



MLOps 高度自主 网络的运维

V1.2 ngmn.o
rg

WE MAKE BETTER CONNECTIONS

MLOps 高度自主网络的运维

由NGMN联盟发布

版本：	V1.2
日期：	2025年1月7日
文档类型：	最终交付成果
保密等级：	公共
项目：	基于人工智能的网络自动化与自主性
项目负责人和编辑：	李莉/中国移动，塞巴斯蒂安·泽克林/德国电信
项目联合负责人：	Sebastian Thalanany/UScellular
活跃参与者：	余焕章/中国移动通信集团公司，高晟/中国移动通信集团公司，冯成成/中国移动通信集团，让·保罗·帕洛斯/华为
NGMN项目经理：	Sparsh Singhal
批准日期：	NGMN联盟董事会，2025年2月13日

对于公共文件（P）：© 2025 Next Generation Mobile Networks Alliance e.V. 版权所有。未经Next Generation Mobile Networks Alliance e.V.事先书面许可，本文件的任何部分不得以任何形式或通过任何手段进行复制或传播。

本文件中所包含的信息代表了NGMN Alliance e.V.截至出版日期对所讨论问题的当前观点。本文件以“原样”提供，不提供任何保证，包括但不限于任何关于适销性、非侵权或适用于任何特定目的的保证。本文件使用中的所有责任（包括侵犯任何财产权利的责任）均予以否认。本文件未授予任何知识产权的许可，无论是明示的还是默示的。本文件仅用于信息目的的分发，并可能随时更改。读者不应基于本文件设计产品。

摘要：简要介绍和文档目的。

本文件描述了启用技术的指南和需求，作为自主系统框架——第二阶段的一个扩展。本文件重点关注通用MLOps，并将探讨适用于自主网络的MLOps，涉及自动化高级自主水平，从检查MLOps流程、需求、架构以及端到端部署和标准化建议等方面进行探索。

文档历史

日期	版本	作者	变化
08/10/2023	V 0.0	邓玲丽，中国移动通信集团公司；张宇涵，中国移动通信集团公司	初稿起草
14/03/2024	V0.1	邓玲丽，中国移动通信集团公司；张宇涵，中国移动通信集团公司	第二章，第五章
15/04/2024	V0.2	邓玲丽，中国移动通信集团公司；张宇涵，中国移动通信集团公司	第三章
15/04/2024	V0.3	邓玲丽，中国移动通信集团公司；张宇涵，中国移动通信集团公司	第四章
5/08/2024	V0.4	邓凌莉，中国移动通信集团公司，张宇涵，中国移动通信集团公司 高圣，中国移动通信集团公司	通信集团公司 第一章，第八节
17/08/2024	V0.5	邓凌莉，中国移动通信集团有限公司	编辑
19/08/2024	V0.6	张宇涵，中国移动通信集团公司；高圣，中国移动通信集团公司	
26/08/2024	V0.7	邓凌莉，中国移动通信集团有限公司	第八章
29/08/2024	V0.8	于海洋，中国移动通信集团公司，高圣， 中国移动通信集团公司，程成峰，中国移动通信集团公司	第九章
09/10/2024	V0.9	塞巴斯蒂安·塔兰阿尼，美国信德电讯	审查与编辑——所有章节
11/10/2024	V1.0	张宇，中国移动通信集团公司，让·保罗·帕洛瓦，华为	合并修订
12/12/2024	V1.1	张宇涵，中国移动通信集团公司	合并来自BT的修订内容。
07/01/2025	V1.2	张宇涵，中国移动通信集团公司	合并以下修订： Merge the revisions from 美国蜂窝

目录

01	引言	
02	定义	6
03	动机	
04	过程	8
05	要求：	
06	架构	
07	部署方案选项	
	7.1 嵌入式网络元素部署	
	13 7.2 集成单一域部署	
	14 7.3 实时单一域部署	
	15 7.4 跨域部署	
08	标准化建议	17
	8.1 当前状况	
	17 8.2 建议	
09	清单：缩写列表	
10	参考文献：	21
11	FIGURES	
12	致谢	23

01 引言

这份文件题为“高度自主网络领域的MLOps”，旨在提供适用于高度自主网络赋能技术的全面指南和要求。它主要关注ML模型的开发与运营，详细阐述MLOps的过程、要求、架构以及Level 4+自主网络人工智能应用的全流程部署。在此背景下，它审视了适用于人工智能应用的现有及相关管理标准，并提供了标准化建议。

02 定义

DevOps

一套旨在促进不同团队间软件产品联合开发、技术运营和质量保证的流程、方法和系统。

机器学习模型

输出由训练数据集训练的机器学习（ML）算法，该算法通过输入数据中的模式生成预测。[1]

机器学习运维（Machine Learning Operations，简称MLOPS）

机器学习（ML）和DevOps中的一种新造术语，代表一系列旨在促进跨不同团队进行需求管理、数据工程、模型开发、模型交付和模型运营的流程、方法和系统。

注意：

MLOps整合了机器学习（ML）、DevOps和数据分析工程，以将机器学习系统投入生产，从而实现机器学习产品的开发。它基于持续集成和持续交付（CI/CD）、协作、编排、可重复性（包括数据、模型和代码版本控制）以及持续监控的原则。[2]

03 动机

机器学习（ML）技术，作为人工智能（AI）的一个核心子领域，赋予了机器或系统自动获取知识并从人类经验中改进的能力。这一方面对于运营商解决通信网络中既存的以及新兴的挑战具有重要意义。随着智能网络应用的实施在大规模上扩张，阻碍向高级别自主水平进展的障碍也在增加，主要体现在日益复杂的复杂性。随着自主网络在多个管理层或领域（从资源运营、服务运营到业务运营）中部署各种机器学习模型，与大规模部署和维护机器学习模型相关的问题日益凸显。

MLOps 是一套管理流程，旨在连接机器学习模型的开发、部署和运营，将算法与交付和运营团队联系起来，以提高机器学习模型生命周期管理的效率，并促进其大规模应用。它是DevOps的专门版本，用于管理作为一种特殊类型软件产品的机器学习模型。[2]。

应用MLOps将有效解决以可扩展方式采用机器学习技术的实际问题，对于高度自主的网络，通过系统化和自动化的机器学习模型生命周期管理。

04 过程

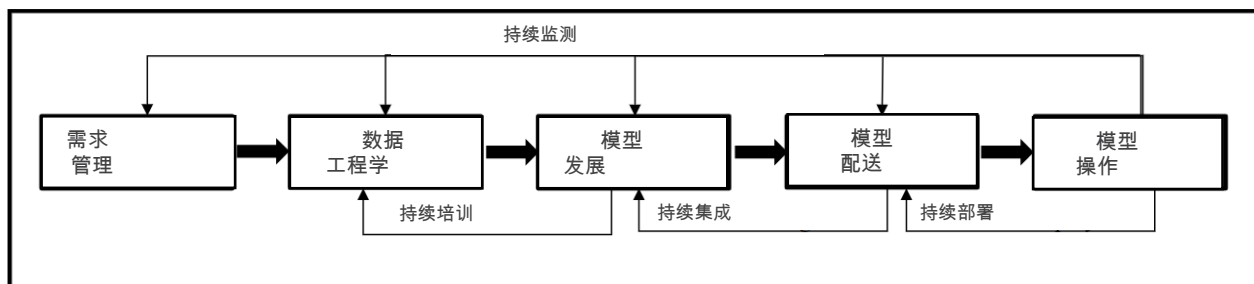


图1 - 由MLOps工作流程驱动的机器学习模型生命周期

如图1所示，MLOps工作流程通常包括以下五个阶段：

• 需求管理：

这包括可行性分析和根据商业目标和要求制定技术解决方案。

• 数据工程：

这将源数据转换成优化用于机器学习模型训练的格式。

• 模型开发：

这包括使用选定的基础模型进行的机器学习模型训练（包括机器学习模型验证）和测试，以确保输出模型已优化并准备好交付。

• 模型交付：

这包括将开发的机器学习模型与配置、代码和脚本打包，生成可交付成果，并将它们部署到生产环境中。

• 模型运行：

这包括在生产环境中部署的机器学习模型的一个监控（如模型推理性能）和操作维护（如模型激活/停用）。

MLOps 工作流程通过以下四个闭环反馈管道自动化机器学习模型的生命周期管理：

» 持续培训（CT）：

这是由预设条件的检测触发的，以持续训练机器学习（ML）模型、确保机器学习模型的验证以及相关的测试结果，以满足准确性和一般性性能要求。

» 持续集成（CI）：

这是由经过训练的机器学习模型和源代码的更新触发的，以持续地将来自各个分支的机器学习模型和源代码集成到一个共享的主分支中，并使用自动化测试，以确保新集成的机器学习模型和源代码符合后续交付的发布标准。

连续部署（CD）：

这是由新发布的机器学习模型触发的，以持续向仿真环境交付发布的机器学习模型，以模拟机器学习模型的运行条件，这些条件类似于现实世界的资源，并促进机器学习模型自动连续部署到相关生产环境。

» 持续监控（CM）：

此监控过程是持续的，贯穿于机器学习模型的生命周期始终，监控过程自动识别和监控任何风险和异常事件，同时从事件中采样和收集相关数据，根据计划程序或流程进行管理和控制，以确保机器学习模型不断迭代优化，并准备好进入新的生命周期。

05需求

MLOps管理流程主要通过工作流程管理功能实现，并与15个专业功能的精选套件相结合。这些功能旨在支持ML模型的全生命周期管理，确保从开发到部署和运营阶段的系统性监督。功能要求如下：

工作流程管理功能：

该功能涵盖t个独立阶段，优先考虑对所有功能的监督和管理。该功能接收来自模型提供者的机器学习模型交付或更新通知，并补充其他管理功能，以确保机器学习模型的整个生命周期管理。

数据处理功能：

此功能通过一系列操作将原始数据转换为可供机器学习模型使用的干净数据，并最终为机器学习模型开发提供高质量数据。这些操作应包括数据清洗、数据转换、数据增强以及其他处理，以减少诸如数据异常、数据缺失和数据重复等问题。

模型训练函数：

此功能基于特定业务场景和运营管理需求，使用数据集和机器学习算法对ML模型进行训练和验证，并根据需要调整和优化ML模型。此功能还会根据需求触发（例如，当检测到ML模型性能下降时）重新训练ML模型，确保ML模型在变化的环境中保持性能和准确性。它自动执行由预设条件触发的训练任务（例如，训练数据集的数量），并根据目标指标（例如，准确性）自动在线更新ML模型。此外，模型训练功能验证ML模型以评估它们的

性能，包括但不限于误差验证、交叉验证等。

模型测试功能：

该功能测试了机器学习模型在测试数据集上的性能差异，这些差异通过预设的评估指标确定，在机器学习模型训练后，以确定机器学习模型的一般化能力，确保机器学习模型满足预期要求。

模型构建与集成功能：

此功能构建并打包代码、机器学习模型、依赖项以及其他元素，以生成可交付成果，其中可交付成果的形式包括部署包、镜像等，这些成果可以灵活部署到生产环境中。

» 模型仿真功能：

此功能模拟了机器学习模型在独立仿真数据集上的性能和有效性，以便在部署到生产环境之前发现机器学习模型的缺陷。

部署功能：

此功能将机器学习模型部署到生产环境并宣布一个新版本。

模型解析函数：

此功能提取并分析机器学习模型发布配置文件，以了解需要部署的内容，包括环境配置、接口配置、模型算法等，用于配置和启动机器学习模型服务。

资源检查功能：

该功能检查生产环境是否符合部署要求。

资源编排功能：

此功能基于资源（即，容器、Pod、网络等）进行协调。

环境资源信息以支持机器学习模型的运行。

模型编排功能：

这个函数执行机器学习模型部署、机器学习模型配置和网络配置。此函数还内置了机器学习模型注册表和元数据存储，用于跟踪和记录每个与机器学习模型相关的作业任务的元数据，例如，训练日期和时间、持续时间、性能指标、模型血缘等。[3][4]

模型上线功能：

该函数启动机器学习模型推理服务。

监控功能：

该功能持续监控机器学习模型的整个生命周期，包括输入数据监控、机器学习模型监控以及业务监控。输入数据监控指的是对推理输入数据的质量和分布的监控。机器学习模型监控方面指的是在模型运行阶段对机器学习模型性能的监控。业务监控方面指的是通过预设的业务指标，对机器学习模型服务在业务维度中的性能和有效性进行监控。

» 测量功能：

此功能基于监控结果和业务需求分析机器学习模型的改进方向，按需生成反馈报告。

数据收集功能：

此功能收集了机器学习模型的运营监控数据、推理输入数据和模型训练数据。

模型推理函数：

此功能执行推理分析并提供相关结果反馈。

06架构

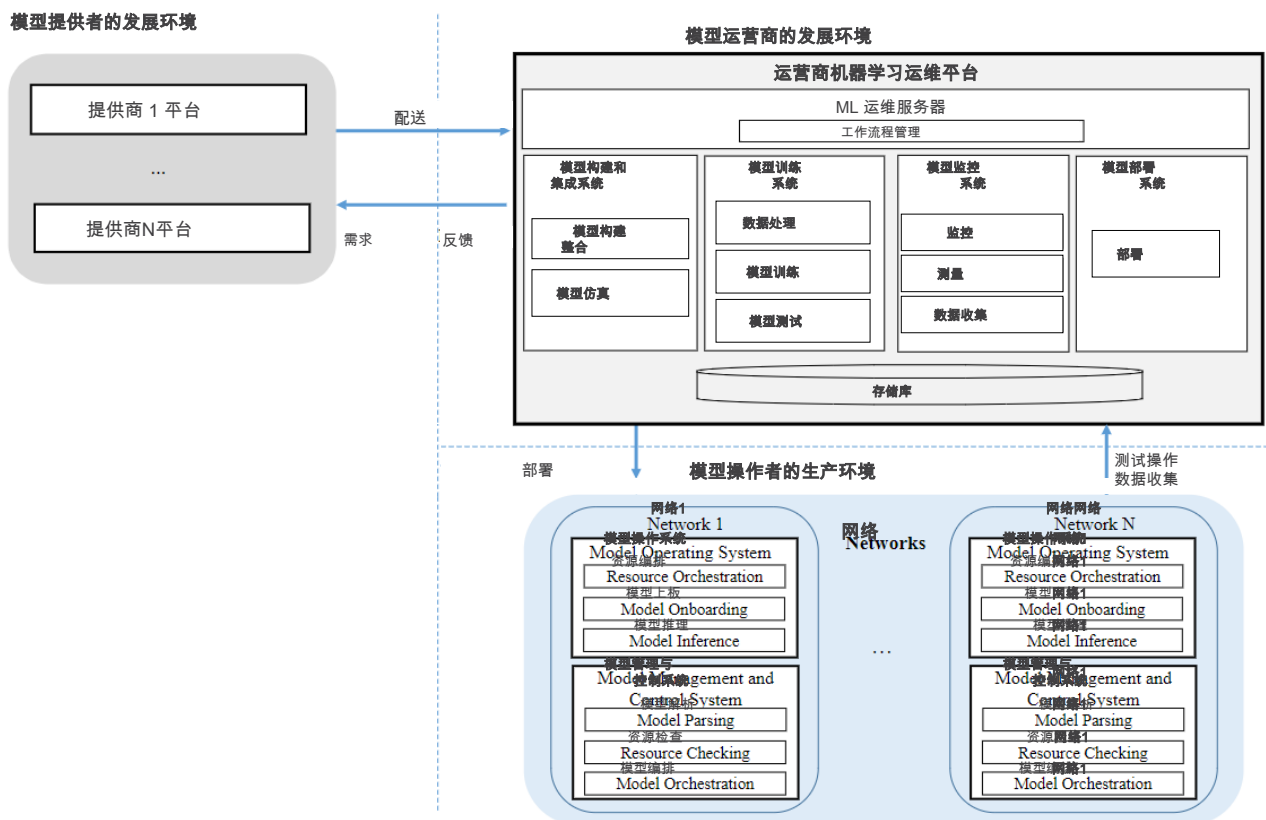


图2 - MLOps架构

MLOps的一般架构如图2所示，包括模型提供者的开发环境、模型操作者的开发环境以及模型操作者的生产环境。

• 模型提供者的发展环境指的是由不同模型提供者的开发工作流程形成的开发环境。机器学习模型提供者根据其自身的开发工作流程，完成从需求管理、设计、开发、构建、测试等全过程，并生成一个用于交付的机器学习模型。之后，模型提供者向订阅该模型提供者的运营者发送特定机器学习模型的发布通知。当机器学习模型部署后，当模型提供者收到运营者关于当前机器学习模型异常行为的反馈时，模型提供者会分析问题，

排查机器学习模型故障，并相应更新机器学习模型。

• 模型运营者的发展环境，它指的是运营者的机器学习操作（MLOps） workflows 的发展环境。在运营者的MLOps平台接收模型提供方交付的机器学习模型后，运营者的MLOps平台执行运营者一侧的MLOps工作流程，并实现对问题进行测试并提供给模型提供方的异常行为。运营者的MLOps平台主要包含以下类型的服务器和系统：

» MLOps服务器提供工作流程管理功能。

» 该模型构建和集成系统提供了模型构建和集成功能以及模型仿真功能。

» 该模型训练系统提供数据处理功能、模型训练功能和模型测试功能。

» 该模型监控系统提供监控功能、测量功能以及数据收集功能。

» 该模型部署系统提供部署功能。

» 人工智能仓库用于存储机器学习模型及其相关资产（包括数据、元数据、特征、代码、参数、图像等），并记录和跟踪机器学习模型的生命周期状态。

- 模型操作员的生产环境包括仿真环境和生产环境。仿真环境用于在交付前对机器学习模型进行仿真。生产环境指的是机器学习模型向消费者提供服务的环境。模型操作员的生产环境应具备可信性和可控性。模型操作员的生产环境主要由以下系统组成：

» 该模型管理与控制系统提供模型解析功能、资源检查功能和模型编排功能。

» 该模型操作系统提供资源编排功能、模型导入功能和模型推理功能。

07部署选项

对于一个具有AI/ML能力的网络元素运营商，MLOps平台应提供完整的模型管理服务。运营商MLOps平台以及生产环境中的各种系统部署为网络元素之一，在跨区域网络管理层、单一区域网络管理层或网络元素管理层部署。

7.1 嵌入式网络元素部署

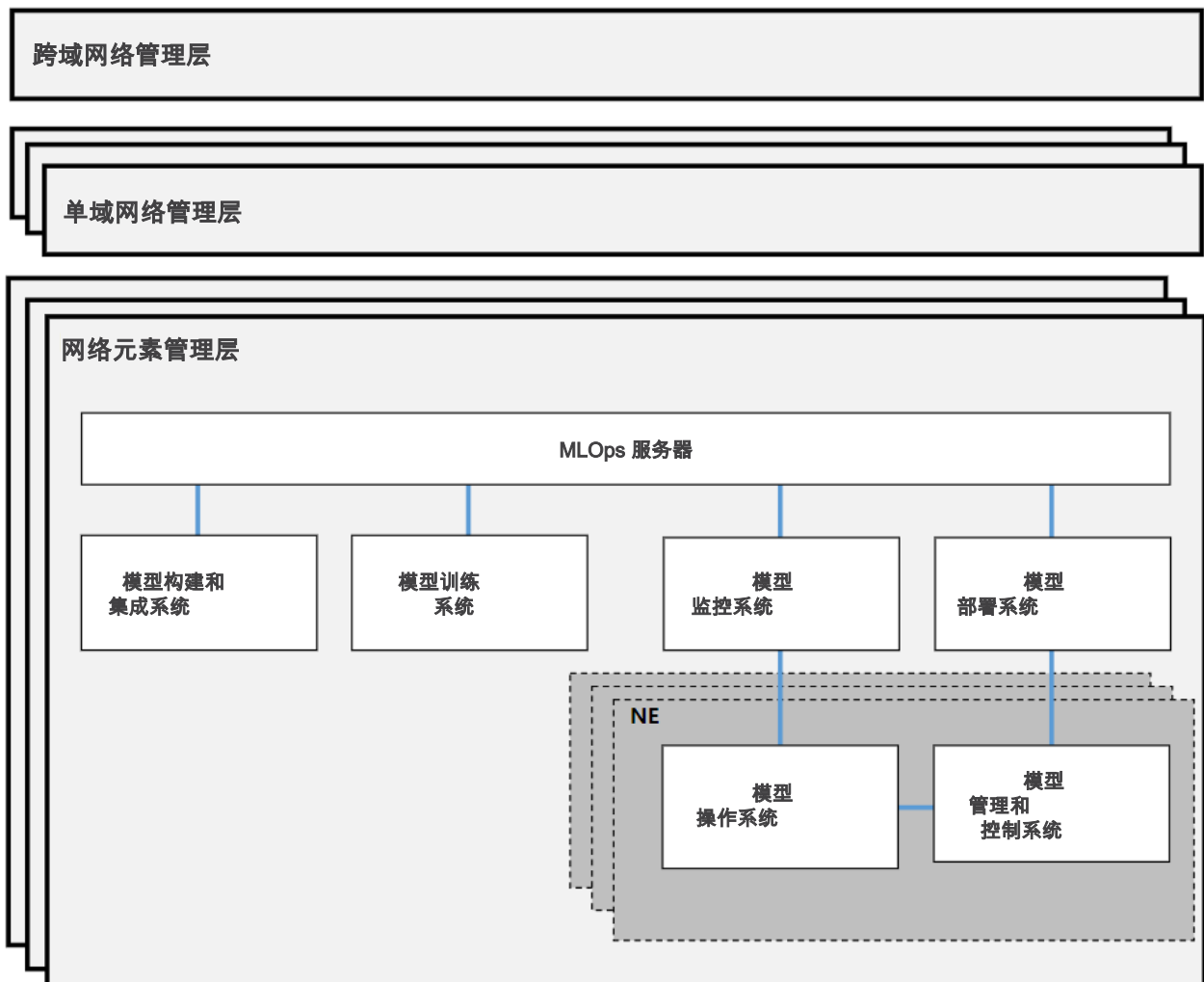


图3 - 嵌入式网络元素部署

在此部署场景中，MLOps服务器、模型构建和集成系统、模型训练系统、模型监控系统以及模型部署系统部署在网络元素管理层，为网络元素提供模型训练和其他服务。模型管理和控制系统以及模型操作系统部署在网络上。

网络元素管理层的元素提供模型推理以及其他网络元素服务。这种场景适用于特定网络元素的MLOps工作流程。例如，如果作为训练数据集一部分的网络元素收集的数据仅限于网络，模型训练就无法在网络管理层中执行。

7.2 集成单域部署

在这个部署场景中，MLOps服务器、模型构建和集成系统、模型训练系统、模型监控系统以及模型部署系统均部署在单域网络管理层。模型管理和控制系统以及模型操作系统同样部署在单域网络管理层，以提供模型推断和其他服务。

本场景适用于单域MLOps工作流程。例如，对于无线接入网（RAN）或核心网络域，相关功能可能被集成到现有管理功能中，如MDAF [5]。

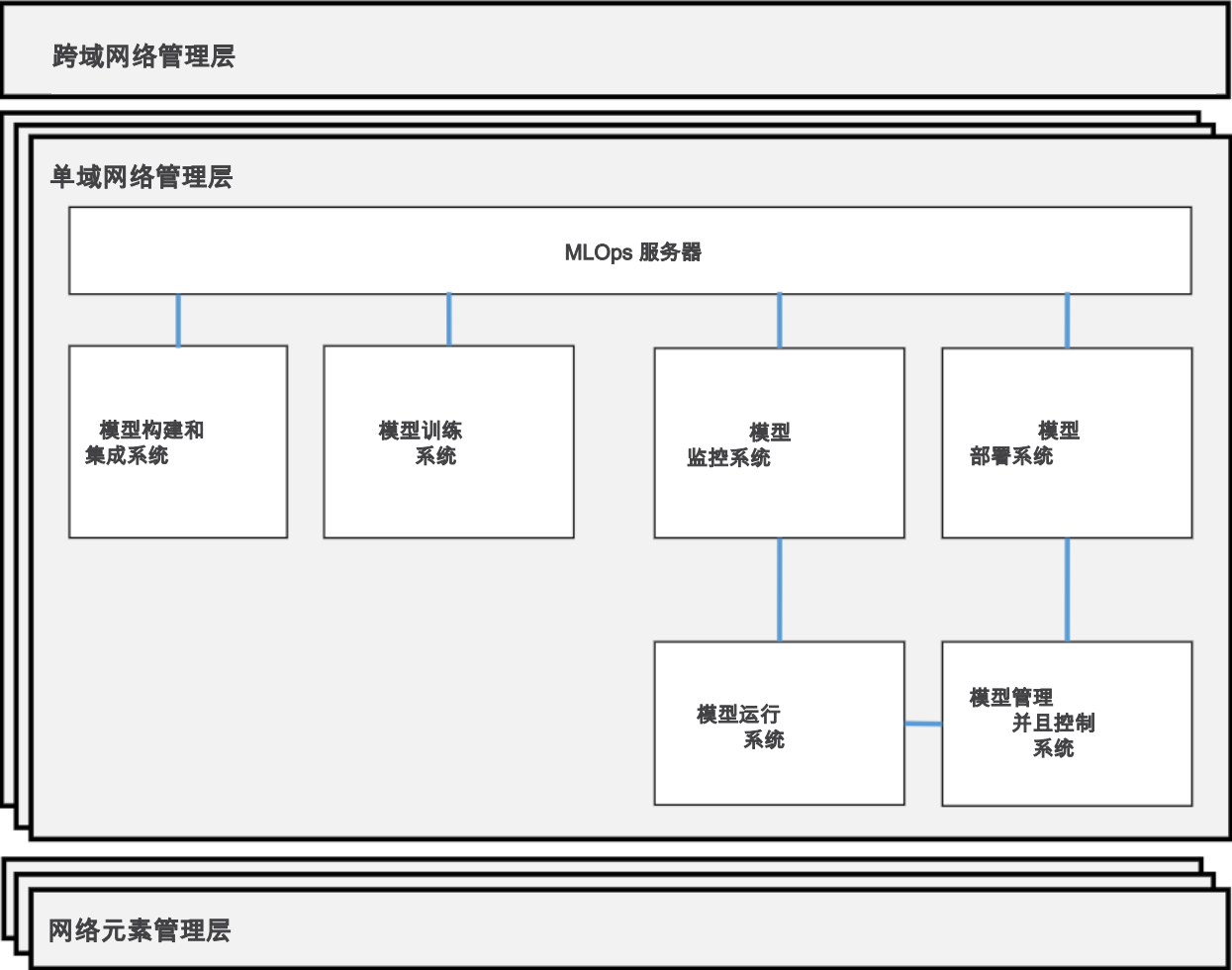


图4 - 单域集成部署

7.3 实时单域部署

在这个部署场景中，模型训练系统分为两部分：在线和离线模型训练系统。在线模型训练系统负责实时数据收集和在线模型训练。换句话说，在线模型训练系统允许模型在新的数据不断到来时持续更新，以保持其准确性和有效性。离线模型训练系统负责模型的初始训练或定期再训练。

在实时单域部署中，在线模型训练系统、模型操作系统以及模型管理和控制系统部署在网络元素中，而MLOps服务器、模型构建和集成系统、离线模型训练系统、模型监控系统以及模型部署系统则部署在单域网络管理层。

此场景适用于单域MLOps工作流程（例如，在RAN域网络管理系统或核心网络域网络管理系统中的MLOps工作流程），其中可以在网络元素内收集实时数据，例如在gNB或NWDAF中，用于在线模型训练，并且可以及时调整ML模型以适应不断变化的环境。

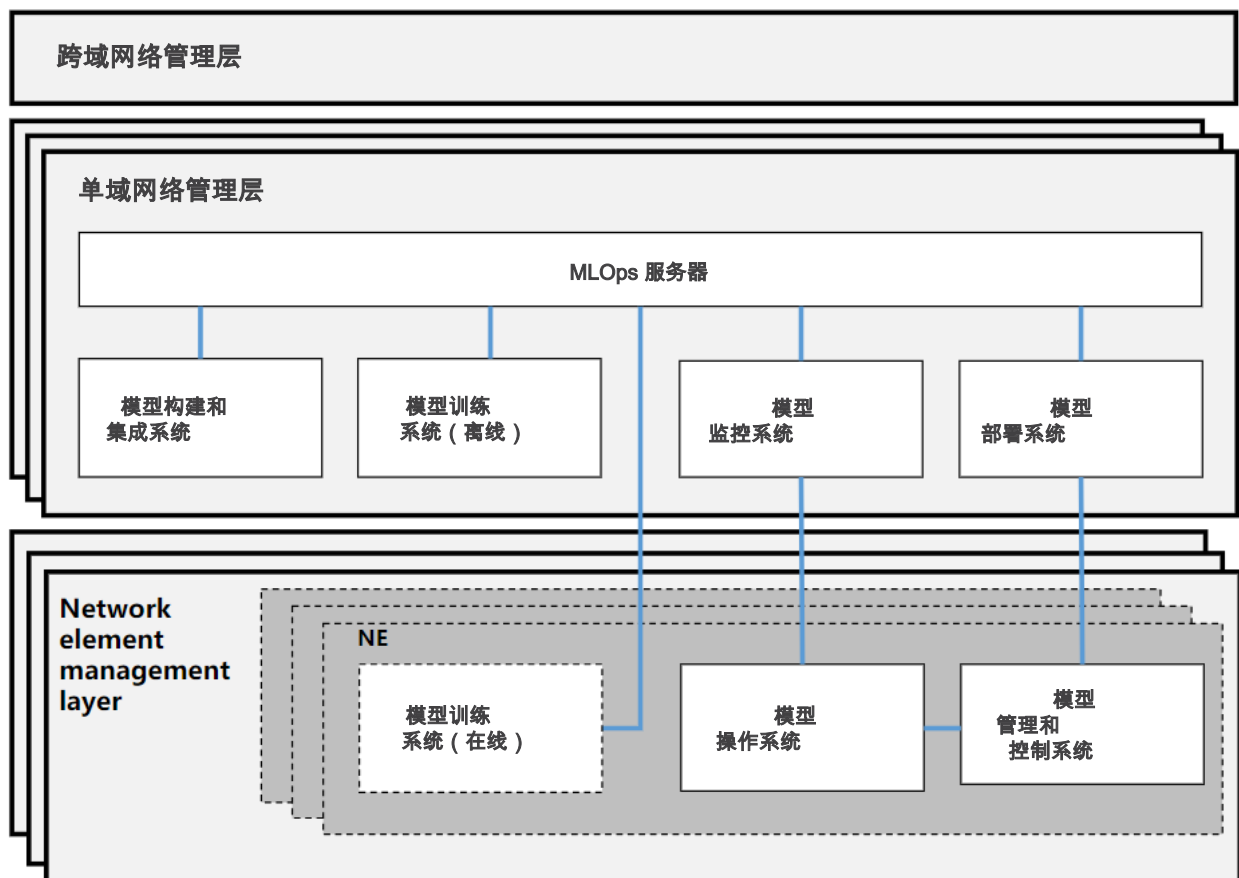


图5 - 实时单域部署

7.4 跨领域部署

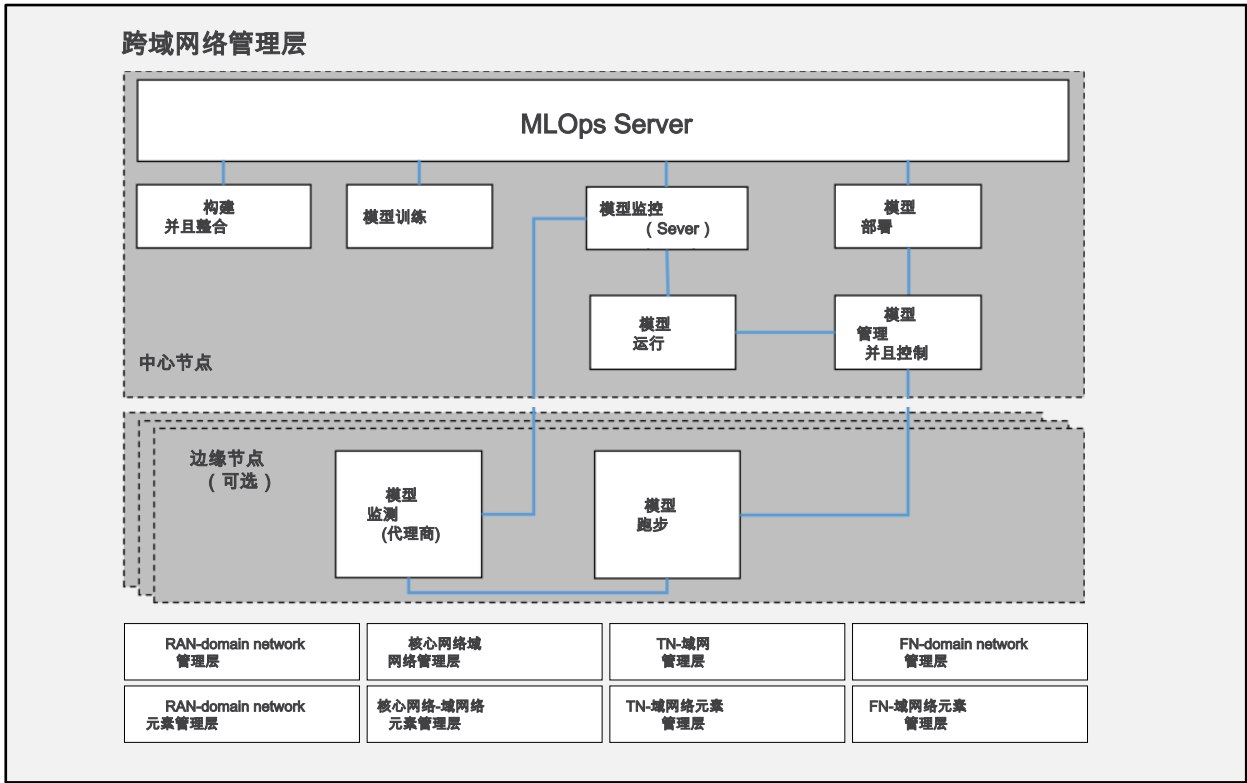


图6 - 跨领域部署

在此部署场景中，中心节点是跨域网络管理层的核心，负责集中处理、协调和监控。跨域网络管理层用于执行整体的MLOps工作流管理和相关功能。位于不同地理位置（如省级节点或不同区域的节点）的边缘节点执行模型推理和监控，并向中心节点提供反馈。

部署在本地边缘节点上，对收集到的数据执行监控和分析，并提供初步的测量反馈。当部署在边缘节点的模型监控系统（Agent）检测到模型性能下降时，它可能会将这种下降报告给部署在中央节点的模型监控系统（Server）。中央节点的模型监控系统（Server）可能会将事件报告给MLOps Server，以决定如何处理这种情况（例如，重新训练模型或选择一个新的ML模型并将其部署到边缘节点）。不同边缘节点的模型监控系统（Agent）追踪它们自己的独特的历史和推断数据，这些数据可能由模型监控系统（Server）汇总，并被模型训练系统用于（在线或离线）重新训练，以增强模型性能。

MLOps服务器、模型构建和集成系统、模型训练系统、模型部署系统以及模型管理和控制系统均部署在跨域网络管理层的中心节点。

该模型监控系统分为两部分，即模型监控系统（服务器）和模型监控系统（代理）。模型监控系统（服务器）在中央节点上监控机器学习模型，它收集并分析由中央节点模型操作生成以及来自相关代理的反馈数据，并全面评估汇总的反馈数据。模型监控系统（代理）监控机器学习模型。

该模型操作系统可以在中央节点和边缘节点上部署。中央节点上的模型操作系统能够处理复杂的数据分析和资源密集型推理任务。边缘节点上的模型操作系统负责初步数据分析和为简单问题提供快速本地响应的决策支持。此方案适用于跨域MLOps工作流程。

08 标准化建议

8.1 当前状况

总之，关于自主网络标准化中的MLOps，得出以下结论：

首先，TM论坛强调了在通过提供一种结构化和高效的框架来管理机器学习模型，从而提升自主网络能力的过程中，MLOps的重要性。这要求整个行业共同努力，以标准化MLOps实践。

TMF:

关于《“自主网络：赋能数字化转型——从战略到实施”（IG1305）》[6]的文件，由TMF于2023年发布，将MLOps（机器学习运维）识别为自主网络未来发展的关键技术。

此外，尽管如以下所列的多个标准化组织（SDOs）目前正在开发与MLOps相关的标准。

» 从一个端到端以及跨领域管理的广义框架角度，以下考虑因素是相关的：

ISO/IEC:

ISO/IEC JTC1/SC42人工智能分委会启动了项目：“信息技术—人工智能—AI系统生命周期流程。”[7]。通过建立稳健的生命周期标准，这一倡议旨在为应用程序开发提供指导，从而支持应用程序的标准化。然而，它并没有从MLOps的视角解决自动闭环问题。

国际电信联盟-电信标准化部门：

国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T）已经建立了与自主网络相关的要求：（ITU-T M.3016

[8]）AI增强的电信运营和管理框架（ITU-T M.3080 [9]），以及IMT-2020及其以后联合开发和运营的需求（ITU-T Y.3164 [10]），但在此类自主网络中以及与机器学习模型的生命周期管理相关的AI应用管理标准仍然不足。

» 从特定领域管理的角度来看，3GPP和O-RAN已经对移动通信网络的AI/ML管理进行了初步研究，其成熟度和一致性各不相同。

3GPP:

在Rel-18和Rel-19版本中，TSG SA和TSG RAN内部的绝大多数工作组都承担了研究项（SI）和/或工作任务（WI），重点关注AI/ML技术的集成。这些倡议涵盖了各种各样的使用场景和特定用例，其中AI/ML被应用于优化3GPP系统的各个方面的性能。例如，3GPP RAN1正在建立一个用于提升空中接口的一般框架，利用TR 38.843 [11]中的AI/ML生命周期管理框架。

3GPP RAN3正在利用人工智能/机器学习技术，以实现节能、负载均衡和移动优化，提升网络性能和用户体验，具体应用在TR 37.817 [12]中。3GPP SA5在TR 28.908 [13]和TS 28.105 [14]中，处理了与5GS（5G系统）相关的网络OAM（操作、管理和维护）方面的许多方面，包括跨越5G核心（5GC）和下一代-RAN（NG-RAN）域的管理和编排子系统。

当前由3GPP TSG SA领导的研究阶段专注于检查TSG RAN和TSG SA工作组中的持续AI/ML（人工智能/机器学习）倡议。其旨在明确任何潜在的错位或不一致性。然而，这项研究和标准化权限涵盖的领域为：

现有的3GPP框架尚未涵盖DevOps的自主原则。实现一个一致且共识导向的方法，用于建立端到端AI/ML框架和生命周期管理，目前仍在进行中。这种方法对于AI原生网络的发展至关重要，AI原生网络有望在即将到来的6G架构中扮演关键角色。

在版本19中，3GPP SA5启动了一项关于生成式人工智能的研究，涵盖了与语言模型相关的创新AI/ML技术和概念探索，该研究深入探讨了预训练、微调、分布式学习、强化学习以及其他相关学习方法。

O-RAN:

本计划在O-RAN架构内对“AI/ML工作流程描述”[15]和需求进行研究，涉及AI/ML工作流程、典型用例和功能需求。O-RAN已经开始了关于MLOps的信息工作。然而，O-RAN系统中MLOps的架构和接口需要正式标准化，以确保无缝集成和运行。

» 从非捆绑性的管理观点来看，国际 Telecommunications Management Forum (国际电信管理论坛，简称“TMF”) 在不同角度针对网络安全管理等层面对AI和ML管理开展的研究，这些研究成果各具成熟度一致性的不同。

TMF:

ODA (开放数字架构) 项目和AI运营项目持续探索人工智能如何实现数字化转型。ODA项目于2021年发布了GB1022[16]，概述了ODA的功能框架。通过分解数字业务或企业的关键能力，这一功能架构促进了业务和运营的敏捷性。该框架分为五个功能模块，即：参与管理、当事人管理、核心商业管理、生产和智能管理。智能管理被定义为负责知识定义的自动化。它利用大数据和快速数据来实现跨功能智能功能。

并且认知工作流程。虽然本指南手册解决了智能管理功能需求，但还需要进一步阐述智能平台架构或功能。AI/ML能力与ODA的集成仍在积极讨论中。同时，AIOps项目已发布一系列指南手册，专注于将AIOps应用于网络管理流程。IG1190 [17]系列探讨了如何重新设计运营和服务管理流程以支持和管理AI的大规模部署。GB1065 [18]提供了从初始构想到设计、开发、部署、生产 (包括运行时间和日常运营)、维护 (包括ML再训练过程)，直至最终退役的端到端、无工具限制和用例无关的软件生命周期管理AI组件的指导。然而，它并未详细说明如何构建一个能够有效管理和最终满足特定要求系统。

总的来说，目前缺乏针对MLOps的综合性和普适性标准，而这对于在网络安全领域和各个组织间建立共同的MLOps规范是迫切需要的。

8.2 建议

总体而言，鉴于跨领域缺乏通用标准方向，建议ITU-T通过扩展现有的DevOps框架[10]，启动端到端和跨领域的通用MLOps框架的总体启用考虑。这将作为相关领域特定标准化的指南，促进MLOps标准的协调，同时也促进行业的协作发展。

在移动通信网络领域，建议分为两个方面：

» 建议3GPP考虑将MLOps和DevOps流程的生命周期管理整合到端到端ML模型生命周期中，这将有助于修正并加速整个3GPP管理系统内AI/ML管理的自动化方面。

» 建议O-RAN进一步推广MLOps在O-RAN中的应用，通过遵循3GPP为移动通信网络设定的通用框架，并集中其后续工作于标准化解耦的RIC控制器与X应用程序之间的交互，以满足O-RAN内部的MLOps需求。

此外，大型模型（例如，大型语言模型（LLMs））、小型模型（例如，小型语言模型（LSMs））及其在生成式人工智能（Gen AI）环境中的应用代表了当前演变中的关键方向，以及向B5G和6G网络转型的变革性进展。这些考虑对于标准化工作具有重要意义，有利于所有相关标准化机构（SDOs）在整合大型语言模型操作（LLMOps）方面的努力，从而促进内在智能架构在网络基础框架中的无缝集成。

09 缩略语表

5G技术	第五代核心
第五代移动通信技术 (5G) 系统	
6G	第六代
人工智能	人工智能
AN	自主网络
B5G	超越5G
CI	持续集成
CD	持续部署
CT	持续培训
CM	持续监测
IMT	国际移动电信
LLMOps	大型语言模型在运营中的应用
MDAF	模型数据分析功能
机器学习	机器学习
国家西部干旱区防洪工程 (National Western Dry and Arid Area Flood Control Project)	
光通道监控 (Optical Channel Monitoring)	
无线接入网	无线接入网
SA	服务与系统方面
SDO	标准发展组织
SI	研究项目
TN	交通网络
TSG	技术规范小组
WI	工作项

10 参考文献

[1] ISO/IEC 22989:2022(en) 信息技术 — 人工智能 — 人工智能概念和术语, 2022 [2] GTI, 《GTI自主网络V3.0》, 2022 [3] D. Kreuzberger, N. Kühn 和 S. Hirschl, 《机器学习操作 (MLOps) : 概述、定义和架构》, 发表于IEEE Access, 第11卷, 第31866-31879页, 2023年, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3262138. [4] Diaz-De-Arcaya, J., Torre-Bastida, A. I., Zárate, G., Miñón, R., & Almeida, A. (2023).关于MLOps和Alops的挑战、机遇和路线图的研究: 一项系统调查。ACM计算调查, 第56卷, 第4期, 第1-30页 doi: 10.1145/3625289 [5] 3GPP, 《管理数据分析 (MDA) 》, TS 28.104, 2024 [6] TM Forum, 《IG1305自主网络赋能数字化转型》, 2023 [7] ISO/IEC 5338:2023, 《信息技术 — 人工智能 — 人工智能系统生命周期过程》, 2023 [8] ITU-T, 《自主网络 - 架构框架》, Y.3016, 2023 [9] ITU-T, 《人工智能增强电信运营和管理 (AITOM) 框架》, M.3080, 2021 [10] ITU-T, 《IMT-2020及以后联合开发和运营的需求》Y.3164, 2024 [11] 3GPP, 《关于NR无线接口人工智能 (AI) /机器学习 (ML) 的研究》, TR 38.843, 2023 [12] 3GPP, 《关于NR和EN-DC数据收集增强的研究》, TR 37.817, 2022 [13] 3GPP, 《关于人工智能/机器学习 (AI/ML) 管理的研究》, TR 28.908, 2023 [14] 3GPP, 《管理和编排; 人工智能/机器学习 (AI/ML) 管理》, TS 28.105, 2024 [15] O-RAN, 《AI/ML工作流程描述》, 2022 [16] TM Forum, 《GB1022ODA功能架构指南v1.1.0》, 2021 [17] TM Forum, 《IG1190 AIOps服务管理v4.0》, 2021 [18] TM Forum, 《GB1065端到端AIOps生命周期》, 2024

11 数据表

图1 - 由MLOps工作流程驱动的机器学习模型生命周期 8 图2 - MLOps架构 11 图3 - 集成网络元素部署 12 图4 - 集成单域部署 14 图5 - 实时单域部署 15 图6 - 跨域部署 16

12 致谢

中国移动， 邓凌丽
中国移动， 高胜
中国移动， 张宇涵
德国电信 塞巴斯蒂安·泽希林
华为， 让-保罗·帕洛斯
华为， 路易吉·利奇亚迪
UScellular 塞巴斯蒂安·塔拉尼尼
中兴通讯， 长莒

下一代移动网络 联盟

NGMN是一个全球性的、由运营商驱动的领导网络，成立于2006年，由领先的国际移动网络运营商（MN Os）发起。作为一个包括运营商、供应商和学术界在内的近70家公司和组织的全球联盟，NGMN提供行业指导，以实现创新、可持续和经济的下一代移动网络基础设施。

NGMN推动全球技术标准的一致性，与行业组织合作促进协作，并确保高效的项目驱动流程，以应对电信生态系统的不断变化需求。

愿景

NGMN的愿景是提供有影响力的行业指导，以实现创新、可持续且价格合理的移动通信服务，满足运营商的需求，并应对最终用户的需求和期望。重点领域包括掌握解耦之路、绿色未来网络和6G，同时支持5G的全面实施。

使命

NGMN的使命是：

为了评估和推动技术向以下方向演变：

• 三 战略关注主题：

• 掌握通往解耦之路：

在开放式、分解式、虚拟化和云原生解决方案的开发中处于领先地位，重点在于端到端运营模型。

• 绿色未来网络：

开发可持续和环保意识解决方案

• 6G:

预测6G的兴起，通过突出关键技术趋势和社会需求，以及概述用例、需求和设计考虑因素来应对它们。

• 为下一代移动网络定义精确的功能性和非功能性需求

为向设备开发者、标准化机构和合作伙伴提供指导，以促进成本效益高的网络演进实施。

• 作为行业内信息交流的平台，解决紧迫问题，分享经验，以及从技术挑战中学习

为了识别和消除阻碍

• 成功实施吸引人的移动服务。