还有大量人工参与</li></ul>	
SLA	质量管理	・差异化SLA ・端到端确定性SLA可保障	・各段网络的SLA整合到一起不等于端到端SLA ・端到端SLA的监测、预测自治能力较弱	
	故障管理	・客户侧业务零中断 ・故障快速修复	<ul><li>・网络与业务的映射关系复杂,云专线需要多段管道拼接实 现业务的端到端打通</li><li>・业务/故障自修复能力不足,跨专业故障定界定位仍是难题</li></ul>	
云专线		・在线自助服务 ・新业务快速TTM ・有保障的差异化SLA ・Zero-X运营体验	<ul><li>・协议复杂,手动云和网络配置效率低;</li><li>・不支持网络切片;</li><li>・业务体验不一致、不可预测;</li><li>・故障定位、预测和分析效率低下。</li></ul>	

表4 云网融合的挑战和期望概述



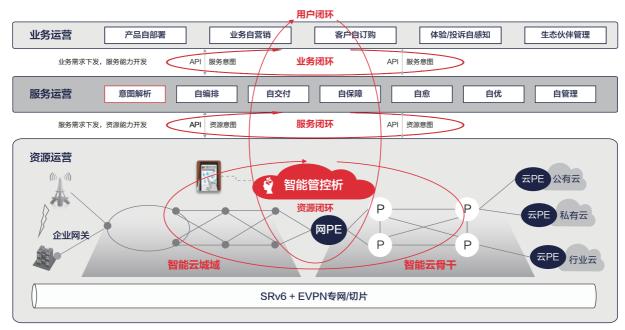


图13 云网融合智慧运营解决方案架构

# 中国电信用例:云网融合智慧运营

中国电信云网融合智慧运营解决方案采用了"网随云动、云网一体"的架构和理念,引入了"SRv6、随流检测、AI和云网大脑"等ICT技术和云网运营系统,全面提升"云网资源拓扑和状态实时自感知、资源统一自编排、SLA策略自生产、业务激活自配置、业务质量和云网故障自保障、自修复、自优化"等多个自动化、智能化能力。云网融合智慧运营解决方案架构见图13。以下商业场景,使用了自智网络相关能力的解决方案:

- 业务开通: 业务运营层面向政企客户提供行业模板,客户按需一站式订购和变更云网业务;综合客户对"SLA和成本"的要求,自动生成SLA策略并驱动服务和资源运营层进行配置;然后,服务运营层基于云网统一运营支撑系统,集成业务开通各段能力,统一编排云网资源,实现面向客户的一键式开通;最后,资源运营层部署云网POP,支撑用户随时随地快速入云;资源运营层开放底层能力,实现VPN、隧道、切片等的自动配置,支持业务快速开通。
- 质量管理: 业务质量和客户体验驱动服务和资源运营层的单域自和 跨层联动闭环。业务运营层面向政企客户提供云网业务可视化自管理 客户端;面向内部运营运维,构建云网信息全视图、支撑智能营销、敏捷开通和跨域协同运维。服务运营层实时汇集各段网络(自治域)的资源状态和业务质量信息,可视化呈现业务SLA情况,实现端到端 SLA分析预测和自保障,并自动生成自修复或自优化策略;资源运营 层根据服务要求,基于telemetry和随流检测等技术,实时感知、分析并上报各段网络质量情况,并基于SRv6技术,实现网络的自修复或自优化。
- •故障管理: (1) **服务运营层**呈现业务和网络的映射关系,集成云网业 务相关专业、各段网络的告警或故障信息,触发服务故障恢复意图。

(2) **资源运营层**通过资源编排调度翻译意图,整个过程实现业务零中断。**资源运营层**各自治域实时自动上报告警/故障或隐患,自动完成重置重启等自修复动作,促进故障快速修复。

面向高阶自治能力,研发"**意图解析模块**",构建通用的意图解析和反译能力,为三层运营基于意图实现4个闭环提供能力支撑。

云网一体化敏捷开通和智慧运营解决方案采取统一规划、先单域自治再 跨域协同的模式进行试点验证和生产网络部署,分条线分模块推进,持 续迭代升级。目前已经实现了"业务开通、5G业务质量管理、故障管 理"三大场景的规模部署,具体成效如下:

- · 零等待、小时级业务开通: 5G切片配置和码号签约全流程自动开通,已在京粤苏浙四省30多个客户项目中应用落地;产品部署上线、订单受理到开通全流程自动化,产品加载从月/周提升至小时级,平均每项目节约人工20人天以上,自智网络等级从L2.1提升到L3.0。
- · 差异化、端到端SLA保障:通过5G全业务智能感知和诊断能力,实现联动告警派单,端到端自闭环。目前一级系统已在中国电信中国31省子网部署,开始运行分析处理31省数据,进行SLA监测保障,自智网络等级从L1.9提升到L2.7。
- ·**零故障、分钟级业务恢复**:云网隐患AI自动识别,已在中国电信29个省分子网部署,实现隐患分钟级发现、业务分钟级恢复、故障小时级处理。故障自动处理率达到40%,重大事故业务自动恢复率60%,处理效率提高85%,自智网络等级从L1提升到L2。



# MTN用例:云网融合专线自动开通、智能 运维

MTN的云网融合业务,支持用户在线自助服务,支持网络切片,提供差异化SLA保障,支持Zero-X极致体验。但是,由于协议复杂、云网配置复杂、业务可视性不足、故障检测和分析操作困难,在自动化运营方面仍然存在差距。为了成功实现云网融合,需要实现运营系统的自动化以及网络的自治,以保证网络能力就绪,提升运营服务效率。

云网融合业务流程的生命周期与自智网络"三层四闭环"框架深度融合,见图13,具体如下:

- · 资源层闭环:建立基于分层的切片专网,利用SRV6+EVPN和可编程 自优化路径的技术,实现面向租户的SLA实时感知和可视化;面向上 层OSS开放网络服务API接口,用于快速接收服务请求。
- ·服务层闭环: Zero-X业务体验和Self-X能力提升运营服务效率。例如: 通过复杂的跨域故障定界和分析实现零中断服务故障恢复,推动资源层的自优化和自修复。恢复状态会上报给业务层,实现智能运维。
- · 业务层闭环:该层实现一键式快速调度、一跳上云、一网全连接业务服务能力。业务意图在上层业务层驱动,并通过开放API与下层服务和资源层交互。通过AI算法驱动云网资源高效调度,建立跨域云访问路径,分钟级多云访问,构建基于分层切片的专用网络,为高价值客户提供有保障的差异化服务。

# 中国移动用例:面向企业客户的云网专线 自动开通

传统的云网专线业务是手工开通的,涉及业务分析、资源勘测、命令编译、验证和测试等多个不同步骤,端到端业务开通通常需要几天时间。

中国移动面向企业客户的云网专线自动开通解决方案,采用容器化和微服务架构,提升了网络自动化能力,显著提高业务开通效率。采用自智网络三层框架,具体技术路径如下:

- · 实时网络感知:资源运营层通过多种协议实时采集每个自治域的网络 状态和性能数据,如简单网络管理协议(SNMP)、命令行接口 (CLI)、NetFlow、遥测和双向主动管理协议(TWAMP)。服务运 营层对自治域进行高层次的端到端分析。
- · **零接触业务开通**: · 业务运营层根据网络的整体实时状态,动态计算 最优路径并执行自动配置。采用AI驱动的网络路径计算,只需几秒钟 就能得到结果。资源运营层为服务开通提供动态、准确的资源分配。
- ·自管理,高效敏捷部署:资源运营层通过NETCONF(一种高效的完整事务协议)提供原子能力。通用能力可以按需快速开发,并在多种情况下共享和重用。服务运营层将这些能力组装起来,实现面向服务的能力,供业务运营层调用。

云网专线自动开通解决方案实现了从服务订阅到服务发放的端到端流程 零接触、零等待等自智网络特性,云网专线开通时间缩短到几分钟,提 高了客户满意度,并将中国移动的自智网络等级从L1提升到L3。



## 4.2.4 家宽业务

## 中国移动用例:品质家宽智能运营

2020年疫情过后,家庭办公和在线教育的刚性需求被激活。视频直播、XR游戏、智能家居等新应用的快速普及,进一步推动了家庭宽带业务特别是干兆宽带的发展和普及。多样性的需求和业务对宽带速率、时延、可用性和故障恢复提出了更高的要求。因此,如何全面准确地感知每个家宽用户的业务体验,提供确定性的的业务保障,通过增值业务的精准营销获得更大的商业价值,是运营商在家宽业务运营中需要解决的关键问题。

- 体验保障:现有的运营系统的业务体验感知不敏感、故障定位不准确、投诉处理不及时等问题,严重影响家宽业务的用户体验。
- 价值提升: 无法准确识别用户对质量提升(不同SLA保障)、家庭网络、智能家居等价值提升服务的需求。

中国移动充分吸收自智网络"单域自治、跨域协同"的理念,引入 Xgboost算法、边缘计算、遥测秒级采集、大数据分析、网络拓扑还原 等技术,打造了品质家宽智能运营解决方案(方案架构见图14)。该方 案聚焦于提升各层的Self-X运营能力,如目标客户的自营销、服务质量 的自监控/报告、网络资源的自编排、故障的自修复、性能的自优化等, 结合跨层协同和闭环机制,实现精准价值提升和主动业务体验保障。

#### 自保障业务体验、自修复和自优化:

- · **业务运营层**实时监控和上报用户体验,主动识别体验差的用户,预测 投诉和预防群障,驱动用户营销或留存,提升业务和网络质量。
- **服务运营层**实时自动分析视频和游戏流量的各种码流,精细识别流量 类型,并根据预设的不同阈值感知不同流量的质量问题;实时编排和 调度资源,保证服务质量。
- ・资源运营层基于分布式OLT边缘计算和云平台AI, 自动识别top 50+

质差应用,并上报业务或网络故障。对于诊断出的质差链路,采用光谱聚类算法分析性能指标,包括:光电流、功率、误码率,快速定位端到端网络问题。

#### 目标客户自营销,精准价值提升:

- ・业务运营层根据用户偏好和资费自动推荐营销活动,并提供自助订购服务。客户可以按需订购业务,灵活组合服务。
- **服务运营层**综合分析用户业务、资费、体验和网络信息,识别增值业务目标客户。
- · **资源运营层**提供用户位置的网络和资源信息,提供客户服务偏好和业 务体验感知。

该解决方案已在河南、浙江、北京、四川等多个省级运营商的网络进行了试点部署和商用,主动识别了45万例质差问题、8000条质差线路和150条质差内容源,诊断率达到90%。网络问题在客户投诉之前得到了处理,有效提高了家宽服务的满意度,自智网络等级从L2提升到L3。

#### 零中断主动体验保障:

家宽质差业务主动识别准确率达到95%,用户体验显著提升83%,平均故障定位时长从2.1小时缩短到10分钟。该系统准确识别网络瓶颈,推动扩容规划,平均用户速率提升45%。

#### 自营销提升质量和收入:

增值服务目标客户识别率达到95%。智能家居组网套餐的自动营销成功率提升了30%。

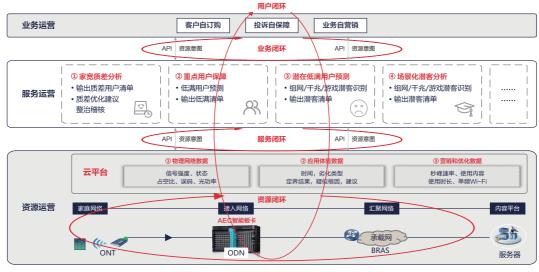


图14 品质家宽智能运营解决方案架构

#### 参考:

- <sup>23</sup> Autonomous networks hyperloops Enabling self–X digital services for smart–X verticals Phase II TM Forum
- <sup>24</sup> Whitepaper\_AN\_Enabling\_Self\_X\_Digital\_Services\_for\_Smart\_X\_Verticals.pdf (tmforum.org)
- 25 Assumption: Service operations layer interacts with resource operations layer based on Resource Intent which is decomposed from Business & Service Intent



## 4.2.5 云核心网智能运维

核心网作为整个通信网络的核心层,是使能数字化转型的关键,也是运营商网络走向自治的关键。随着网络功能虚拟化(Network Functions Virtualization,NFV)、基础设施虚拟化和网络设备软件化等技术的发展,核心网正在逐步向云化和集中化演进。这带来了以下挑战:

- ·云化网络跨层故障定界定位难度更大:云化网络运维需要多领域、多 厂商协同,故障定位时涉及多维度数据综合分析。
- •集中化网络风险和故障影响范围更大: 网络故障的影响范围越来越 大,网络架构复杂,缺乏有效的运维手段提前发现潜在风险。
- 重大故障容灾恢复能力要求更高: · 很难在短时间内判断出根因的故障网元,盲目操作可能引发次生故障。重大事故的容灾倒换成为最棘手的运维场景之一。

云核心网智能运维解决方案通过体系化自治域AI能力使能智能运维转

- 型,全面提升了云核心网运维的自动—自修复—自优化能力,大幅提高了故障和隐患识别、定位和影响分析、故障恢复处理、网络变更操作四大场景的智能化程度,全面提升零中断、零故障的网络体验。云核心网智能运维解决方案架构见图15。
- ·故障与风险自识别:增强资源运营层的单域自治能力。面向日常维护、预警、网络变更等多种场景,通过AI建模和动态检测识别劣化指标。
- ·定位和影响分析: 利用AI和大数据技术挖掘网络隐患,并从空间时间 维度综合分析网元告警、配置、KPI、日志等故障信息。系统自动完 成跨层问题定界,缩短故障诊断处理时长。
- •故障自修复:构筑智能容灾辅助能力,快速匹配应急场景,基于AI与流控模型进行信令冲击仿真,快速完成容灾倒换评估。
- · 网络变更操作: 通过自动化的多维度验证,实时快速对设备进行全方位准确的检查。

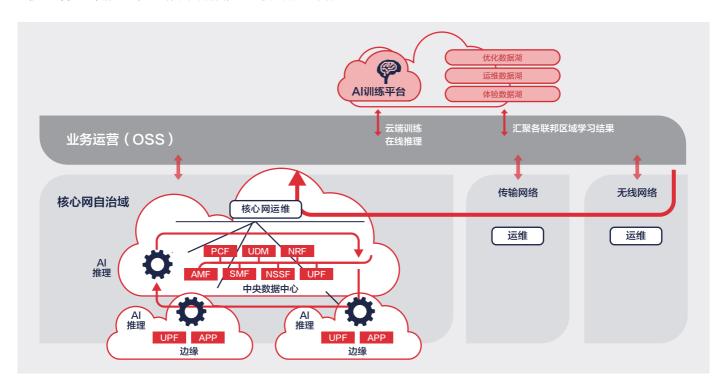


图15 云核心网智能运维解决方案架构

该方案已在河南移动、江苏移动、浙江移动、江苏联通等多个省级运营商的网络进行了试点部署和效果验证。从试点效果看,该方案带来了巨大的增益。

- ·5分钟故障识别:重大故障的平均识别时间不超过5分钟。系统通过AI自动推荐典型故障场景,减少人为分析。
- ·15分钟故障定界: 典型故障平均诊断时长从60分钟缩短到15分钟,并覆盖超过80%的跨层故障。
- ·10分钟容灾评估: 重大故障可在5分钟内识别。重大中断故障的平均修复时间(Mean Time to Repair, MTTR)缩短35%。
- ・自智网络等级提升:提升自智网络等级,推进云核心网运维向L3等级自智网络迈进。



## 4.2.6 传输网络和承载网络

# MTN用例: 数智光分配网

自智网络是MTN全光接入(fibre to the x,FTTx)业务战略的核心,而光分配网络(Optical Distribution Network,ODN)是FTTx解决方案的基石。数智光分配网(Digital Quick Optical Distribution Network,DQ ODN)解决方案有助于实现基础设施资源的数字化,提升运营效率和业务体验。传统ODN网络采用人工管理模式,运营商无法直观地获取资源和拓扑信息。DQ ODN解决方案实现了资源运营层管理数字化和拓扑可视化,服务运营层管理业务的在线发放、扩容和故障管理服务。DQ ODN解决方案架构见图16。

DQ ODN解决方案融入了三大创新:光缆预连接设计、创新图像算法和光学虹膜技术。随着DQ ODN解决方案的实施,FTTx在以下几个方面实现网络自动化、智能化:

#### 资源闭环:

- · 远程自动验收: 远程检测FAT端口插损数据并自动记录到ODN管理系统中。
- · ODN拓扑还原: 基于ODN资源数据库,可以自动显示、恢复与更新端到端拓扑信息,包括无源光网络 (passive optical network, PON)端口、主干光纤、光纤分纤箱 (fiber access terminal, FAT)端口、配线光纤和光网络终端 (optical network terminal, ONT)连接。

- **ODN光链路分析**: 实现端到端分段(主干、配线、入户)监控与分析光链路插损数据。
- ·动态资源监控:可以远程自动监控FAT端口利用率。

#### 服务闭环:

- **业务快速发放**: 支持在线检查FAT端口资源可用性,实现一次上站即可完成业务发放。
- **敏捷扩容**:准确识别需要扩容FAT端口的区域,避免无效扩容,提高资源利用率。
- 在线故障定界定位: 无需现场逐段故障定界定位,缩短平均故障处理时长。
- · 主动光链路维护:精准识别需要整改的区域,主动分派维护任务。

#### 业务闭环:

通过资源层和服务层100%准确的存量信息,业务层能够提供动态的在线服务,包括:提供放号地图、实时检查新用户开通的资源可用情况、分析营销数据以及提高客户实装率。

随着DQ ODN解决方案的实施,FTTx网络规划、建设、运营、维护和营销业务流程和活动会更加可视、可管和自动化,使网络具备Self-X能力。推动向更高级别的自智网络运营迈进。

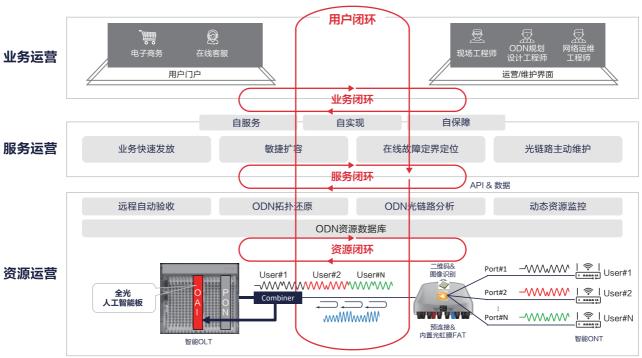


图16 DQ ODN解决方案架构



# 中国联通用例: 5G承载网智能运营

零等待业务发放和确定性SLA保证

随着5G网络的快速部署,5G承载网的业务发放效率和SLA保障能力是运营商重点关注的领域之一。实现这项能力的自动化存在以下挑战:

	挑战	原因
业务发放	<ul><li>・业务发放主要依赖于 人工操作。</li><li>・忙时和闲时的业务发 放工作量差异很大, 因此很难平衡人员配 备和利用率。</li></ul>	・离线资源分配容易引 发冲突,资源难以回 收。 ・手动配置易出错。 ・工单记录输入涉及多 系统数据同步。
SLA保障	传统质量测试无法确保与实际业务SLA相一致。      跨技术领域的故障定位往往长达数天甚至数周。      故障恢复时间长。	<ul><li>・业务SLA自动监控能力不足。</li><li>・无法实现逐跳故障定位,实现难度大。</li><li>・缺乏自动化智能倒换优化方法。</li></ul>

表5 承载网自动化面临的挑战

为应对这些挑战,5G承载网智能运营解决方案基于"单域自治、跨域协同"的理念,引入AI、按需检测、Telemetry等技术,构筑Self-X能力,全面提升了业务发放和SLA保障两大运营场景的效率。5G承载网智能运营解决方案架构见图17。

- · **业务发放**:通过业务运营层资源自编排和资源运营层工参自配置实现业务发放闭环。
- ·SLA保障: 网络资源运营层故障自动上报+业务运营层跨域故障定位和业务自恢复,实现SLA自保障。

该方案已在国内多个省分公司部署,明显提高了业务发放效率和SLA保障。具体成效如下:

- ·承载网零等待、分钟级业务发放:单线路激活效率从45分钟缩短至2分钟,激活准确率达到99.999%,且无需人工干预。自智网络等级达到L3。
- · 实时业务SLA控制: 5G承载业务SLA实时可视,支持业务SLA多维度、多周期统计分析。
- ·零中断、分钟级业务恢复:业务在短短几分钟内自动修复。跨域质差问题定位时间从数小时缩短到5分钟。基站群障处理效率提升60%以上。

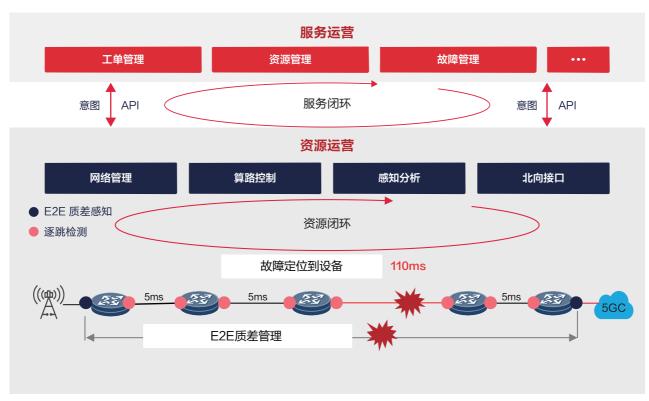


图17 5G承载网智能运营



#### 4.2.7 数据中心节能

# 中国移动用例:数据中心"智冷"空调

随着全球数字经济的快速发展和持续的行业数字化转型,全球范围内数据中心的需求和建设规模逐年增长。在此背景下,数据中心的能耗占全球能耗的1.3%以上。数据中心制冷设施的能耗约占数据中心能耗的30%。因此有效降低制冷系统能耗,优化能源利用效率(power usage effectiveness,PUE),对于中国移动实现低碳创新、降本增效至关重要。

数据中心传统的PUE优化模式主要依赖于人工运维。该模式存在两个限制.

- **专家经验优化效果有限**: 最终PUE很大程度上取决于运维人员是否有 节能优化经验。
- ·优化周期长: 优化过程涉及数十种设备参数。IDC空调系统中存在 1000多种参数组合,通过人工调测的方法很难快速找到最佳优化方 案。

数据中心"智冷"空调解决方案采用"自治调优、云地协同、持续迭代"的架构和理念,引入自动化、AI智能平台、机器人流程自动化(robotic process automation,RPA)等技术和系统,采用多指标时空序列预测和深度神经网络算法,根据室外温湿度历史数据,主动预测后续运行工况和空调能耗,实现"节能策略自动化闭环、节能模型自演进"的能力。数据中心PUE智能节能解决方案架构见图18。

数据中心"智冷"空调解决方案对数据中心制冷系统进行优化调试,达到"全自动、短周期、更节能"的效果。

#### ・节能自动闭环:

- (1)数据自采集,资源层通过群控系统自动采集制冷设备的运行参数 和状态数据。
- (2) 节能配置自动下发与执行。业务层数据中心基础设施管理系统 (data center infrastructure management, DCIM)自动进行节能 配置推理。RPA机器人实现了不同厂商系统之间的无缝对接。群控系 统自动下发并执行节能配置。
- (3) 节能优化自迭代,通过设置策略更新周期,多次迭代快速优化水冷系统参数,达到最佳节能效果。
- (4)节能效果可视化。

#### · 节能模型自演进:

云地协同实现数据中心节能模型的自动更新和闭环。

- (1)数据样本自动采集并上传到云端AI平台,模型自动重训练。
- (2)自动将更新后的模型下发到本地DCIM,实现节能模型的持续自演进。

与传统专家模式相比,数据中心PUE智能节能解决方案具有更高的优化效率和更好的节能效果。根据安徽移动试点应用数据,数据中心制冷能耗可进一步降低8%-15%。该方案在全网推广后预计每年将节省电量2.2亿干瓦时。

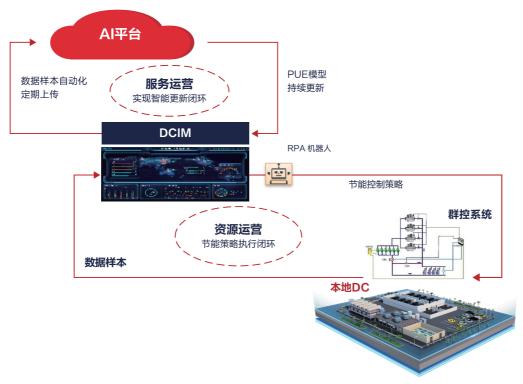


图18 数据中心"智冷"空调解决方案架构



## 4.2.8 无线和5G网络

## 中国移动用例:无线网络覆盖智能优化

Massive MIMO站点技术是多天线演进的一种高端形态,被广泛认为是5G网络的关键技术之一。该技术通过集成更多的射频通道和天线、实现三维精确波束赋形和多流多用户复用,从而达到比传统技术方案更好的覆盖和更大的容量。相比4G Massive MIMO,5G Massive MIMO的广播波束组合由200多种扩大至上干种,不同类型的AAU pattern可调范围存在差异。Massive MIMO复杂的广播波束组合如果完全依靠人工,按照场景手动进行配置以及调整,很难保证调整结果最优,且在大规模部署Massive MIMO的场景下,优化人员调整工作量巨大,光靠人工难以完成。

根据多个运营商的现网测试结果,Massive MIMO智能优化可提升 RSRP及用户吞吐率,最大化运营商的建设投资。

面对5G网络大规模快速商用带来的挑战,NR网络覆盖智能优化解决方案能够自动采集网元基础数据,结合路测数据自动分析并生成优化方案,并能直接在线评估、实时监控KPI情况。NR网络覆盖智能优化解决方案架构见图19。该方案可以有效解决弱覆盖、干扰和重叠覆盖问题,提升覆盖增益,保障用户速率。

·优化意图接收: 从服务管理层接收覆盖优化区域和优化目标,如弱覆 盖区域比例。

- ·数据自动采集:通过场景化API,自动获取现网路测数据、性能指标、话统数据、工程参数、配置参数等数据,以及其他基础信息,包括电子地图、天线方向图、频段、AAU类型等。
- ·数据自动分析: 栅格化DT/MR数据,识别问题栅格并汇聚成问题区域,自动为问题小区选择最佳的场景化波束、方位角和下倾角的配置。在此步骤中,天线硬件必须满足相应的配置要求以便实现方位角调整。
- ·策略自动生成和下发:根据预设的优化目标进行迭代强化AI学习,最 终收敛到最佳优化建议。根据Massive MIMO pattern通用AI模型, 自动下发问题小区及其邻区的Massive MIMO pattern参数组合、下 倾角和方位角参数。

在典型的运营商应用场景中,RAN 网管(无线资源运营层)通过统一 开放API对接运营商上层OSS系统(服务运营层)。OSS系统将网络覆 盖优化目标和优化区域下发给RAN 网管。RAN 网管会将每轮的最终优 化结果及优化建议反馈给上层网管,完成纵向跨层协同。

5G网络新建场景下,NR网络覆盖优化解决方案将5G massive MIMO 小区的平均覆盖强度提升了15.8%,路面覆盖提升了91%。在江苏移动现网应用后,无线参数每月自动配置达5000多万次,室外下载速率提高了13%,室内下载速率提高了30%。

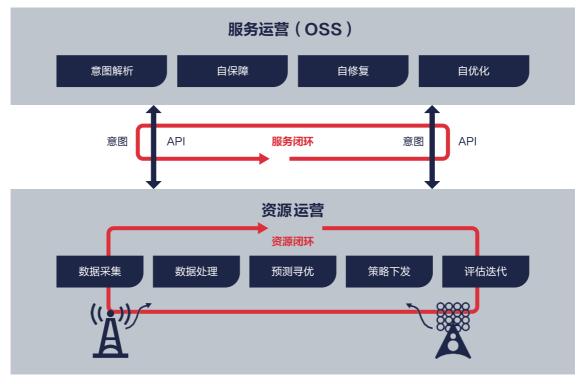


图19 无线网络覆盖智能优化解决方案架构



# 用例:基站在线节能

随着运营商网络能耗的持续增长,主设备成为节能的主攻方向,其中, 无线站点主设备的能耗压降成为所有运营商的首要任务。

网络业务量在忙时和闲时差异很大,但是设备持续运行,无法根据业务量而动态调整,导致能源浪费。在典型网络中,不同场景的特征差异很大。如何自动识别不同场景,并制定合适的节能策略成为节能的关键。

如图20所示,基站在线节能解决方案,通过服务运营层和资源运营层提供自动化、智能化能力,以"网络级智能节能策略管理+站点节能调度控制"为核心,实现"网络场景自适应、一站一策、多网协同"的基站节能智能化管理。在保证网络性能稳定的基础上,最大限度提高网络节能效益,实现能耗和KPI的最佳平衡。

该方案主要聚焦于无线单域闭环和跨层数据的协同分析。不同场景下各个运营层功能和跨层运行模式如下:

·数据自采集:通过场景化的开放API,自动获取资源管理层(无线域)现网数据,包括工程参数、MR测量数据、历史性能KPI数据和邻区关系等,并从服务运营层自动获取其他可能影响能耗的数据,例如天气、特定大事件等多维数据。

- ·数据自分析:基于大数据分析,利用AI技术自动识别网络节能场景,预测网络业务量趋势,如话务忙闲时段和区域、流量/能耗趋势、 多小区共覆盖场景识别等,并自动生成最符合该场景的节能策略。
- ·策略自下发: 系统自动下发节能策略, 并实现网络级AI智能节能策略管理和站点节能调度的协同管控, 实现 "一站一策"和"多站协同"。
- 策略自维护:通过实时监控节能策略对网络KPI和节能效果的影响, 实现移动网络节能效果的可视化呈现和管理。

#### 案例成效

在典型网络配置下,基站功耗可降低10%-15%,每干站一年可减少二 氧化碳排放约200万千克。

RAN网管(EMS)能够自动识别不同的场景,针对不同组网、不同负载进行一站一策的节能策略优化,在保证KPI的同时,最大化网络节能效果。

整体节能效果13.59%,平均关断时长9.88小时,相比人工开启增加57%。其中写字楼、商务中心、大型场馆、郊区、县城等场景存在明显的潮汐效应。这些场景平均节能达到16.88%。在全球,在线节能解决方案每年可以帮助运营商节省1亿千瓦时的电力。

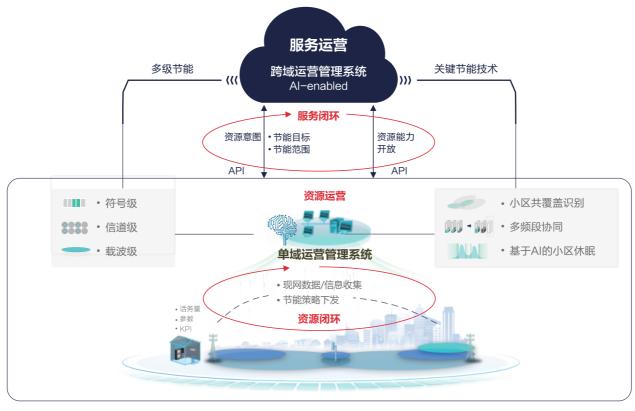


图20 基站在线节能解决方案架构



# 中国移动案例:"零接触"5G网络可靠性保障 (自动化故障处理)

随着5G网络规模的快速发展,单个省公司日均网络告警超过1000万条,涉及网络专业多、协同链条长、依赖关系复杂。并且随着5G to B业务的发展,政企客户对网络故障发现和处理效率提出更高的要求,网络运维急需向人机结合、数据驱动的预测预防式维护转型,以提升故障的自保障、自修复能力。

"零接触"5G业务可靠性保障商业解决方案以"单域自治、跨域协同"为核心理念,全面打造实时自感知、异常自诊断、自定位、自决策的故障管理模式。"零接触"5G网络可靠性保障解决方案架构见图21。

5G网络"零接触"可靠性保障方案以单域自治和跨域协同为核心构建了一个故障管理框架,可实现实时感知、异常自动诊断和智能决策。

- · 单域自治:资源运营层全面提升无线、传输、核心网等各专业的自感知、自诊断能力,包括每秒2000条告警的大容量告警风暴处理能力、1000:1的告警压缩能力以及面向服务运营层提供800个原子化网络配置能力,支撑故障自修复。
- · 跨域协同:服务运营层通过物理网络拓扑还原,实现全程全网的网络质量可视化监控能力。通过跨域大数据集中分析和资源层原子化配置能力的灵活编排,实现300类故障场景的自诊断、自修复。

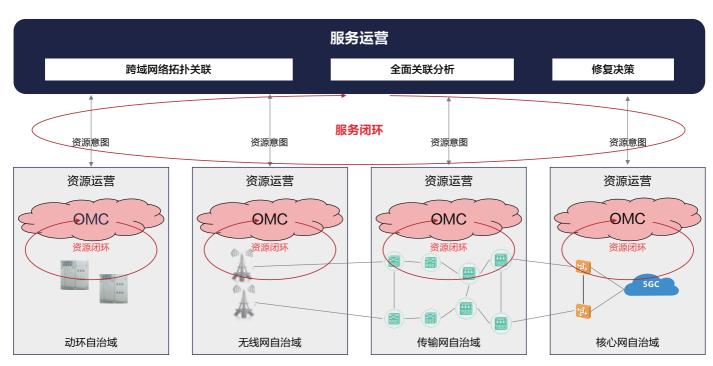


图21 "零接触"5G网络可靠性保障解决方案架构

该方案已在中国移动的多个省/市子网部署,实现基站批量退服等重大故障30分钟内清零,故障平均处理效率提升40%,无效工单减少20%+,一线/二线维护人员的故障处理效率分别提升80%和25%,自智网络等级从L2提升到L3。



# 5.行业活动与协作

# 5.1 运营商自智网络实践

#### 

中国移动正在探索到2025年实现L4级自智网络的路径<sup>26</sup>。为了达到业务 拓展和效率提升的双重目标,中国移动基于TM Forum资产,自主提出 "2-3-4"目标架构。在4个层次引入自治能力,形成3个闭环,每年进行1-2次能力等级评测评估并驱动自智水平迭代升级。中国移动已完成一套完整的自智网络能力评估模型<sup>27</sup>开发,并用于全国31个省公司的初步评估,识别出 1,100项能力短板。

新的"25N"OSS蓝图制定了8项技术规范,指导31个省公司引入3000多项自主能力。基于"九天"人工智能平台<sup>28</sup>上托管的 100 多种人工智能能力,通过每年超过 1 亿次 API 调用,人工智能驱动的 OAM应用已在全国范围内推广。结果显示,运维效率整体提高了10-20%;服务开通时间缩短30-50%;IDC/基站能耗降低3-5%;AI创新活力100%激活。

# 5.1.2 中国电信 **"中国电信**" 中国电信

基于下一代云网运营系统,参考TM Forum自智网络架构,中国电信全面整合了业务域(B)、管理域(M)、运营域(O)的数据,并将AI注入网络治理,构建了自己的自智网络,从而实现了云网的智能化运维、数字化管理和云网业务的敏捷部署。中国电信自智网络可实现分钟级隐患识别、分钟级业务恢复、小时级故障处理。

目前,中国电信已完成L2级自智网络的建设,计划在2年内达到L3、在2024~2025年间实现L4, 并最终在2030年实现L5。近年来,中国电信积极参与TM Forum的自智网络和AIOps项目。未来,中国电信希望继续与TM Forum及其他合作伙伴在自智网络和AIOps领域开展深入合作,实现双赢,为电信行业创造价值。

# 5.1.3 中国联通 China unicom中国联通

2020年3月,中国联通首次提出自智网络发展愿景,并于同年5月发布

《中国联通自动驾驶网络白皮书1.0》,并根据TM Forum自智网络分级标准进行了实践。2021年,中国联通进一步定义"三位一体"的系统化自智网络实现方法,以加快自智网络的演进并部署数字化管理平台。

通过"三位一体"方法应用,中国联通将Al智能化、自动化能力注入网络"规建维优营"的全生命周期,并应用至100多万个网元。通过将该方法推广至所有分公司,中国联通在整网运维方面取得了不斐的成绩;通过价值选站,将单站流量提升10GB;通过自动化业务发放,二次上站减少30%,基站激活效率提高40倍;通过智能运维,年工单量降低26万多;通过4G/5G站点智能功控,每年节约电量1亿干瓦时。

# 5.1.4 HKT **HKT**

HKT的业务范围和规模保障了其网络韧性和运营连续性。其管理模式始终能迅速响应瞬息万变的市场动态,并敏捷响应不断变化的客户需求。用户5G升级和企业客户的数字化需求是推动HKT向自智网络转型并实现短期发展目标的强大动力。

总体而言,HKT将继续挖掘数字基础设施和数字业务的潜力,包括忠诚 计划、电子商务、金融科技、医疗科技等,为股东创造价值。

# 5.1.5 NTT **(9) NTT**

为解决全球各地不断涌现的各种社会问题,各种场景都须利用ICT技术推动数字化转型,这也是日本"社会5.0"的一部分。NTT集团作为一个"高价值合作伙伴",希望利用其各种资源和能力(研发、ICT基础设施和人力),与合作伙伴共同在商业活动中推动数字化转型,从而解决社会问题。NTT集团认为,解决社会问题将有助于利用ICT实现智能社会以及联合国提出的可持续发展目标。

NTT在这个技术发展计划中提出了对未来社会的设想并推动实现"创新无线光网络(Innovative Optical and Wireless Network,IOWN)"的理念。NTT正在积极开展自智网络Hyperloop催化项目,该项目与自智网络其他项目相辅相成,两者都复用了TM Forum的资产并对TM Forum标准有所贡献。

#### 参老:

- $^{26}\ https://www.tmforum.org/resources/standard/ig1218b-china-mobiles-practice-on-autonomous-networks-v1-1-0/2000.$
- 27 https://www.tmforum.org/resources/how-to-guide/ig1252-autonomous-network-levels-evaluation-methodology-v1-1-0/
- 28 https://ecloud.10086.cn/home/product-introduction/jiutiandl





MTN在2021年提出了构建"自智网络框架"计划,以更好支撑集团 Ambition 2025战略的落实。该框架内容范围包括构建自智网络蓝图、 敏捷DevOps运营环境、高性能网络、创新价值用例等。根据这个框 架,MTN计划在对网络和业务领域里的10个价值用例进行概念验证和 总结。并在战略合作伙伴的支撑下,根据TM Forum IG1252<sup>29</sup>的推荐 规范对运营流程进行自智网络分级评估。

今年,MTN已在加纳和尼日利亚开始部署"数智光分配网"解决方案, 在南非部署"云网融合专线自动开通、智能运维"解决方案,引入 DevOps使能敏捷业务,构建开放API和API矩阵以实现智能业务运营, 并通过AI驱动的故障管理来提升运维效率,其中AI和自动化是网络和运 营平台的原生能力。MTN将持续丰富这些价值用例,分析差距,迭代优 化方案,逐步实现目标战略,以达到更高的自智网络等级和达成网络业 务目标。

在未来的几年内,MTN计划继续投资于AI开发和自智网络能力建设,并 聚焦在网络Self-X运营、Zero-X体验、5G及边缘业务相关技术以及全 新商业模式创建。

# 5.1.7 Orange orange



Orange是一家跨国电信运营商,目前致力于构建未来网络和拓展B2C 和B2B市场。5G对网络构建、部署和运营方式产生了深远的影响。

Orange不断探索新方法、新实验,希望利用5G特性打造自智网络,实 现端到端的自动化,通过自动化闭环、AI驱动和边缘云融合使网络更加 开放、灵活。这些下一代网络将为运营商、垂直行业(智慧工业、智慧 农业、智慧城市等)和用户带来无限可能。"自动化和闭环机制意味着 网络可以发展自适应和自修复的能力。一旦出现技术故障,AI会展开分 析,并触发自动化行为。用户体验和流动性都将得到提升。"这意味着 可能出现大量全新的业务。

# 5.1.8 robi **2 rob**i

Robi Axiata将自智网络视为实现极致运营的一种新模式。虽然多年 来,基于规则引擎在网络故障和问题监控方面卓有成效,但却无法适应 瞬息万变的网络环境。Robi Axiata已从网络管理流程中识别出一些在 自智等级方面有提升空间的功能,并开始在复杂的多厂商异构网络中迭 代实施一系列方案。这些措施非常有价值,尤其是对网络故障管理和性 能管理相关流程而言。多个功能都能完全实现自动化,这不仅能够提升 效率,还能改善用户体验。

# 5.2 多标准组织协同

自2020年10月《自智网络白皮书2.0》发布以来, 越来越多的标准组织 和产业组织密切关注并参与到自智网络的研究和发展之中,意味着自智 网络的产业方向基本确立,即将进入标准牵引、产业协同推进的快速发 展阶段。

3GPP SA WG5已开展了一系列自智网络相关的标准化项目,覆盖移动 网络全生命周期。Rel-17(计划2022年O3冻结)工作项目包括移动网 络的意图驱动管理服务、通信服务保障的管理服务、自智网络分级标 准,以及关于增强管理数据分析和5G自组织网络(Self-Organizing Network, SON)的研究。

ETSI OCG成立了AN ad-hoc group,对内促进标准项目拉通,对外 协调各ISG参与跨组织合作。ETSI ZSM发布了闭环自动化并立项了意 图接口和分层分域架构下的AI使能。ETSI F5G Landscape v1标准中 引用TMF AN和ETSI ZSM架构和概念,作为F5G E2E管控架构设计的 基础; E2E管控标准工作已启动,基础设计原则(自治域、Intent化、 闭环、极简等)和初步的管控架构符合AN在RFS的分层控制思路。

2021年7月,CCSA TC7召开了自智网络专题联席会议,中国的三大运 营商和多家厂商与会,共同制定了"信息通信网智能化运营管理"标准 体系,通过了信息通信网智能化运营管理功能架构、技术架构、分级技 术要求等3个通用标准立项。同时,CCSA TC7各工作组立项了移动、 IP、光、PTN /SPN等专业领域的运营智能化水平分级技术要求项目。 作为产业发展推动组织, TC610已宣布要立项自智网络相关项目, 确定 了具体工作内容、目标、思路和规划。

IETF OPS运维管理域完成首个YANG模型自动化运维架构标准 RFC8969; NETMOD工作组完成了MDT自动标注标准和ECA策略管 理自动化模型立项: ANIMA工作组完成了自组织网络协议ACP和 GRASP标准。

IRTF NMRG网管研究组发布了意图定义,并立项数字孪生架构。

ITU-T SG13 在2020年12月成立了"ITU-T自智网络焦点组"。该小 组将起草自智网络技术报告与规范,包括对未来网络的演进探索、实时 响应实验、动态适应未来环境、技术和用例等。

截止2021年7月, TM Forum组织了7次自智网络跨标准组织研讨会, GSMA、NGMN、ETSI、3GPP、IEEE、IETF和CCSA等标准组织 的代表参加,协同自智网络标准制定工作。

<sup>29</sup> https://www.tmforum.org/resources/how-to-guide/ig1252-autonomous-network-levels-evaluation-methodology-v1-1-0



## 5.3 业界观点

网络自动化将大幅提升运营商的效率并使能全新的数字化业务,同时通过使能新业务(包括工业互联网、自动驾驶汽车和智慧城市)改变社会与干行百业。自智网络已不再是一个可选项,而是必由之路。ACG Research<sup>30</sup>的调查报告表明,运营商致力于业务和网络运营自动化,每年对自动化项目的投入增长30%。其根本原因在于市场对客户满意度和增收的需求日益加大:

更短的上市时间和收益时间(25%) 更高的客户满意度和净推荐值(24%) 更快 更高频的新业务 (18%)

Analysys Mason<sup>31</sup>在采访中表示,大部分运营商在TM Forum的等级体系中都处于L2,一些比较先进的运营商可能在部分专业或业务领域已经达到了L3,但大部分运营商都在为整网达到L3而努力。他们计划在网络中逐渐推广自动化、智能化功能,从而向更高级别迈进。实现完全自智网络预计至少需要十年时间。

实现自智网络涉及以下几个步骤:

- ·采用全新的网络技术(如SDN、编排、AI/ML、开放API等);
- · 部署极简网络架构;
- ·基于长期愿景和平台思维重新设计运营流程。

在这个过程中组织和文化转型至关重要。组织转型的难度远高于技术转型,并且非常关键。运营商需要对现有人才重新赋能,并吸纳具备 DevOps和IT件技能的新人才。此外,运营商还应考虑从外部厂商获取帮助和最佳实践,从而推进并加快组织转型。

提升效率和降低成本是自动化的价值所在。GSMA<sup>32</sup>在2021年发布的报告表明,在五大最受欢迎的OPEX削减技术中(见图22),有三种都采用了自动化。

**52%** 的移动网络运营商正在考虑业务运营自动化(包括计费、客户支持和业务上线);

39% 的移动网络运营商正在考虑网络运营自动化;

32% 的移动网络运营商正在考虑网络规划和部署自动化。

业务运营自动化占比最高,因为业务的关注度越来越高(主要是垂直行业),超越了连接的关注度。83%的运营商CEO认为,政府和企业将为5G创造最大的收益。运营商对自动化的运营效率持乐观态度。 GSMA Intelligence的调查表明,超过65%的运营商认为业务功能和网络功能的自动化"极为"或"非常"重要。

# 最受欢迎的OPEX消减技术

在网络运营运维中,哪些技术能够最有效地降低OPEX? (数据为受访者百分比)



数源: GSMA Intelligence, Operators in Focus: Network Transformation Survey

图22 最受欢迎的OPEX削减技术(来源: GSMA)

新的企业用例对网络性能、敏捷度和时延提出了新要求。ABI Research<sup>34</sup>发现这新要求和新动力正促使行业从劳动密集型网络向智能 生态系统转型。

眼下正是自智网络蓬勃发展的时代(自智网络的黄金十年),各种各样的自智系统甚至自智企业不断涌现。网络是社会数字化转型的关键基础设施,投资和发展自智网络是运营商的重中之重,以满足当前和未来的数字化需求。目前,自智网络正处于从理念到实现的关键阶段,运营商、标准组织、供应商、分析师和学术界需要在自智网络领域开展更广泛的合作,从而开发出更多通用性的实现方法和商业案例。整个行业需要共同努力才能加快自智网络的蓬勃发展和规模部署。

#### 参老:

- 30 https://www.cisco.com/cloud-systems-management/acg-economic-benefits-of-network-automation.pdf
- 31 https://www.analysysmason.com/contentassets/analysys\_mason\_5g\_autonomous\_networks\_oct2020.pdf
- 32 https://data.gsmaintelligence.com/api-web/v2/Network-Transformation-2021.pdf
- 33 https://data.gsmaintelligence.com/api-web/v2/research-file-download?id=60620949&file=060421-automation-revisited.pdf
- 34 https://www.abiresearch.com/press/bid-capture-new-growth-telcos-turn-ai-and-operations-automation-5g-networks/