

【编者按】 OMDIA 由 Informa Tech 的研究部门 (OVUM、Heavy Reading 和 Tractica) 与收购的 IHS Markit 技术研究部门合并而成, 是一家全球领先的技术研究机构。

OMDIA 拥有超过 400 位分析师, 研究范围包括所有技术领域, 覆盖 150 个市场, 每年出版 3 000 多部研究报告, 涉及数千家科技、媒体和电信企业, 为超过 14 000 个客户提供服务。

我们以详尽的情报和深厚的技术背景为依托, 利用可操作性研究帮助客户在当今不断变化的技术环境中梳理关键环节, 改善业务成果。

在运营商核心网中应用人工智能

摘要

根据 OMDIA 的 ICT 企业洞察调查, 近 80% 的运营商 (CSP) 计划在 2020 年解决日益增长的运营复杂性和成本问题。核心网、资源控制中心和用户会话对实现这一目标十分重要。然而, 这个环境变得越来越复杂且难以管理, 影响了客户体验和网络的整体效率。伴随业界等待独立组网的 5G 核心网规范正式发布, 我们预计本已很复杂的网络基础设施还将迎来这个新标准带来的变化。现在, 是业界如何应用人工智能 (AI) 等技术来解决核心网当前和未来挑战的时候了。

本报告评估了 CSP 在管理当前 4G 核心网和未来 5G 核心网所面临的挑战。报告强调了 AI 可以在核心网中发挥的关键作用, 并关注了厂商市场的一些发展动态。

4G 和 5G 网络的综合变化将推动 CSP 集中精力提高效率

管理 4G 核心网的挑战越来越大

大多数 CSP 网络都基于 4G 标准运行, 而且更多

4G 网络仍在部署中。OMDIA 的《2019 年 RAN 厂商更新报告》指出, LTE RAN 投资将继续增多, 因为许多市场仍处于从 2G/3G 向 4G 网络过渡的阶段。伴随 LTE RAN 环境的发展势头, 4G 核心网市场上的活动也将呈现类似的趋势。

随着越来越多的用户使用 LTE 服务, 4G 核心网将需要应对不断增长的流量。管理虚拟化 4G 演进分组核心网 (vEPC) 也存在复杂性。

用户数量不断增长

移动用户数量一直在飙升。OMDIA 的报告《移动用户及收入预测: 2019–2024 年》显示, 2016–2019 年期间, 移动用户数量从 74 亿增至 78 亿, 增长了 6.6%。我们预计, 到 2024 年, 用户数量将进一步增长 10.2%, 达到 87 亿。

这种持续增长将严重影响核心网处理激增流量 (由大量用户产生) 的能力。根据 OMDIA 的报告《网络流量预测: 2019–2024 年》, 2019 年的蜂窝网络流量比 2017 年增长 70%。仅 4G 网络流量就占到 CSP 网络流量的 60% 以上, 并且它还在继续增长。

CSP 面临诸多挑战, 既要满足不断增长的用户

需求,又要管理网络的日常作业来确保良好的网络性能。

网络功能虚拟化自身也带来了挑战

引入网络功能虚拟化(NFV)是为了解决成本和效率方面的挑战。但是,硬件与网络功能(NF)软件组件分离,以及对动态网络编排和NF自适应网络变化的需求,给4G核心网的运营和管理带来了挑战。厂商生态已经扩展,但也带来了运行具有专有接口的系统方面的挑战。

NFV引入了更多的网络层来监控和评估何时发生网络故障或告警。这些网络层包括网络功能虚拟化基础设施(NFVI)、虚拟基础设施机(VIM)和虚拟网络功能(VNF)。因此,在根源分析期间要评估的节点数量和要跟踪的告警数量都增加了。相应地,解决问题所需的时间、工作和成本都增加了。

我们认为,随着CSP部署5GC网络,这种新核心网环境的先进功能和优势将推动CSP的服务从4G EPC或4G vEPC转移到5GC。然而,这一变化预计不会在短期内实现,尤其是考虑到5GC部署速度将受到新冠疫情的影响。

5GC带来了诸多好处,同时也带来了挑战

CSP已经开始部署5GC,大多数采用的是5G标准的非独立组网(NSA)模式。然而,5G独立组网才是目标,因为它将提供在通信行业展开有效竞争所需的智能、灵活的网络能力。

5GC网络将迫使CSP改变核心网内的运营实践。部署5GC给CSP的核心网环境带来了一些变化。更多NF将被添加到核心网。相应地,支持5GC SA环境所需的运营工作也随之增加。

5G SA核心网正在引入新技术和创新。OMDIA的报告《5G推动核心网架构转变》概述了5GC带来的这些新核心网能力。它们包括基于服务的架构(SBA)、云原生虚拟网络功能(CNF)和网络切片。此外,一些CSP和厂商正在运行概念验证(PoC),利用CNF、网

络切片和分布式云基础设施的概念来实现边缘计算,从而满足特定的服务要求。

这些创新既带来了好处,也带来了挑战,特别是在管理新的5GC网络环境方面。

除了这些挑战,CSP还需要部署可在4G和5GC网络之间实现更多互联互通的功能,比如动态流量控制,从而确保每个客户会话都由恰当的网络技术提供支持。这一点很关键。虽说5GC可以处理4G流量,但是我们预计在将4G流量完全切换到5GC之前,CSP在一段时间内将并行运行4G和5GC网络。

在应对这些挑战时,CSP需要改变他们管理核心网的方法,这是因为传统的手动方法远远不够。用户和信令流量水平将增加,从而影响运营效率和网络安全。CSP需要自动化的工作流程来充分利用和实现5G技术,如网络切片。

虽然重点放在如何部署新的5G SA核心网上,但CSP必须开始考虑哪些技术将支持新网络基础设施的运作,这一点很重要。考虑到这些因素,CSP将能够快速获得5G投资回报,并实现降低成本和网络复杂性的目标。

AI能够帮助CSP解决核心网领域的挑战

AI将在CSP核心网运营转型过程中发挥重要作用

自动化和智能(实时、预测和规范性分析)对核心网的管理至关重要,因为伴随4G EPC向5GC的演进,核心网将变得更加多样化。这些能力可以由基于AI的解决方案提供,其主要好处是降低复杂性,提高运营和管理功能效率,同时将人工参与程度降到最低。

正如我们以前报告(研究AI及其在CSP网络中扮演的角色)所探究的那样,AI适用于CSP网络中的一些场景。

由于流量增加,CSP的核心网(4G EPC和5GC)将看到越来越多的数据。它们由新服务以及网络中更多NF产生的信令流量生成。要监控的变量和KPI数量也

将增加。为了满足某些 5G 服务的低延迟和高速度需求, CSP 需要对这些数据集进行快速处理、关联和分析, 从而实现实时、预测性分析能力。这些趋势使 AI 非常适合管理和运营不断发展的核心网环境。这些系统可以通过网络内创建的数据了解网络行为, 并利用收集到的信息来告知如何运营网络。

传统 NEP 厂商和 Mavenir 等新进入者针对核心网 AI 解决方案进行的试验和商业部署, 显示了 AI 技术在帮助 CSP 高效提升核心网性能方面所能发挥的关键作用。

面向核心网的 AI 用例

AI 用例将跨越 3 个关键领域, 重点关注利用 AI 实现自动化和为核心网运营生成智能。这 3 个用例分别是优化应用性能、实现 5GC 技术以及改善和促进高效的网络运营和管理。

5GC 应用

利用机器学习驱动网络数据分析功能 (NWDAF)

如前所述, 核心网变得日益复杂, 这要求 CSP 实现更程度的自动化。因此, 在网络中运行基于 AI 的自动化控制和管理功能对 5G 满足 CSP 服务在速度、延迟和容量方面的要求, 实现网络高效运行以及改善客户体验就显得非常重要。但是, 用于驱动这种内部网络 AI 功能的数据稳定性对实现这种功能更为重要。

NWDAF 是一个基于机器学习的 NF, 由 3GPP 为 5GC 定义, 使 5G 运营商能够监控切片内网络资源的状态和第三方应用程序的性能。在 3GPP 特定文档 (TS 23.503) 中定义的 NWDAF 将向在 5GC 中订阅此信息的 NF 提供集中的数据收集和分析功能。网络切片选择功能 (NSSF) 和策略控制功能 (PCF) 是 NWDAF 提供分析信息的核心使用者。PCF 可以在其决策策略中使用这些数据, NSSF 则可以使用 NWDAF 提供的负载水平信息进行切片选择。3GPP 定义了使用 NWDAF 可以

实现的用例和关键问题, 包括所有网络切片的负载管理、移动终端和应用程序性能。

CSP 已经在开发和探索 NWDAF。举例来说, Orange Labs 已经探索了 NWDAF 如何在 5GC 中生成移动性模式 (由 3GPP 定义的标准功能之一), 该模式可被 AMF 用于执行其移动性管理功能。NWDAF 使用机器学习技术来了解用户设备在移动性方面的历史并发现与用户设备移动性相关的规则和模式, 从而对用户设备移动性进行预测。继而, AMF 基于用户设备订阅信息、用户设备移动性统计数据、网络本地策略和用户设备辅助信息或它们的任意组合来确定和更新用户设备的移动性模式。这些信息可用于优化和实现无缝切换, 同时确保更好的服务质量, 从而对提升 QoE 产生直接影响。在推出考虑用户习惯和偏好的定制服务时, 与 UE 行为相关的洞察也很有用。

为了实现 NWDAF 支持的用例, 3GPP 没有计划对算法进行标准化, 而是对用于实现这些用例的原始信息进行标准化。这是为了确保数据访问和质量方面的障碍不会影响 NWDAF 功能在网络内实现的速度。这种方法将受到 CSP 及其厂商的欢迎。CSP 将能够挑选最佳 NWDAF 解决方案, 该解决方案可以在任何 5G 环境下无缝运行, 从而加快机器学习功能提供洞察的时间。另一方面, 厂商可以提出更多创新性 NWDAF 用例, 从而让自己的解决方案和能力在竞争中脱颖而出。

一些厂商已经在开发符合 NWDAF 要求的机器学习解决方案, 包括大型 NEP 和其他厂商, 比如 Mavenir。甲骨文和 Radcom、Mavenir 和中兴等厂商的 NWDAF 解决方案功能已经超出了 3GPP 定义的功能。举例来说, Mavenir 利用自身在安全和反欺诈领域的机器学习进展, 推动其 NWDAF 解决方案功能超越 3GPP 规定的功能。另一方面, 中兴正在开发自己的 NWDAF 解决方案, 利用 3 个闭环来执行其智能网络分析。

在开发 NWDAF 解决方案的时候, 厂商必须确保在开发核心网络功能时采用开放和标准的接口。这将确保 NWDAF 中 AI 模型提取的数据易于获取。

5GC 技术的实施与实现

网络切片的端到端生命周期管理

为了满足为所有网络切片定义的 SLA 要求, CSP 需要实现自动化的端到端网络切片生命周期管理。网络切片将经历切片设计、切片部署、运营管理和终止等阶段。实现这些阶段的自动化需要关键决策。做出这些决策是一个复杂的过程, 需要大量的计算, 包括需要实时考虑多个变量。

AI 技术有助于做出这些决策以及自动协调和执行完成每个阶段所需的相关工作流程。

AI 为网络切片生命周期管理提供的关键用例包括如下。

(1) 封闭自动化和编排: 包括切片生命周期各个阶段所涉及的所有工作流。

(2) 策略定义: 在切片设计、供应、激活以及服务保障等方面进行定义。

(3) 智能运营和管理: 在 AI 系统定义的策略控制之下。

厂商正在积极开发网络切片生命周期管理功能, 并在某些情况下已经在进行销售。诸如 Amdocs 等厂商表示, 其 Network Slice Manager 产品利用 AI 来自动执行切片生命周期中整个流程(从请求到部署和管理)的编排和管理。诺基亚在最近推出的数字运营中心内利用 AI 功能支持网络切片管理。另一方面, 爱立信正在开发利用机器学习和机器推理来自动化切片生命周期管理的主张。华为和中兴也不例外, 他们也在开发和销售基于 AI 的切片管理解决方案。

对厂商来说, 能够突显差异化的关键一点是, 考虑到创建和管理这些切片所需设备和网络域之间的互操作性问题, 可以支持 CSP 轻松地部署这些解决方案。

部署 AI 来管理分布式云

借助分布式云, 预测用户的意图和网络中的位置(中心或边缘位置使用多接入边缘计算)将可以很好地满足他们的需求, 是 AI 在核心网中的一个用例。为了做出这些决策, 需要在核心网上执行涉及多个变量的若干计

算, 还需要触发自动工作流程来设置服务并确保服务质量不受影响。AI 可用来支持分布式云环境的控制、运营和管理。通过利用其学习、预测和规范功能, 网络可以主动检测网络内的最佳位置(中心、区域或边缘)来完成服务请求, 从而确保 SLA 水平和效率。

运营和管理 CSP 核心网

异常检测与预测

AI 技术的模式识别能力有助于 CSP 在运行核心网时识别、预测和排除异常情况。核心网环境中不断增加的网络功能将导致网络数据增多, 从而给检测网络中的异常活动带来挑战。借助使用历史 KPI 创建的机器学习模型, 可以将实时收集的 KPI 与模型进行比较, 从而检测接收到的 KPI 数据是否为异常数据。

基于当前的容量利用率, 机器学习模型也可以用来预测预期流量。基于预测的流量可以决定需要多少网络资源容量。这个用例适用于流量行为中出现不寻常高峰的情况。有了这些预测数据, CSP 可以在数据中心自动分配资源来支持可能增多的流量, 并在流量恢复到正常水平后释放资源。

基于 AI 的告警处理

考虑到 NFV 和 5G 将导致潜在故障位置增加, 产生的告警数量也将会增加。尽管告警数量增加, CSP 仍必须达到体验质量指标, 并且维持高质量的服务和网络基础设施。因此, CSP 需要主动检测并解决网络上对服务影响最大的告警, 从而降低成本并提高运营效率。

考虑到 NFV 中各层之间相互关联的功能, 这些告警中只有一小部分比较重要。例如 CPU 故障可能是网络功能故障的根本原因。但是, 在检测到这一点之前, 需要快速分析来自多个网络层的数据。为了实现这个用例, 需要通过大数据平台收集和处理告警, 并利用机器学习提取规则来对告警进行根源分析。一旦这些规则被提取出来, 它们就会被部署到网络中。这些规则有助于识别在 NFV 环境中不同层发生的告警之间的关联关系。CSP 也将监视这些规则产生的影响, 并将其反馈给机器

学习系统进行优化。通过应用这个用例，CSP 可以确保网络不断演进，适应客户和网络行为的变化。

基于 AI 的自修复机制

使用 AI 技术可以激活基于策略的自修复机制，从而降低与修复网络故障相关的成本。针对网络功能的策略可以被定义，这样一旦确定并验证了根本原因，就会立即触发自修复工作流程，并快速恢复正常功能。爱立信就表示机器推理可以实现这个过程。

实现此用例的挑战在于理解核心网其中一层的故障如何对核心网其余部分的故障产生影响。这就是为什么像中兴这样的厂商提供多层快速自修复解决方案来在网络核心网内不同层（如物理资源层、虚拟资源层和 NF 层）创建和实施自修复策略的原因。

此用例的一个关键好处在于 CSP 能够处理在其复杂网络环境中可能出现的异常场景。

基于 AI 的安全管理

CSP 必须敏捷地识别安全漏洞，并采取预防措施防止他们影响核心网的性能和创收机会。核心网对 CSP 来说是一个非常重要的部分，因此，无论使用何种接入网络技术，与核心网相关的任何风险都将对网络产生重大影响。伴随向基于微服务的架构过渡，对核心网采取严密安全措施的需求也在增加。根据美国国家标准与技术研究所的说法，“使用这类系统实现的每一笔交易都涉及到在网络上传输信息”，而且“多个微服务的存在暴露了一个巨大的攻击面”。

因此，CSP 应当能够实时分析和关联不同的信息来源，预测网络内任何即将发生的安全漏洞或异常活动，并采取预防措施立即解决这些问题。对性能和设备日志、网络流量和网络 KPI 进行综合分析至关重要。然而，随着网络上运行的终端和服务数量不断增加，跨多个层对这些日志进行人工分析变得越来越难，且十分耗时。

机器学习算法可以处理这些复杂问题并实时提供分析。它们可以分析和学习与日志和其它相关数据集（实时跨核心网内所有层级收集）相关的模式。创建的

模型可用于发现网络中已知和未知的模式，并将它们与以前的安全漏洞关联起来。系统可以在没有定义阈值的情况下运行，这意味着可以检测到由于这些硬编码阈值而错过的攻击。Mavenir 的安全即服务产品便采用这种方法在 4G 网络上检测安全和欺诈事件。他现在正在利用这些功能为 5G 网络开发安全和欺诈解决方案。

智能扩展 VNF

使用基于 AI 的解决方案可以实现 VNF 的智能扩展，从而帮助 CSP 管理成本并确保最大限度地利用数据中心资源。请务必牢记，这个用例与部署在虚拟机（而不是云原生功能）上的核心网环境相关。在云原生环境中，主要由 Kubernetes 负责此功能。

根据定义 CPU 利用率的策略（可以预定义，也可以使用机器学习定义），VNF 实例可以实现伸缩。当 CPU 利用率达到预定义水平时（影响 VNF 所承载流量的性能），新的 VM 就会启动。如果利用率低于某个水平，VM 就会收缩，从而达到节省能源和降低成本的效果。

虚拟化核心网内的 VM 自动迁移

通过对核心网使用基于 AI 的管理和控制解决方案，可以将 VM 从一个主机硬件迁移到另一个主机硬件，然后调低 VM 来降低能耗和运营成本。但是，这个过程依赖控制每个 VM（在主机硬件上运行）的 CPU 利用率的策略。与智能伸缩用例一样，基于 AI 的系统可以连续跟踪每个 VM 和主机上的 CPU 利用率水平。在支持网络功能的 VM 的 CPU 利用率低于预定义阈值（使用机器学习算法确定）的情况下，VM 功能被迁移到另一个主机，该主机有能力在不被过度使用的前提下运行额外的工作负载。

利用 AI 技术定义阈值的好处在于可以考虑 CPU 利用率以外的多个因素，从而确保伸缩或在主机之间迁移资源的决策是当时的最优决策。此外，由于多个厂商定义了不同的 CPU 利用率阈值，因此预定义阈值很难界定。

厂商解决方案

厂商已经在开发和提供利用 AI 提高 4G 和 5G 网络运营效率的解决方案。我们对这些解决方案的分析表明,大多数开发活动侧重于支持网络切片生命周期的端到端编排和管理。大多数厂商活动,特别是那些针对 5G 网络环境的活动,属于早期开发、试验或概念验证。然而,这些活动突显出 CSP 通过投资 AI 改善核心网所能获得的潜在好处,并展示出对基于 AI 的核心网解决方案和 CSP 应考虑的一些关键组件。

爱立信

爱立信是一家领先的网络设备供应商,他不仅在演进 CSP 核心网能力方面进行了巨额投资,而且利用 AI 来帮助 CSP 在 5G 环境下充分利用投资。爱立信在使用 AI 提升其 5G 功能方面做出的一些战略投资带来了新的胜利。然而,鉴于 5G SA 部署还没有开始,可参考的资料有限,现在说该厂商表现得再好还为时过早。

爱立信在其核心网络功能以及网络核心的管理和控制功能中利用了 AI 功能。目前部署的用例包括使用 ML 功能进行深度分组检查、移动性预测和视频优化(感知拥塞程度)。通过移动性预测用例,爱立信看到信令流量最多减少了 80%。这使得同时连接的用户最多增加了 17%,从而使网络能够处理更多用户,提高资源利用率,也优化了无线和核心资本支出投资。在中国、美国和欧洲的一线 CSP 成功进行试用之后,该用例通过爱立信的双核产品实现商用。爱立信表示,CSP 也将这一功能视为他们从网络角度及时推动 ML 融入 5G 的举措之一。

爱立信双模 5G 将 EPC 和 5G 架构的 3GPP 网络功能结合成一个通用的云原生软件平台,支持 5G SA/NSA、4G、3G 和 2G 接入技术,其互联互通能力由 AI 技术驱动。

爱立信目前正在研究利用 AI 保证与客户在 SLA 中约定的 KPI。该解决方案利用了机器学习、知识库和机器推理技术。它通过 SLA 捕获客户意图,并定义、监

控和预测与这些 SLA 匹配的 KPI,从而识别潜在的 KPI 恶化。获得的洞察被反馈给机器推理模块,然后机器推理模块基于其网络状态背景知识以及与这些网络状态匹配的作业程序提出补救行动。

爱立信也着眼于在 CSP 核心网内实现 AI 技术来驱动闭环自动化功能。这种闭环自动化将被部署在具有不同延迟要求并且需要访问节点/域数据和历史数据的多个环路中。在该厂商的架构下,节点附近使用的 ML 模型在核心网内进行训练和管理。因此,在整个网络内使用的模型实现工业化和标准化很重要。为了支持这一点,爱立信的 ML 执行环境(MXE)至关重要。爱立信表示,MXE 将显著加快模型开发的工业化进程,并改善 ML 模型的生命周期管理。

华为

华为是另一家在演进 CSP 核心网能力方面让 AI 发挥关键作用的网络设备供应商。他对核心网 AI 的投资涵盖设备层、管理和运营以及管理服务能力,重点关注利用自动化简化核心网。

华为的自动驾驶网络(ADN)团队最近推出了 iMaster MAE-CN,利用 AI 技术解决可能出现的 5G 网络运营和管理问题。该产品遵循其 ADN 解决方案架构,即多层网络架构。这些层被称为 Cloud AI、Network AI 和 Site AI。

(1) Cloud AI:位于网络外部,吸收并开发电信 AI 模型和其它服务,如数据湖服务和推理服务。

(2) Network AI:包括一个运行在网络内部的 AI 引擎,根据从 Cloud AI 接收到的 AI 模型和策略来控制网络行为。收集并分析在 AI 模型实施后生成的网络数据,以进行本地模型再训练、模型优化和策略更新,以及在核心网内实施闭环控制。AI 推理框架将业务意图转换为特定场景的解决方案并加以执行。

(3) Site AI:将 AI 推理单元的功能与核心网络功能结合在一起,该核心网络功能根据 Network AI 提供的模型或策略实施闭环网络控制。Site AI 包括内置的

AI 芯片和内置在网络设备中的传感器（从云到边缘）。

目前，华为解决方案支持的用例如下。

（1）网络切片：华为的产品包括一个智能动态切片解决方案，它对每个切片的 SLA 进行监控和闭环优化，从而确保维持高质量的体验。该解决方案利用与 NWDAF 配合的 iMAster MAE-CN，实时监控每项服务的平均意见得分（MOS）。它还可以根据 KPI 分析（使用多变量回归拟合分析等 AI 技术进行分析）所获得的洞察对切片资源进行调整。此解决方案确保切片在整个生命周期内均满足自定义 SLA 要求。

（2）移动边缘计算：华为基于 AI 的核心网解决方案提供边缘智能服务，使网络能够了解服务的运行状况及其对客户体验的影响。例如该厂商提供基于 AI 的深度分组分析，实现加密视频 QoE 估计、IP 智能流量控制、网络优化和网络边缘安全漏洞预测等功能。这些用例与改善用户体验和保护 CSP 网络投资有关。

（3）网络编排：华为的解决方案目前提供无人值守的核心网更改。这涉及在核心网发生网络更改之前对网络进行在线运行状况检查。借助 AI，可以在变更过程中使用多维事件聚合和根本原因分析来进行异常检测，从而实现更快的故障检测和预防。

华为在内蒙古与中国联通等客户合作进行的试验凸显了在核心网环境中使用 AI 的一些好处，包括提前 5 h 预测网络问题。其它好处包括自动异常检测。中国联通表示，该工具能够使用 AI 算法定义的动态阈值同时监控逾 10 万个 KPI。它还支持自动异常检测，准确率达 85%。有了这个功能，CSP 可以减少对人类定义阈值的依赖，从而实现高效的操作。

预测和自动检测异常是很重要的用例，但并不能够完全解决 CSP 需要变得更加主动的问题。它们还需要加速根本原因检测和补救的功能。这解释了华为为什么希望在 2020 年开发下一组用例，包括创建一个知识图谱来加速根本原因分析。鉴于人工分析网络日志变得越来越复杂，华为还计划开发智能日志分析用例，以便快速分析网络日志。

华为在基于 AI 的核心网解决方案上投入了大量资

金，但在某些领域却出现了滞后。举例来说，爱立信已经在开发使用基于知识管理和机器推理的根本原因分析用例，中兴也已经开始开发使用 AI 技术的智能日志分析。为了实现支持 CSP 交付自主网络的愿景，华为需要在所支持的用例方面远远领先竞争对手。

Mavenir

Mavenir 专注于为 CSP 提供基于软件的网络基础设施。Mavenir 的产品组合包括基于软件的 RAN 和核心网基础设施。该厂商的 4G vEPC 解决方案利用 ML 模型为 CSP 提供安全和防欺诈解决方案。NWDAF 解决方案是 Mavenir 5GC 产品的组成部分，它利用该厂商在安全和反欺诈领域的 ML 进展将 NWDAF 解决方案的功能扩展到 3GPP 定义的范围之外。例如基于 ML 的安全即解决方案功能支持 5GC 中的信令平面安全、DDoS 检测和物联网服务异常检测。

该厂商还在开发一种预测能力解决方案，利用基于回归的 ML 功能预测网络资源利用率，并生成更具成本效益的计划，从而避免与过度供应网络相关的开销。这个用例将同时适用于 4G EPC 和 5GC。Mavenir 目前正在与 CSP 商讨使用真实网络数据对该解决方案进行试验。

其它正在试验的用例包括基于 AI 的边缘视频分析（在边缘检测对象），以及面向每用户每切片的自动体验质量评分生成器。这个用例对网络切片的生命周期管理至关重要。然而，它将在应用范围方面受到限制，而这正是 Mavenir 选择与第三方（如路由和交换公司）合作（如在使用 AI 定义策略等领域）的原因。

为了解决 CSP 在将 AI 部署到核心网时面临的互操作性挑战，Mavenir 在 AI/ML 开发中遵循开放和基于标准的实施原则，包括广泛使用的 Web-Scale 框架、开源代码库和平台无关型模型部署。采取这种开放和基于标准的方法至关重要，因为这有助于加速 AI 在核心网内的实现。

与前 3 大网络设备供应商相比，Mavenir 的安装用户基数可能相对较小，但他在 AI 领域的投入（为确保和改善 CSP 核心网络功能）使其产品值得关注。该厂

商还对能力和伙伴关系进行投资，以便简化和扩展 AI 技术在 CSP 核心网内的实施。我们认为这一步非常重要，能够让 Mavenir 与网络设备供应商展开角逐。

诺基亚

诺基亚利用 AI 支持其面向 4G 和 5G 部署的核心网解决方案。他正在解决的关键问题包括核心网运营、管理自动化、网络切片生命周期管理和分布式云的管理。为解决这些问题而开发和销售的关键资产包括诺基亚 AVA AI Ecosystem 和最近推出的数字运营中心。

诺基亚 AVA AI Ecosystem 提供云原生网络分析和自动化，它们目前在 Microsoft Azure Cloud 平台上运行，但也可以在运营商目前可以访问的其它公共或私有云环境中托管。

诺基亚 AVA 支持的基于 AI 的核心网用例包括提高体验质量的视频服务优化、预测 MME KPI 恶化以及端到端管理网络切片生命周期。最近与一线运营商的合作涉及使用诺基亚 AVA 中的 ML 算法来监控和分析核心网内加密视频的体验质量指标。通过自动根源分析，诺基亚能够检测传输、核心、接入域或内容分发网络中的根源，并提出解决这些问题的建议。CSP 发现 Netflix 的缓冲减少了 59%，YouTube 的重播延迟问题减少了 15%。实施这些用例将帮助 CSP 实现以客户为中心的网路运营，并保证客户获得更好的体验。

预测 KPI MME 恶化涉及使用 ML 算法（不依赖人工）定义阈值。正如前面所讨论的那样，随着核心网变得越来越复杂，对 CSP 来说，在定义用于监控 KPI 性能的阈值方面减少对人工的依赖变得非常重要。中国和日本的 CSP 客户已经部署了诺基亚 MME KPI 恶化预测用例。该用例适用于 4G 和 5G 网络。

网络切片生命周期管理是诺基亚投资的另一个用例，由最近推出的数字运营中心赋能。

诺基亚的用例和开发速度反映出他完全了解 CSP 的需求，并不断改进功能来满足这些需求。尽管最近诺基亚领导层发生了变化，他仍然需要保持开发速度。

中兴

鉴于中兴解决方案所具备的广泛功能，我们认为中兴提供了十分全面的产品。该厂商为核心网运营和管理用例提供基于 AI 的解决方案，适用于 CSP 基于 VM 的 4G 核心网环境和 5G 网络切片。作为一家网络设备供应商，中兴还在开发 NWDAF 解决方案。

中兴针对基于 4G VM EPC 环境的 AI 用例组合，反映出 AI 技术能够处理处于 4G 部署早期阶段或在一段时间内还将运行 4G 核心网的 CSP 所面临的挑战。

中兴在以下领域推出的基于 AI 的核心网产品。

(1) 运营和管理：中兴为虚拟化的 4G EPC 和未来的 5G 环境提供运营与管理产品。针对 4G 核心网环境，产品包括优化资源编排、基于 AI 的告警管理和网络功能自动伸缩。为了解决虚拟化 4G EPC 和 5G 中需要监控的 KPI 数量增加所带来的复杂性，该厂商提供异常 KPI 预测功能来执行自动异常检测。中兴推出的商用 4G 核心网解决方案示例包括为中国移动通信集团吉林有限公司部署的基于 ML 的电信云故障排除解决方案。

(2) 5G：中兴提供本文所述的网络切片优化和智能保障解决方案。

(3) NWDAF 解决方案：中兴的 NWDAF 解决方案提供智能网络分析，包括 3 个闭环网络分析和控制。第一个闭环负责核心 NF 的管理，第二个闭环管理 NF 和控制这些 NF 功能的管理工具，最后一个控制回路则负责端到端管理应用程序生命周期（超越核心网，涵盖 RAN 和传输网）以及覆盖这些网络域的管理系统。中兴的 NWDAF 解决方案彰显了厂商在使自己的产品有别于 3GPP 规范方面可以实现的创新水平。

中兴将 Vmax Big Data 解决方案作为核心 AI 产品的附加产品。借助预先集成的大数据解决方案进入市场有助于加速中兴基于 AI 的核心网解决方案的部署。然而，它可能增加 CSP 网络数据环境的复杂性。因此，中兴为客户提供将其解决方案与现有大数据湖集成的可能性，从而避免核心网环境内出现孤立的数据基础架构。