

# 自适应云网络

打造灵活、开放、敏捷、自动化的云网络

白皮书

## 目录

摘要	3
5G 和云原生时代	5
5G 如何改变运营商的游戏	5
云原生时代和提高生产力限制的需求	6
数据中心架构和边缘云以及对基于 NetOps 自动化工具的需求	7
当今云原生时代的关键运营商挑战	8
利用自适应云网络改造运营商的云网络	9
自适应云网络的要素	10
数据中心架构的自适应云网络	11
产品	11
使数据中心架构成为可消费品	11
使数据中心架构灵活	13
使数据中心架构自动化	15
数字沙盒	17
数据中心架构解决方案的关键技术	17
边缘网络的自适应云网络	18
产品	18
自适应云网络实现无缝互联	20
产品	20
无缝互联正在发挥作用	20
结论	22

## 摘要

本文讨论了诺基亚面向运营商（CSP）的数据中心架构解决方案“自适应云网络”如何通过增强其数据中心架构并无缝地将其业务扩展到边缘云，使其能够响应 5G 和云原生时代不可预测的需求。

多年来，电信云和有线云架构经历了各种形式的转变。从 2008 年到 2012 年的专用硬件时代开始，在此期间网络复杂且高度定制，因此构建和运营成本高昂且效率低下。紧随其后的是虚拟化时代（2012-2020），其特点是垂直集成的 NFV 堆栈，缺乏开放性和灵活性，同时限制了可视性和控制。由于这些限制，运营商发现自己被排除在数字价值链之外，沦为管道提供商，而与此同时超大型互联网企业们则借助运营商网络实现两位数，甚至三位数的收入增长。

随着 5G 技术、5G 云原生架构的出现，以及对服务质量和性能的极高期望，电信云和有线云已经做好了迎接重大变革的准备。一个新的网络运营时代正在兴起，部署其所需的工具和能力将彻底转变运营商的网络和运营模式。未来，网络更高效、更有生产力，并将在企业 5G 数字价值链中发挥重要作用。

然而，运营商要实现这些远大抱负，必须克服许多挑战，包括扩展一个日益复杂的网络，该网络必须提供更多的应用程序，其中许多应用程序是关键业务网络，并且与严格的服务水平协议（SLA）有关。此外，运营商网络正在向边缘分布，以满足许多 5G 企业应用程序对低延迟和更高带宽的需求。更复杂的问题是现有运营能力和工具的局限性，它们无法满足这些新需求。

诺基亚推出自适应云网络解决方案。该解决方案通过提供可消费、开放、敏捷和自动化的云网络基础设施，为运营商提供克服困难所需的工具。一个可消费的网络为开放性、可扩展性、可视性和控制提供了真正的基础。敏捷网络将网络“向上移动”，使其与应用程序层“同步”，确保它根据应用程序的要求提供弹性可扩展性。自动化网络通过使各种基于 NetOps 的自动化工具随时可用且易于使用，增强网络的运营能力，从而消除了运营商开发一套全新的“内部”技能的需求。

自适应云网络专注于在多个方面提升运营商网络性能。第一种是采用 Leaf / Spine 架构的数据中心架构。第二个是网络中迅速出现和分布的边缘云。第三个方面是跨广域网的无缝互联，连接部分网络、数据中心架构和边缘云。

关键功能包括：

- SR Linux，这是业界唯一一款真正的模型驱动体系架构，可通过开源 CLI 插件和 NetOps 开发工具包定制，并继承了经验证的世界级性能和规模。
- 构建在 Kubernetes 基础设施之上的架构业务系统 FSS，通过集成到主要的云管理平台中，以确保数据中心架构对应用程序的变化做出灵活反应，从而迎头赶上云原生时代。
- 架构业务系统 FSS 是业界唯一的实时数据中心架构的数字孪生子架构，使用每个 Leaf 和 Spine 交换机的容器化实例构建，它与架构的配置和状态保持一致，并用于测试和验证网络的更改。

- 边缘网络控制器 (ENC), 提供 Kubernetes 内部构建的独特本地自动化功能, 非常适合空间和成本受限的云边缘。
- 能够在 WAN 的不同数据中心或云边缘位置之间无缝互联应用程序流量, 同时维护 SLA。
- 全面的数据中心和 IP 路由硬件平台组合, 为数据中心、边缘云定位和广域网中的一整套部署方案提供了最大的灵活性

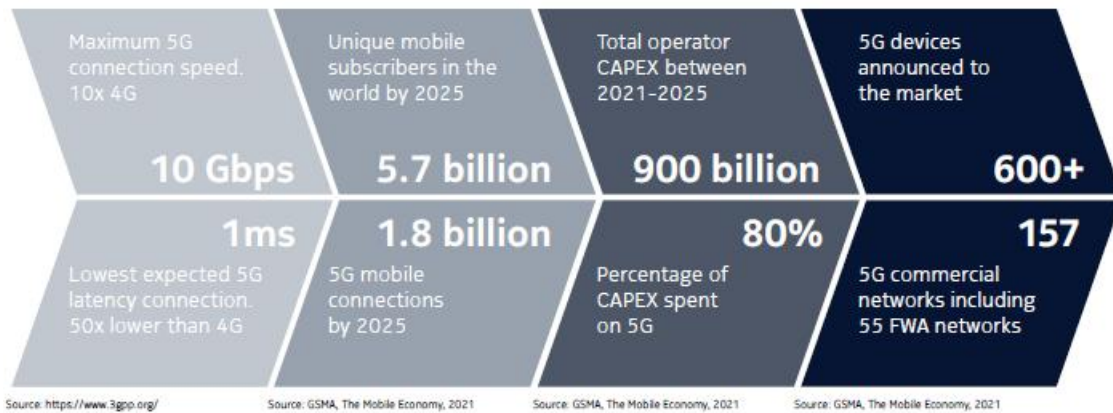
## 5G 和云原生时代

### 5G 如何改变运营商的游戏

5G 技术正以前所未有的方式颠覆运营商行业。5G 不仅是 4G 的增强版, 还从根本上改变了我们对移动服务的思考和消费方式。5G 提供了交付前几代移动技术无法实现的关键业务企业应用程序的能力。对于运营商来说, 是一个巨大的挑战。

图 1 显示了几个关键统计数据 and 趋势, 说明了 5G 部署的巨大影响。

图 1. 5G 正在改变运营商的游戏规则



说到移动技术, 速度通常是人们最强烈共鸣的指标——速度越快越好。5G 提供的理论最高速度为 10 Gbps, 比 4G 提供的速度快十倍。

虽然速度至关重要, 但 5G 真正的游戏规则改变者是其极低的延迟。5G 能够提供低至 1 毫秒的延迟, 这比 4G 的延迟低 50 倍。为了支持许多支持 5G 的工业企业应用, 如机器人、自动化无人机、远程手术和工业自动化, 运营商需要提供 10 到 50 毫秒的延迟。

到 2025 年, 全球将有 57 亿独立的移动用户, 代表着全球 70% 的渗透率。随着世界继续向移动化发展, 用户将越来越多地通过 5G 连接到网络。到 2025 年, 5G 连接数量预计将达到 18 亿, 不包括物联网 (IoT)。

这仅占总连接数的 21%，表明大多数 5G 部署将是现有 3G 和 4G 基础设施的补充。这些混合部署将使网络及其运营支持需求进一步复杂化。

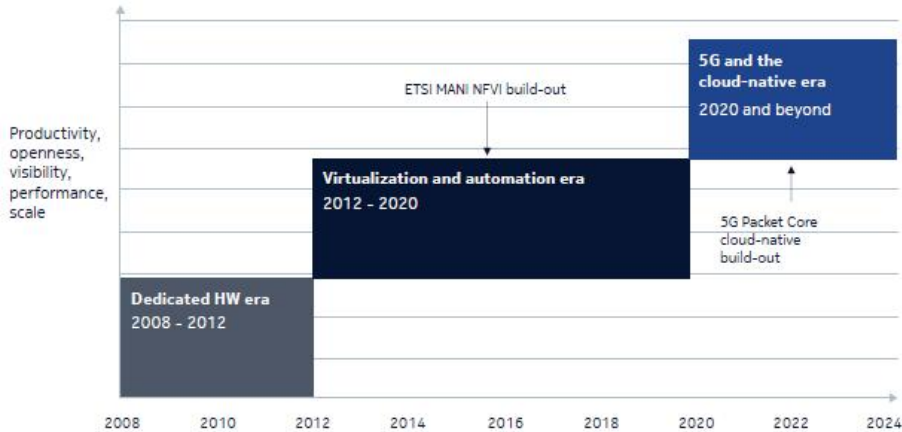
这些趋势表明，5G 对未来几年运营商的成功越来越重要。在全球范围内，运营商预计在 2021 到 2025 年间花费巨资 9000 亿美元的资本支出，其中 80% 将用于 5G 的发展。

5G 时代已经到来，没有回头路。如果 5G 运营商希望在未来的发展中取得巨大的投资回报，他们的 5G 网络就必须克服这些挑战。

### 云原生时代和提高生产力限制的需要

我们现在所认为的电信云和有线云最初出现在 2008 年左右，如图 2 所示。在最初的几年里，云软件与专门构建的专有硬件捆绑在一起，形成了一个非常封闭的系统。更重要的是，网络复杂且高度定制，这使得它们的建设和运营成本高昂且效率低下。

图 2. 电信云的演变



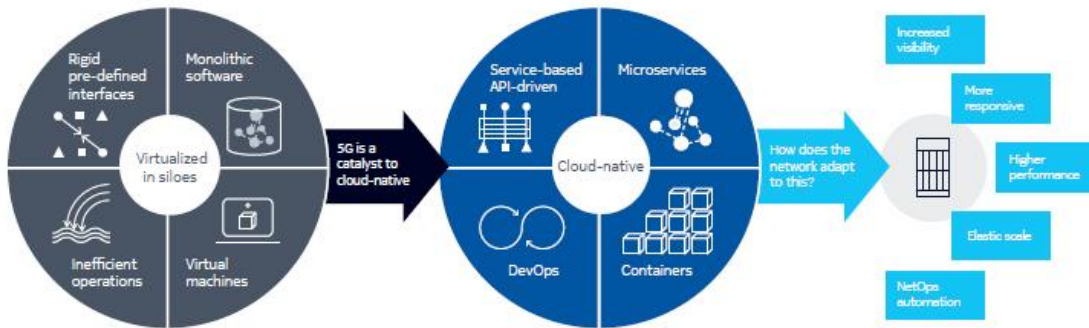
由于这些限制，运营商很快开始考虑如何将应用程序与专门构建的硬件分离，以提高灵活性、效率和弹性规模。2012 年标志着电信云虚拟化和自动化时代的开始。电信云和有线云首次应用虚拟化，主要基于 ETSI MANO 标准。虚拟化旨在通过创建独立于硬件平台且分配有弹性虚拟硬件资源池的虚拟机 (VM)，建立一种更灵活、敏捷、高效的应用程序开发和操作方法。然而，这种方法仍然受到严格的预定义接口、巨大的单一软件负载以及传统的基于瀑布的软件开发方法的影响，这种方法既不迭代，也不灵活。尽管这种方法提高了灵活性，但灵活性和性能回报并没有按预期的方式实现。虚拟化和自动化时代代表了当今许多运营商的现状，并被证明不足以应对新兴云原生时代的挑战。

今天，随着我们进入云原生时代，电信云和有线云架构正朝着一种允许动态和敏捷应用程序开发技术的 DevOps 设计方法论发展。这些技术不依赖单一的应用程序基础设施，而是采用模块化的方法，通过一套较小的基于云的微服务来构建、运行和更新软件。这些微服务通常嵌入到容器中，容器是打包代码及其所有依赖项的标准软件单元，因此应用程序可以在一个计算环境到另一个计算环境之间快速可靠地运行。

微服务和容器化是支持云原生应用程序灵活性和动态性的两种常见方法。此外，该方法采用 API 驱动的基于服务的接口，避免了传统预定义接口的僵化。

5G 单机版 (SA) 核心架构是高度分布式云原生实现的一个很好例子。这些实施以及随后推出的新 5G 服务正在推动现有数据中心架构的极限。随着云原生推动了越来越灵活和动态的应用程序开发，同时也分布在各个位置的层次架构中，现代数据中心架构和边缘云需要适应这些新的需求。它们需要提供更高的可视性、更高的响应能力、更灵活的规模和更高的性能。图 3 对比了这些方法之间的差异以及网络需要如何调整。

图 3. 云原生时代及其对网络架构的影响



### 数据中心架构和边缘云以及对基于 NetOps 的自动化工具的需求

NetOps 是一种采用 DevOps 原则并将其应用于网络的方法和理念。它努力消除网络对敏捷应用程序开发和部署的障碍，同时提高网络的运营效率。下一代数据中心架构和边缘云将需要利用新的基于 NetOps 的自动化工具，这将有助于抽象、简化和自动化网络，同时提高运营生产力。

除了使用这些技术，运营商还需要从垂直孤立的方法转向云原生架构，同时部署更为水平、基于平台的方法。如果成功，他们将能够大幅提高运营效率，推动开放性、灵活性和服务敏捷性，并将 5G 的挑战转化为增长机会。

### 当今云原生时代的关键运营商挑战

为了充分利用 5G 技术并在云原生时代蓬勃发展，运营商必须克服几个关键挑战，如图 4 所示。

图 4. 云原生时代的运营商挑战



### 挑战 1: 对业绩和规模的期望达到了历史最高水平

5G 使得我们对于企业服务的性能和规模期望值有了巨大提升。企业客户期望这些服务是具备可衡量的 SLA。因此，运营商网络和数据中心架构必须能提供所需的性能和规模以确保提供 5G 企业服务。

### 挑战 2: 收入和 ARPU 增加的压力

运营商正在对 5G 进行大规模投资，希望能够借此增加自身收入和 ARPU。因此，运营商需要超越原先管道提供商的角色，成为 5G 数字价值链的一部分，为用户提供更高的价值。

### 挑战 3: 网络运营生产力和效率必须大幅提升

随着网络的复杂性、规模、响应能力和性能需求的不断增长，以往基于人工密集型流程、传统脚本或垂直集成的第一代自动化工具已经不能满足新的运营需求。

### 挑战 4: 前所未有的网络复杂度

可以肯定的是，运营商网络正变得极其复杂。现阶段，5G 的部署仍是对于 3G 和 4G 网络的补充，它将以一种截然不同的云原生部署模式进行构建。此外，随着算力网络向边缘位置的部署，网络的复杂性将继续增加。运营商需要找到一种方法来统一管理或分离网络的复杂性。

### 挑战 5: 需要更多的可视化

电信和有线云网络通常缺乏灵活性、可视性和控制能力。需要一种不同的方法，一种更横向集成的方法，来打破这些垂直集成带来的壁垒，使网络更加灵活开放。

### 挑战 6: 边缘云的爆炸性增长

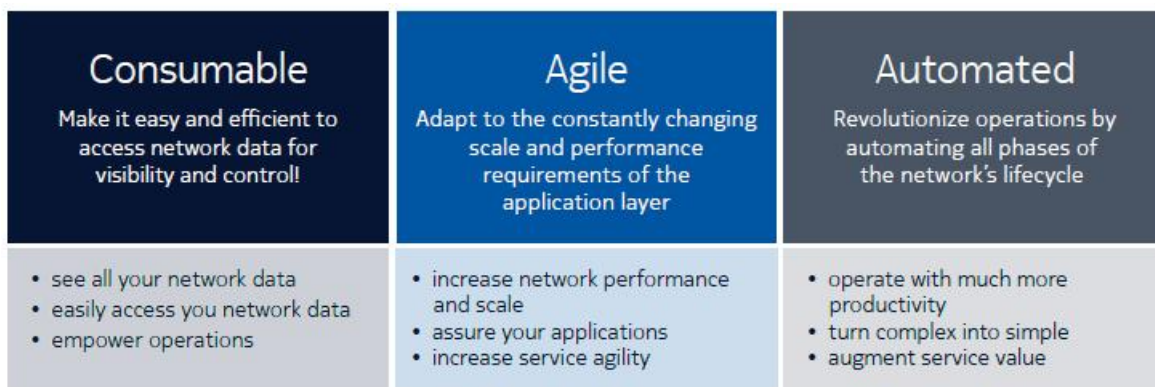
最后一个关键挑战是运营商云正在分布到网络的边缘。尽管这些“边缘云”位置非常小，而且空间和成本都受到限制，但作为算力网络的重要组成部分之一，它们仍然需要管理，而且该位置的许多任务的自动化至关重要。

虽然这些挑战似乎令人望而生畏，但一个新的网络运营时代正在出现，它有望提供新一代的运营和自动化工具，为运营商提供成功所需的更高水平的运营生产力。

## 利用自适应云网络改造运营商云网络

自适应云网络为运营商提供了改造网络以应对 5G 时代不可预测需求所需的工具和能力。此云原生解决方案增强了数据中心架构，并无缝地将操作扩展到边缘云。将本地网络和 IT 提供商的收入转变为一个可消费、灵活、自动化的时代。图 5 突出显示了自适应云网络的关键好处。

图 5. 自适应云网络的关键好处



## 可消费

自适应云网络使运营商和北向客户（如监控系统、分析平台、自动化平台和设备配置平台）能够轻松使用网络数据。可消费的网络背后的一个基本驱动因素是解决方案的网络操作系统（NOS）， 以其开放、可扩展和模型驱动的体系架构提供无处不在的可视性和控制。

可消费网络使运营商能够在整个网络中更好地查看其网络数据， 使他们能够更轻松地访问数据， 并通过丰富的数据集增强其运营能力。

## 灵活

自适应云网络使网络能够快速灵活地适应不断变化的应用层规模和性能要求。灵活的数据中心架构和边缘云基础设施允许运营商提高网络性能和规模， 确保应用程序和 SLA， 并提高服务灵活性。

## 自动化

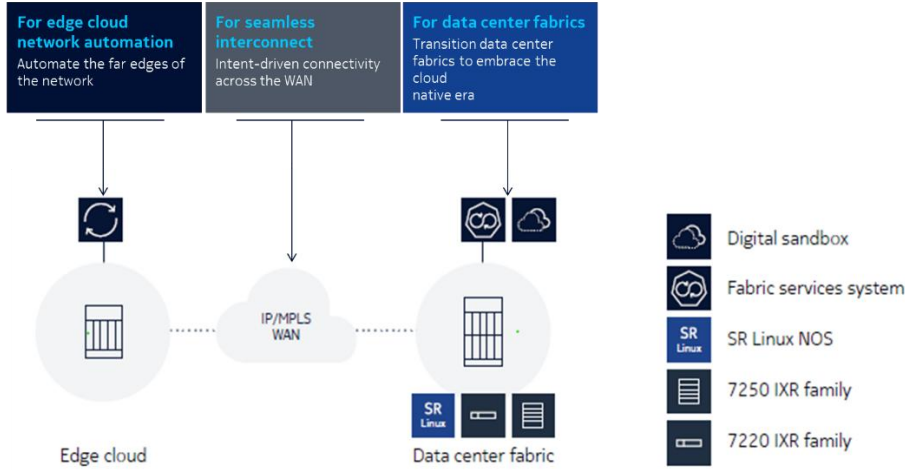
自适应云网络的优势之一是其全套基于 NetOps 的自动化功能。通过利用 NetOps 原则， 该解决方案可以通过自动化数据中心架构运营生命周期的每个阶段（从第 0 天的设计到第 1 天的部署， 再到第 2 天以上的运营）来彻底改变运营。

采用这些先进自动化功能的数据中心网络将允许运营商提高网络运营的生产率， 简化运营任务， 减少人为错误， 并提供更一致的服务。

## 自适应云网络的要素

自适应云网络由运营商网络的三个元素组成， 如图 6 所示。

图 6. 自适应云网络的三大要素



第一个要素是新型数据中心架构，他有许多服务器机架和广泛的 Leaf / Spine 层次 架构

第二个元素是快速出现的边缘或边缘云。该元素表示可能只有一个 Leaf 节点的更小位置。这些地点对自适应云网络地址有独特的要求。

第三个要素集中在广域网上，实现网络不同部分与数据中心架构之间无缝互联的自动化创建。

## 适用于自适应云架构的数据中心

### 产品

其中图 7 显示了为数据中心架构启用自适应云网络的诺基亚产品。

图 7. 适用于数据中心架构的诺基亚自适应云网络产品



首先，有一系列 100 GE/400 GE 优化固定配置（7220 IXR）和模块化（7250 IXR）硬件平台，支持数据中心架构中的 Leaf、Spine 和 Super Spine 角色的高性能和规模。这些平台运行开放的、可扩展的和模型驱动的网络操作系统 SR Linux NOS。

数据中心架构由架构业务系统 FSS 进行管理和自动化，该系统提供了一个“内置”全面的基于 NetOps 的自动化工具包。架构业务系统的一部分是数字沙盒，它代表了网络的数字孪生兄弟，允许运营商在部署之前测试和验证架构中所需的任何更改。

### 使数据中心架构成为可消费品

如今的网络缺乏以所需速度轻松提取执行作战任务所需数据的能力。通常，从各种接口提取网络数据，然后进行整合，以创建所需的洞察力。这个过程缓慢、效率低下，而且容易出错。此外，网络操作系统（NOS）的体系架构没有跟上对它们的网络数据需求，这可能会导致流程缓慢且效率低下，从而影响服务。

要使数据中心架构成为可消费品，需要对网络操作系统的构建方式进行彻底的改变。这一事实为诺基亚 SR Linux NOS 的开发提供了依据，它采用了一种开放、可扩展、模型驱动的方法，将网络可消费性提升到了一个新的水平。

图 8. SR Linux 的关键特征

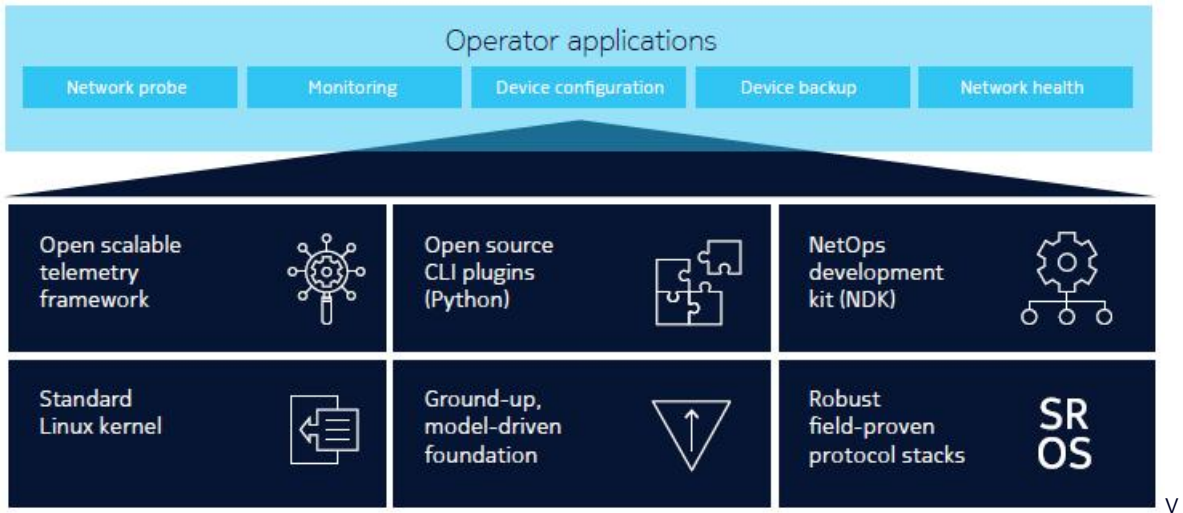


图 8 突出显示了 SR Linux 的关键功能：

- 由未经修改的 Linux 内核构建，提供可靠性、可移植性和应用程序开发的便利性
- NOS 和所有模块化数据驱动界面，提供了统一的可视性
- 实现“随变”多维遥测，这对于通知和优化北向系统驱动的许多操作任务至关重要
- 具有一个名为 NetOps Development Kit (NDK) 的应用程序开发平台，允许运营商创建自己的应用程序，这些应用程序继承了与其他本机内置应用程序相同的模型驱动优势
- 完全控制运营商创建自己的自定义命令行界面 (CLI) 插件，允许他们以最能满足其需求的方式使用 CLI

- 在许多关键路由协议（如 BGP 和 EVPN 中继承了 20 多年的现场经验）

诺基亚 SR Linux NOS 的模型驱动体系架构为北向系统提供广泛而丰富的“变化中”流式遥测，同时提供网络洞察和状态信息。使用可消费网络，运营商将更容易通过任何接口访问网络数据。

可消费网络将帮助运营商克服关键的 5G 挑战，使其能够：

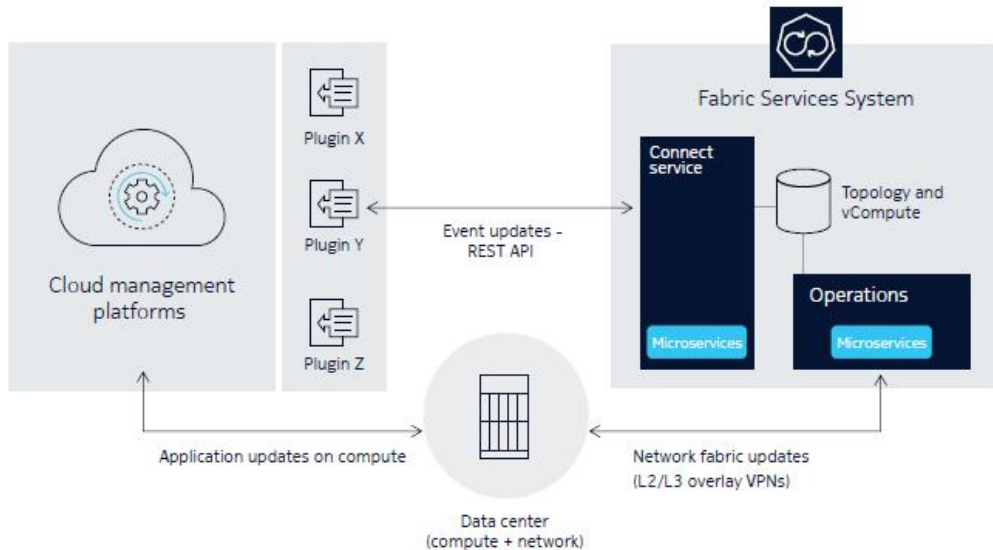
- 查看整个网络中的所有网络数据
- 通过任何接口轻松访问网络数据
- 通过更丰富、更易访问的数据集增强运营能力

### 使数据中心架构灵活

云原生时代对网络提出了严峻的要求。云原生方法促进了敏捷应用程序开发，代表着从固化的、预定义的接口和单一软件向 API 驱动的、基于服务的、使用容器化微服务的方法的转变。容器在本质上是短暂的，因为它们不断地被创建、移动和废弃。因此，网络需要灵活，以满足这种更加动态的环境的连接性要求。

运营商需要在云中掌握的一个基本用例是，确保他们的网络足够灵活，能够跟上应用层的变化。应用程序将不断调整其位置、性能和规模要求。新的应用程序会出现，其他应用程序也会消失，随着 5G 预期的大量应用程序，网络需要跟上步伐。

图 9. 架构业务系统-连接微服务

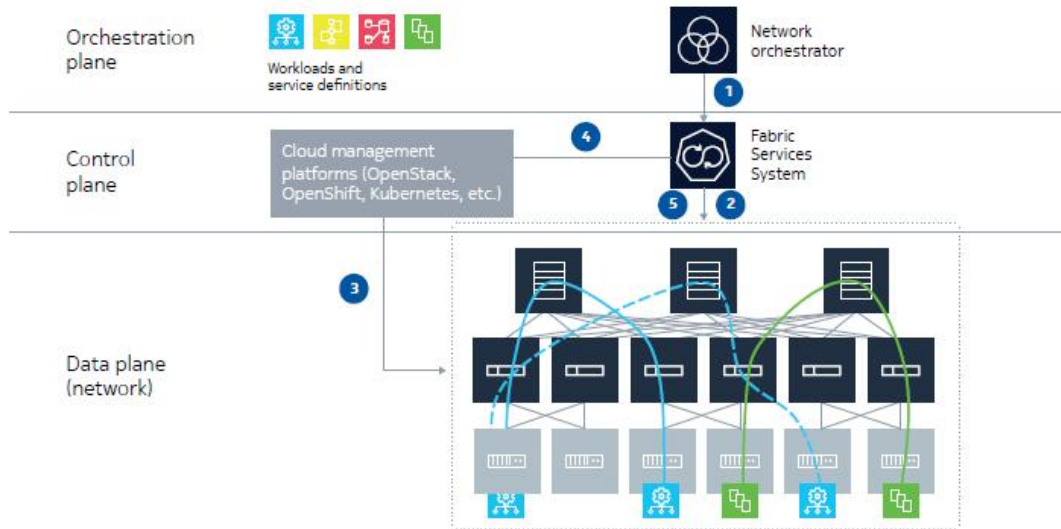


如图 9 所示，自适应云网络通过其“连接”微服务解决了这一需求，允许通过插件基础设施与云和虚拟基础设施管理器（如 Openstack、VMWare vSphere、Kubernetes 等）集成。通过这种集成，应用程序工作负载（WLs）、VNF 和 CNF 的任何变化，将立即被“连接”服务理解，从而允许架构对这些更改做出实时反应。这

确保了第 2 层/第 3 层架构连接始终支持对应用程序的更改，并且这种类型的集成对于扩展下一代数据中心网络至关重要。

图 10 通过描述数据中心架构如何与应用程序保持“同步”，以确保底层应用程序 WLs 立即接收到所需的网络连接，展示了“连接”微服务在实践中的工作方式。

图 10. 一个正在运行灵活的数据中心架构



本用例中的关键步骤是：

1. 最初的 WL 网络需求从网络编排器发送到架构业务系统（FSS）。这由图形中的蓝色和绿色框表示。
2. 架构业务系统（FSS）指示数据中心架构建立第 2 层/第 3 层覆盖 VPN，以支持这些 WL 连接要求。蓝色和绿色实线分别表示支持蓝色和绿色 WLs 的初始覆盖 VPN。
3. 云管理系统将 blue WL 的目标更改为架构中的另一台服务器。这由蓝色框表示，周围有深蓝色边框。
4. 架构业务系统（FSS）监听来自云管理系统的事件，并意识到蓝色 WL 的变化。
5. 架构业务系统（FSS）建立了新的第 2 层/第 3 层 VPN 覆盖，以支持新的应用程序 WL 连接要求。这由蓝色虚线表示。

灵活的数据中心架构通过以下方式解决了运营商在 5G 部署方面面临的一些关键挑战：

- 提高所有应用程序的网络性能和弹性规模
- 确保整个网络中的应用程序及其 SLA
- 提高服务灵活性

## 使数据中心架构自动化

随着网络变得越来越复杂，云原生应用程序开发过程被广泛采用，运营商需要重新优化网络操作方法。这包括为网络调整 DevOps 流程和工具，并采用 NetOps 技术。这在一定程度上涉及实施基于意图的自动化方法，以确保数据中心架构的运营生产率和限制满足当今云原生和 5G 时代的需求。

自动化数据中心架构是自适应云网络的重要组成部分。诺基亚的架构业务系统 (FSS) 具有声明性的、基于意图的功能，可以在数据中心架构的整个生命周期内实现自动化，从第 0 天的设计到第 1 天的部署，再到第 2 天以上的操作。

更仔细地观察数据中心架构生命周期的每个阶段，可以揭示基于意图的自动化的价值。

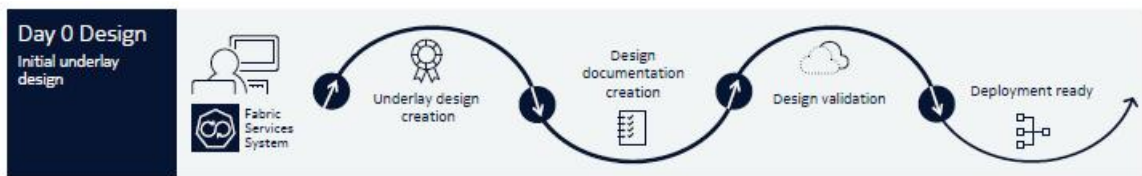
### 第 0 天设计

第 0 天发生在网络运行之前，此时运营商正处于数据中心架构初始底层的设计阶段。图 11 显示了该阶段的高级步骤。

通过对第 0 天的设计采取抽象、基于意图的方法，数据中心运营商可以专注于设计的高层次方面，确定构建数据中心架构所需的最低信息。例如，数据中心运营商可能只需要指定机架的数量和每个机架的服务器数量，并且使用此信息，系统会根据诺基亚认证的设计模板自动生成其余的详细配置。其结果是基于 BGP 的标准 IP 架构“参考底图”设计，包括机架数量、每个机架的服务数量、IPV4/IPV6 寻址、BGP 配置、电缆地图等。然后，运营商可以使用相同的诺基亚设计模板创建一组设计文档。

在部署到生产网络之前，可以在架构业务系统 (FSS) 的数字沙盒中对架构设计进行测试和验证。该过程识别任何配置或设计问题，从而降低网络风险。此时，可以部署设计了。

图 11. 基 Day 0 设计阶段于意图的自动化



### 第 1 天部署

第 1 天部署表示将配置部署到网络的过程。图 12 显示了该阶段的高级步骤。

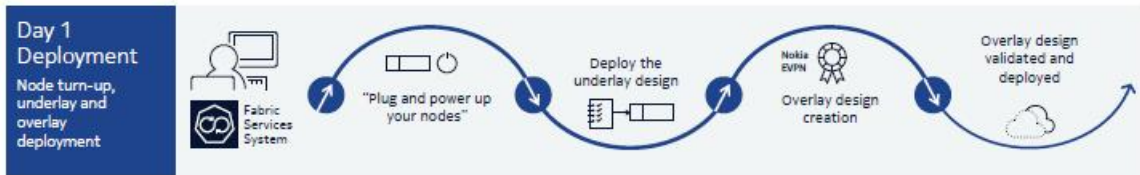
架构业务系统 (FSS) 在此阶段执行的初始任务之一是架构发现和节点引导。此外，架构业务系统 (FSS) 提供了零接触供应 (ZTP) 来提供新的 Leaf 和 Spine，允许采用简单的“即插即用”方法将新节点安装到架构上。

一旦这些新节点上线，架构业务系统（FSS）就可以将第 0 天的验证设计推送到架构上，从而完成架构初始网络底层部分的部署。

此部署阶段的意图驱动方面涉及使用工作负载意图。Workload intent 是一种抽象的方法，用于自动创建所需的覆盖连接，以支持托管在连接的计算资源上的初始应用程序工作负载。为了创建这种连接性，架构业务系统（FSS）利用诺基亚基于 EVPN 的实现（可在 SR Linux 上使用），在数据中心架构内部和整个数据中心架构中提供多宿 LAG、第 2 层或第 3 层服务。

Workload intent 通过提供一种抽象的、基于意图的方法简化了 EVPN 配置，使数据中心运营商能够专注于高级意图。在这种情况下，识别应用程序工作负载用于连接到架构的下行链路集就很容易了。在将数字沙盒部署到生产网络之前，还可以使用数字沙盒验证工作负载意图。

图 12. 第 1 天部署阶段基于意图的自动化



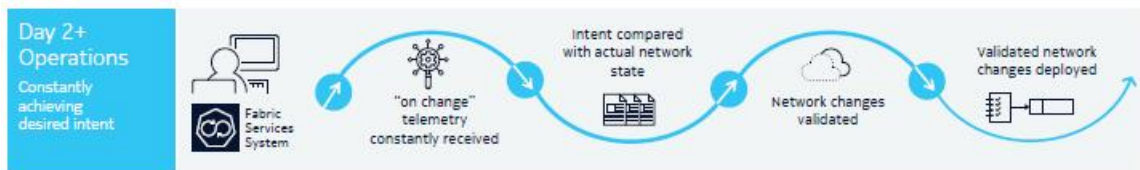
### 第 2 天+ 运营

第 2 天以上的运营代表了数据中心架构生命周期中的大部分时间。一旦初始设计和部署阶段结束，这个阶段就开始了。图 13 显示了该阶段的高级步骤。

架构业务系统（FSS）通过利用直接从网络中的各种来源接收的“变化中”多维遥测数据，持续监控架构。它将这与各种意图（即期望状态）进行比较，并分析结果，以主动寻找可能导致网络问题的配置不一致、故障或其他偏差。这些问题会被标记并提交给运营商，运营商可以将其视为需要解决的问题，也可以拒绝这些问题。这些不一致通常需要对网络进行更改（如配置更改、软件升级等）以解决问题。

运营商可以在架构业务系统（FSS）的数字沙盒中自动测试和验证这些网络更改。如果这些更改通过验证，则可以自动安排将其部署到生产网络中。

图 13. 第 2 天以上运营阶段基于意图的自动化



自适应云网络解决方案的自动化架构允许运营商：

- 更高效地运营他们的网络

- 抽象复杂性并简化操作任务
- 减少人为错误、预测和防止系统中断，并提供更一致的服务

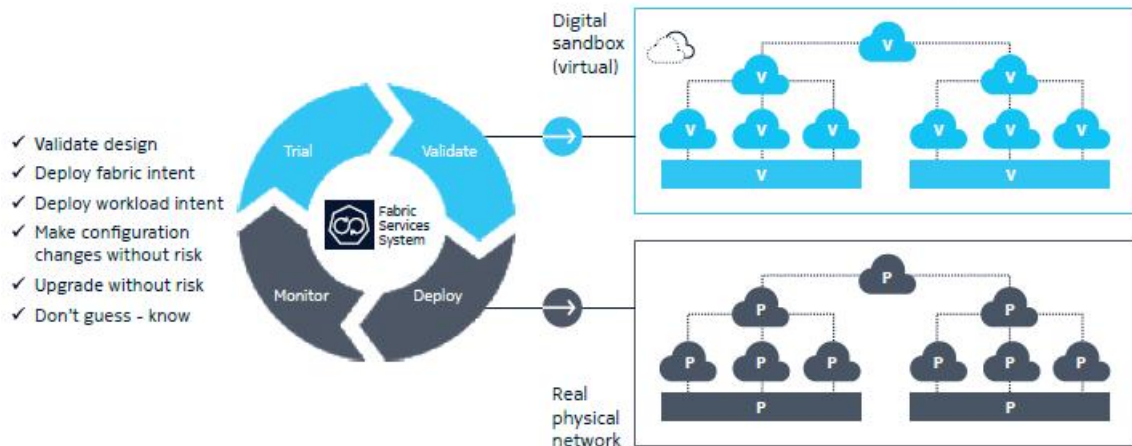
## 数字沙盒

数字沙盒是一种虚拟网络基础设施，运营商可以在此基础上测试和验证任何计划的网络更改。经过验证后，可以将更改部署到物理生产网络，从而降低风险。

数字沙盒采用云原生设计，提供了数据中心架构的数字孪生兄弟。它通过部署每个交换机的容器化 SR Linux 实例来模拟 Leaf 和 Spine 交换机，这允许它构建架构的精确副本。它利用变化遥测来保持与网络的绝对对等。例如，它引入直接从网络遥测获得的网络路由和网络状态数据。它还可以通过连接外部边界网关 (BGP) 来模拟合成流量。

图 14 显示了架构业务系统 (FSS) 以及如何在 CI/CD 实现中使用数字沙盒。

图 14. 带有架构业务系统和数字沙盒的 CI/CD



现代数据中心的一个新需求是实施一个利用持续集成和持续部署 (CI/CD) 原则的流程。有了这一能力，运营商可以对网络架构进行更快、周期性和独立的更改，从而降低风险并提高运营灵活性。

数字沙盒是诺基亚 CI/CD 方法的一个组成部分，用于在将网络更改部署到生产网络之前对其进行试验和验证。其中一些更改可能包括初始架构设计、初始工作负载连接、软件升级、新设备的引入、策略和配置更改，以及故障场景。

## 数据中心架构解决方案的关键区别

总之，数据中心架构的自适应云网络解决方案提供了业界独有的几个关键功能，包括：

- SR Linux，这是业界唯一一款真正的模型驱动体系架构，可通过开源 CLI 插件和 NetOps 开发工具包 (NDK) 定制，并继承了经验证的世界级性能和规模。
- 架构业务系统 (FSS)，通过集成到主要的云管理平台，确保网络对应用程序的变化做出灵活反应，从而迎头赶上云原生时代。
- 数字沙盒业界唯一的生产网络数字孪生兄弟基于每个 Leaf 和 Spine 的集装箱化实例，保存配置和状态数据，并用于测试和验证网络的更改。

## 边缘网络的自适应云网络

5G 的关键运营商挑战之一是确定如何管理和自动化网络边缘云。这些位置（也称为本地边缘、新边缘、网络边缘、移动边缘、多址边缘 (MEC) 或分布式新边缘）靠近数据源。

通常，其中一个位置距离其服务的最终用户不到 30 英里，用于向许多需要 10 毫秒到 50 毫秒延迟的应用程序提供低延迟连接。

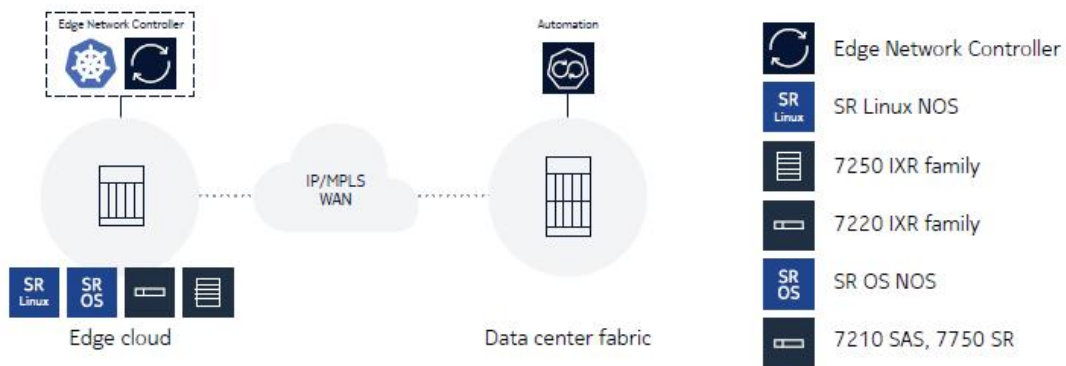
网络边缘有一套独特的要求，包括以下几点：

- 需要部署和管理许多应用程序，并提供底层网络，以跨大范围支持它们。
- 站点的空间和成本都受到限制，但它们需要自动化，以便在站点实施大规模和严格的 SLA 要求。
- 边缘云需要在失去与更集中功能的连接时自动运行。
- 除了 5G，这些站点还可以包括固定接入，包括光纤、电缆、铜缆 (xDSL) 和固定无线。

### 产品

图 15 显示了为边缘云网络启用自适应云网络的产品。

图 15. 诺基亚产品参与边缘网络的自适应云网络



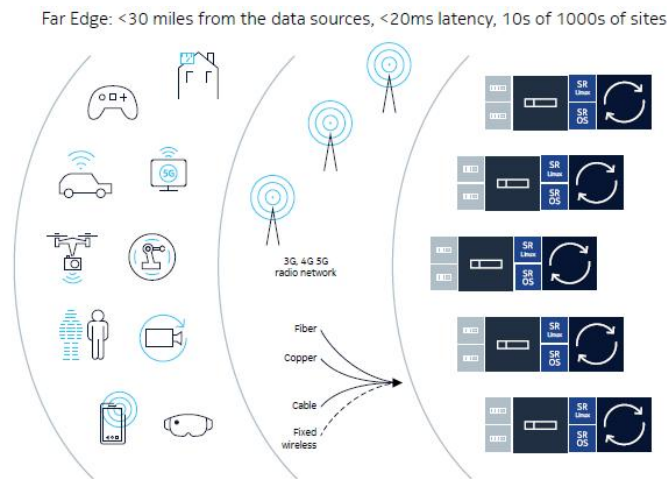
作为自适应云网络的一部分，诺基亚开发了一个名为边缘网络控制器 (ENC) 的轻量级自动化平台，该平台专门用于满足边缘云的自动化需求，并使边缘云成为可消费、灵活和自动化的平台。它在一个非常小、自治且自包含的包中提供了一整套自动化功能，并具有以下特点和特点：

- 本地轻量级自动化平台（最多 1 个 vCPU），非常适合远端站点的空间和 CPU 需求
- 在 Kubernetes 内部构建，网络始终可供应用程序使用
- 提供声明式事件驱动的网络自动化，提高网络灵活性
- 享受 Kubernetes 内部的运行时集成，使两者能够自主运行
- 利用丰富完整的 K8s 生态系统和自动化工具

边缘网络控制器 (ENC) 支持 SR Linux 和 SR OS。这意味着，除了 7220/7250 IXR (SR Linux) 系列的高性能数据中心硬件平台外，它还支持其他几种基于 SR OS 的 IP 路由平台，包括 7210 SAS、7250 IXR 和 7750 SR。由于它是在 Kubernetes 内部构建的，因此它继承了易用性、敏捷性和自动化。

图 16 显示了边缘网络控制器 (ENC)，它在各种边缘云位置跨一系列服务提供管理和自动化。

图 16. 边缘网络控制器 (ENC) 使网络边缘自动化



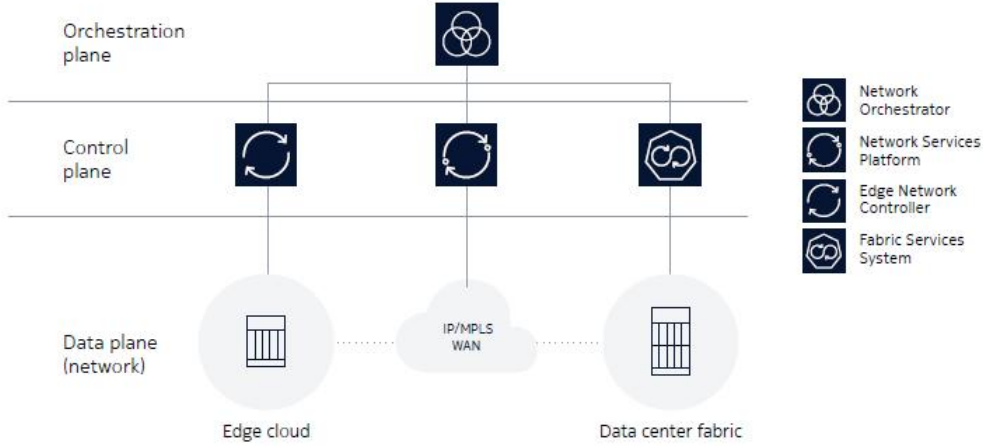
## 自适应云网络实现无缝互联

在许多情况下，来自源工作负载的应用程序流量必须穿过网络中不同地理位置的部分，才能到达其目标工作负载。在某些情况下，这些连接是静态配置的，但 this 方法是刚性的，操作成本高，而且不可扩展。运营商需要的是一种自动化每个应用程序的端到端连接的方法，同时确保 SLA。该功能是应用于整个网络的网络敏捷性的扩展。

产品

图 17 显示了支持端到端无缝连接的自适应云内网络的诺基亚产品

图 17. 支持自适应云网络以实现无缝互联的产品



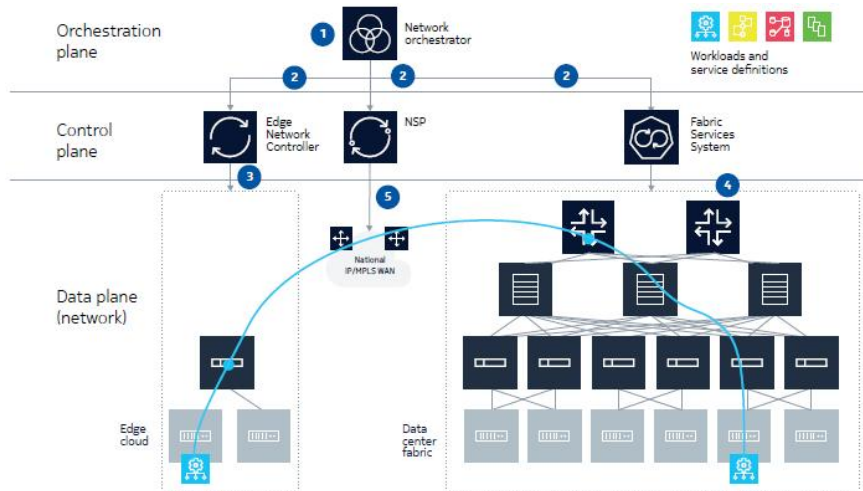
网络服务平台 (NSP) 有助于实现整个广域网的连接自动化。NSP 是一个基于意图的网络自动化平台，具有一系列自动化和路由功能，能够确保跨任何 IP 网络的应用程序 SLA。

NSP 从网络编排器接收指令，并在其自己的 WAN 域内对其进行操作。根据这些说明，NSP 应用自己的声明意图来创建跨广域网所需的连接，并将一个数据中心的工作负载连接到另一个数据中心的工作负载。

无缝连接正在发挥作用

图 18 显示了一个用例，该用例在从远端站点的一个工作负载到核心数据中心站点的目标工作负载的应用程序流量之间创建端到端连接。

图 18. 无缝连接正在发挥作用



本用例中包括的步骤如下：

1. 网络编排器从服务层接收端到端网络需求，表示 WAN 上互联的所需状态（意图）。
2. 网络编排器将每个域控制器的所需端到端状态转换为所需状态（意图），并将其发送给每个域控制器。
3. 边缘网络控制器 (ENC) 采用所需状态（意图），并在路由器上创建所需的 L2/L3 连接，以支持端到端连接要求。在该图形中，这由边缘云内的蓝线部分反映。
4. 架构业务系统 (FSS) 采用所需的状况（意图），并在数据中心架构中创建所需的 L2/L3 连接，以支持端到端连接要求。在本图中，数据中心架构内的蓝线部分反映了这一点。
5. 网络服务平台 (NSP) 采用所需的状况（意图），并创建所需的封装，以便在 WAN 上隧道这些 L2/L3 覆盖 VPN。在本图纸中，这一点通过跨越图纸 WAN 部分的蓝线部分反映出来。

在这个用例中，网络服务平台 (NSP) 补充了边缘网络控制器 (ENC) 和架构业务系统 (FSS)，以提供跨广域网 (WAN) 的自动连接。NSP 提供了一个基于意图的 API，可由顶部的网络协调器触发，以使用适当的技术快速建立连接，以灵活的方式满足所需的 SLA（包括将第 2 层/第 3 层覆盖 VPN 封装到隧道中）。

此外，NSP 集成了闭环保证能力，以确保持续满足 SLA。

## 结论

为了克服 5G 带来的新挑战，电信云和有线云服务的运营商必须对其网络运营方式做出重大改变。通过将网络转型为更易消费、更灵活、更自动化的网络，他们将能够充分利用 5G 带来的创收和 ARPU 增长机会。诺基亚的自适应云网络将助力运营商在数据中心架构、新兴边缘云位置以及整个广域网上打造灵活、开放、敏捷和自动化的云网络。