



## **MEF白皮书**

# **MEF 3.0 SD-WAN 服务**

**2019年12月**

## 免责声明

© MEF 论坛 2019。保留所有权利。

本出版物中所含信息可供任何读者免费复制和使用，并确认其于出版之日是准确的。此类信息如有更改，恕不另行通知，MEF论坛（MEF）对可能出现的任何错误概不负责。MEF不承担更新或更正本出版物中任何信息的信息的责任。MEF未就本协议所含任何信息的完整性、准确性或适用性作出任何明示或默认的陈述或保证，且MEF不会因此等信息而承担任何类型的责任。

本文件所包含的信息旨在供本文件的读者或用户在不作修改的情况下使用。MEF对任何其他方对本文件所作的任何修改概不负责。

本文件或其内容的接收或使用均不以暗示或其他方式造成：

- a) 任何MEF成员拥有或主张的，对与本文包含的思想、技术、概念或表达相关的任何专利、版权、商标或商业秘密权利的任何明示或暗示的许可或权利；或
- b) 这样的保证或表示，即任何MEF成员将宣布与本文件内容相关的任何产品和/或服务，或者如果作出此类宣布，不保证或表示该被宣布的产品和/或服务体现本文中包含的任何或所有思想、技术或概念；或
- c) 任何MEF成员与此文件的读者或用户之间创建任何形式的关系。

特定MEF标准、规范或建议的实施或使用是自愿的，任何成员均无义务因参加MEF论坛而加以实施。MEF是一个非营利的国际组织，旨在开发和在全球范围内采用敏捷、有保障的网络服务。MEF不以明确或其他方式认可或推广任何特定产品或服务。

## 目录

1	摘要 .....	1
2	引言 .....	2
3	MEF 3.0 SD-WAN 服务 .....	4
3.1	SD-WAN用户和SD-WAN 服务提供商 .....	5
3.2	SD-WAN服务组件 .....	6
3.2.1	SD-WAN UNI.....	6
3.2.2	SD-WAN虚连接(SWVC) 和端点.....	7
3.2.3	SD-WAN底层连接服务(UCS) .....	7
3.2.4	隧道虚连接(TVC).....	8
3.2.5	SD-WAN边缘.....	8
3.2.6	SD-WAN应用流和策略.....	8
3.3	SD-WAN服务属性 .....	9
3.4	SD-WAN叠层和底层 .....	10
4	SD-WAN案例 .....	10
4.1	多个底层连接服务 .....	11
4.1.1	双托管WAN .....	11
4.1.2	混合WAN .....	12
4.1.3	双互联网WAN .....	13
4.2	本地互联网出口 .....	13
4.3	无线连接 .....	14
4.4	SD-WAN边缘部署案例 .....	14
4.4.1	uCPE上的SD-WAN边缘VNF: 多个虚拟网络服务.....	15
4.4.2	SD-WAN边缘VNF在云中运行 .....	16
4.5	网外分机 .....	16
4.6	多云 .....	17
5	SD-WAN垂直市场的业务成果 .....	18
6	针对SD-WAN服务的MEF未来发展 .....	21
7	总结 .....	24
8	关于MEF.....	25
9	术语 .....	25
10	引用 .....	28
11	致谢 .....	29

## 插图目录

图1 - SD-WAN市场的增长.....	2
图2 - MEF 3.0 框架 .....	4
图3 - 带入口和边缘的SD-WAN服务.....	5
图4 - SD-WAN服务组件.....	6
图5 - 策略和SD-WAN.....	9
图6 - SD-WAN双托管WAN案例 .....	11
图7 - SD-WAN混合WAN 案例 .....	12
图8 - SD-WAN双互联网案例.....	13
图9 - 本地互联网出口案例.....	14
图10 - 无线连接案例.....	14
图11 - uCPE上的边缘VNF案例 .....	15
图12 - 云中的虚拟化SD-WAN边缘.....	16
图13 - 网外分机.....	16
图14 - 企业案例.....	17
图15 - 通过SD-WAN服务保护应用流.....	22
图16 - LSO参考架构 .....	22
图17 - SD-WAN服务编排架构.....	23
图18 - 利用LSO Presto API实现多个SD-WAN供应商.....	23
图19 - SD-WAN服务中利用基于意图的网络 .....	24

## 表格目录

表1 - 每个垂直市场的SD-WAN服务要求.....	20
-----------------------------	----

## 1 摘要

本白皮书适用于希望了解标准化、管理型的SD-WAN服务，以及这种服务为行业所带来好处的SD-WAN服务提供商及其企业客户。SD-WAN的快速增长正在为各方创造重大商机，包括成熟的电信服务提供商、较小的接入提供商、系统集成商以及提供SD-WAN技术/增值VNF/服务编排解决方案的技术供应商等。

本文中，使用了MEF ([www.MEF.net](http://www.MEF.net)) 的成员，主要是服务提供商和SD-WAN供应商，在MEF 3.0框架（作为MEF 70《SD-WAN服务属性和服务》标准的一部分）中定义的标准术语来解释SD-WAN服务的概念模型。MEF对此进行标准化，将有助于使用SD-WAN服务的客户更了解其所购买的产品，并帮助消除服务互操作性方面的实施障碍。MEF标准化可促进市场的开放，减少快速增长的崭新市场中面临的混淆，在此市场中，如果没有一致的术语，一定会阻碍增长和创新。MEF的标准化还有助于开发通用的、开放的信息和数据模型。这些模型是Open API的基础，最终能支持服务的自动化实施和业务保障。

本文中用MEF标准化架构介绍了管理型SD-WAN服务的主要案例，以及这些案例对SD-WAN服务用户的价值。本文还讨论了各类垂直市场（包括制造业/物流业、医疗保健、零售业、金融业和政府部门）对管理型SD-WAN服务的需求，着重指出了服务提供商根据这些垂直领域的需求提供灵活的SD-WAN服务的巨大潜力。

本文概要介绍了MEF在SD-WAN服务方面的许多持续性工作，包括：符合SD-WAN标准的测试认证；通过SD-WAN专业认证解决服务提供商和企业面临的技能短缺问题；将LSO（生命周期服务编排）应用于SD-WAN服务，以简化自动化部署并支持多供应商情况下的SD-WAN服务实施；发展SECaaS（安全即服务），以对通过SD-WAN服务运行的应用程序进行至关重要的标准化保护，抵御攻击漏洞成倍增加的风险；以及利用基于意图网络的原理来实现业务意图和服务配置的去中介化，这对于满足不断发展的企业应用程序环境中，高度敏捷的SD-WAN服务产品而言是很必要的。

最后，本白皮书强调了标准化底层连接服务（如600多亿美元的电信级以太网服务市场）作为SD-WAN服务底层网络的重要性。这可以证明通信服务提供商在过去几十年中在连接基础架构上进行的大量投资获得的回报可以最大化，以支持和增强SD-WAN服务。

## 2 引言

SD-WAN市场是通信行业中增长最快的细分市场之一，预计未来五年将产生数百亿美元的收入。据IDC估计，到2023年，全球SD-WAN基础架构市场规模（不包括管理型服务）将达到53亿美元，年均复合增长率为30.8%。根据Vertical Systems Group数据，到2023年，仅美国一国，管理型SD-WAN服务市场规模预计将达到45亿美元，年均复合增长率为74%。这一市场增长的主要驱动力来自于企业寻求（1）更好地支持SaaS应用以及多云和混合云的使用，以及（2）简化WAN连接的管理以改善应用程序的性能和用户体验。

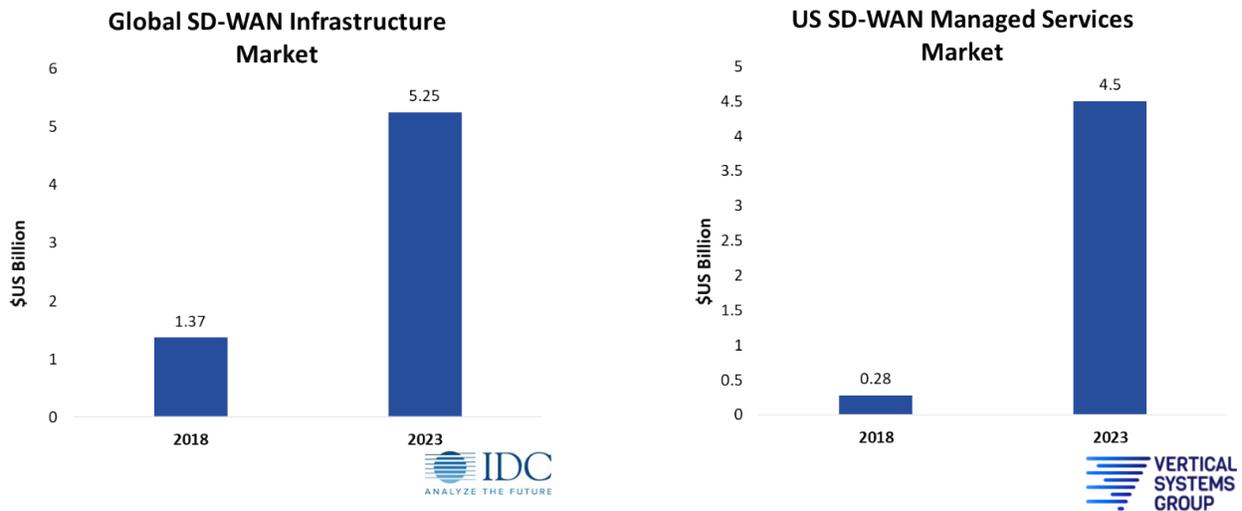


图1 - SD-WAN市场的增长

(来源: IDC [www.idc.com](http://www.idc.com); Vertical Systems [www.verticalsystems.com](http://www.verticalsystems.com))

然而，当今的SD-WAN市场与现有800多亿美元的电信级以太网服务和技术市场的早期阶段有着许多相似之处，当时标准化、服务相关的技术和认证尚未出现。因此，这一重要且快速增长的SD-WAN服务市场吸引了许多新的服务提供商和技术供应商，他们将“SD-WAN”一词与其产品联系起来。业界对于有性能/价格优势、更大灵活性等的SD-WAN服务有很高的期望，也非常迫切希望能对相关的术语进行统一和进行推广教育。事实上，在MEF与Vertical Systems Group于2018年进行的一项联合调查中，近80%的服务提供商受访者认为，缺乏行业标准的定义是提供商提供或迁移到SD-WAN服务上的一个重大挑战。

本白皮书重点介绍了MEF为解决这些问题和其他相关问题所做的工作，这些工作将使SD-WAN服务市场得到更快地增长并发挥其潜力。

本文介绍了MEF在MEF 70<sup>[1]</sup>上发表的业界首个SD-WAN服务定义工作，以及正在以此为基础进行的更广泛的MEF工作。本文还解释了MEF如何满足业界对标准化术语、体系架构和相关推广教育的需求。

⚠ 与MEF 70 <sup>[1]</sup>一样，本白皮书涵盖了服务提供商通过合同和服务等级协议向企业客户提供的SD-WAN服务。这些服务可以由服务提供商完全管理（“完全管理型SD-WAN服务”），也可以由服务提供商和企业用户共同管理（“部分管理型SD-WAN服务”）。这些管理型SD-WAN服务不包括由企业开发的“DIY”SD-WAN解决方案。

### 3 MEF 3.0 SD-WAN 服务

2019年7月，MEF发布了MEF 70<sup>[1]</sup>——业界首个定义SD-WAN服务属性和服务的全球标准——以加速SD-WAN市场增长，并帮助制定功能强大的新型混合网络解决方案以优化企业的数字转型。

MEF定义的SD-WAN服务是MEF 3.0全球服务框架<sup>[2]</sup>的一部分，该框架还包括MEF 3.0光传输服务<sup>[3]</sup>、MEF 3.0电信级以太网服务<sup>[4]</sup>和MEF IP服务<sup>[5]</sup>。MEF以统一的方式定义MEF 3.0服务，以便使所有数据连接服务进行统一编排的能力能够最大化，同时也让所有服务标准化工作的概念可以重用。在MEF 3.0 SD-WAN服务的体系中，下面就是提供了各种MEF 3.0服务的共有概念的示例。一般来说，MEF定义了可以由服务提供商提供的服务，从而可以在服务等级协议SLA中清晰、一致地加以描述。MEF定义此类服务时并不限定所使用的实现方式，而是着重于对服务的抽象概念（如服务属性）。这使得服务提供商可以自由选择最合适的技术供应商，设计最合适的实现方式，同时遵守与企业客户商定的SLA。



图2 - MEF 3.0 框架

MEF 70<sup>[1]</sup> 标准描述了可感知应用程序的Overlay的WAN连接服务的需求，该服务利用策略来确定如何将应用流定向到多个Underlay网络，而无需顾虑具体的底层技术或服务提供商。

MEF 70<sup>[1]</sup> 定义了：

- **服务属性**，描述用户能够体验到的SD-WAN服务的外部可见行为。
- 与流量处理方式相关的**规则**。
- **关键技术概念和定义**，例如SD-WAN UNI、SD-WAN边缘，隧道虚连接、SD-WAN虚连接端点和Underlay连接服务。

SD-WAN标准化具有许多优势，有助于加快SD-WAN市场的增长，同时通过混合网络解决方案改善整体客户体验。

主要优势包括：

- 使得广泛的生态系统利益相关者能够在购买、销售、评估、部署和交付SD-WAN服务时使用相同的术语。
- 使得策略与智能Underlay连接服务更容易衔接，从而在保证服务弹性的情况下提供更好的端到端的应用体验。
- 将SD-WAN服务纳入标准化LSO体系结构中，从而促进在自动化网络中编排MEF 3.0 SD-WAN服务的工作。
- 为创建和实现经认证的MEF3.0 SD-WAN服务铺平道路，从而使用户确认服务满足基本要求。
- 为开发SD-WAN API打下基础，以支持MEF LSO架构中的多个接口

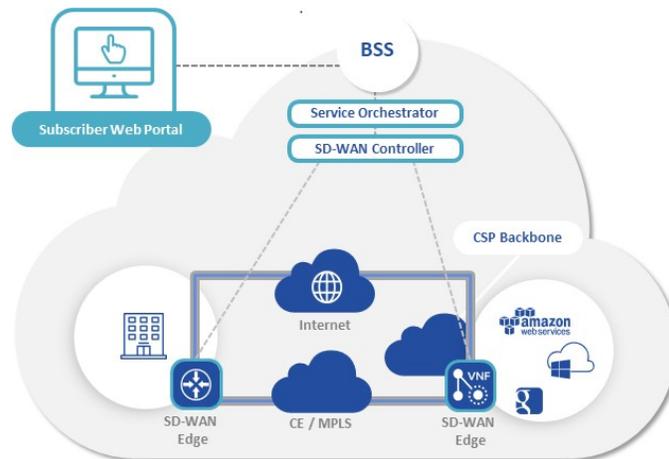


图3 - 具有Portal界面和边缘的SD-WAN服务

在MEF 70<sup>[1]</sup>中定义了SD-WAN服务的四个主要元素：

- SD-WAN服务的**双方**：SD-WAN用户和SD-WAN服务提供商
- SD-WAN服务提供商用来描述和构建SD-WAN服务的**组件**
- SD-WAN服务用户所体验到的SD-WAN服务的**属性**及其在服务等级协议SLA中的使用
- SD-WAN服务的**Overlay层特性**

### 3.1 SD-WAN用户和SD-WAN 服务提供商

MEF在MEF 3.0 SD-WAN服务要素中确定了两个主要的利益相关者：SD-WAN用户和SD-WAN服务提供商。SD-WAN用户是指购买和使用SD-WAN服务的组织，SD-WAN服务提供商是指销售和提供该服务的组织。

SD-WAN用户的组织类型不受限制；例如，用户可以是企业、移动运营商、IT系统集成商、政府部门等。在最基本的情况下，SD-WAN服务使用互联网出口来为用户网络的不同部分（不同用户或其伙伴的物理位置或专用/虚拟专用云）之间或用户网络和公众互联网之间提供IP数据包连接。

本白皮书的其余部分用“服务提供商”来指代SD-WAN服务提供商，用“用户”来指代SD-WAN用户。

通常，MEF3.0服务是由服务提供商通过合同和服务等级协议SLA提供给客户的。对于MEF3.0 SD-WAN服务，这些服务可以由服务提供商完全管理（“完全管理型SD-WAN服务”），也可以由服务提供商和用户共同管理（“部分管理型SD-WAN服务”）。

### 3.2 SD-WAN服务组件

用户和服务提供商协商合同和SLA条款时，需要参考服务的模块或组件，此时最好使用MEF在MEF 70<sup>[1]</sup>中定义的标准术语。下图大致说明的是这些组件及其用于构建SD-WAN服务时的用途。

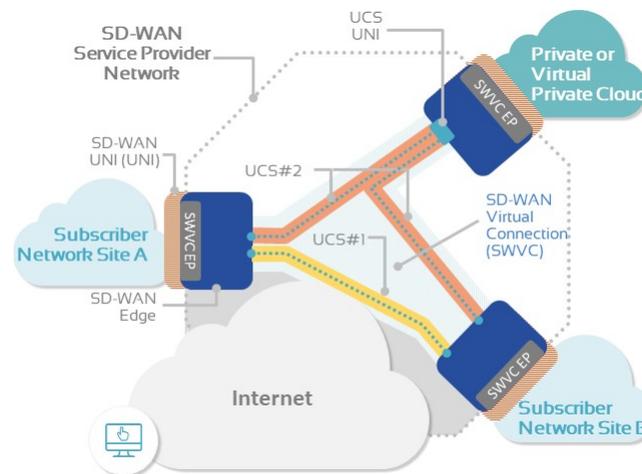


图4 - SD-WAN服务组件

#### 3.2.1 SD-WAN UNI

对于任何服务，定义服务提供商和用户的责任之间的分界点都很重要。在MEF术语中，此抽象分界点或参考点称为SD-WAN用户网络接口或简称为SD-WAN UNI（UNI发音为“you'nee”）。用户只能连接到SD-WAN UNI上的SD-WAN服务。此时，“连接”的意思是，用户的IP数据包只能通过SD-WAN UNI进入和离开SD-WAN服务。

确定SD-WAN UNI的位置和类型非常重要，因为它划定了SD-WAN服务的服务提供商和用户之间的责任边界。

### 3.2.2 SD-WAN虚连接(SWVC)和端点

MEF 70<sup>[1]</sup>首次提出了SD-WAN虚连接（SWVC）的概念，它类似于电信级以太网服务中额EVC和OVC。然而，对于SD-WAN服务，SWVC是根据**策略和IP转发限制条件**来定义的。SD-WAN服务由SD-WAN虚连接（SWVC）构成，该虚连接将位于UNI的SD-WAN虚连接（SWVC）端点连接到一起。换言之，SWVC定义了用户所看到的SD-WAN服务的逻辑连接。SWVC端点是將入口IP数据包与应用数据流相关联的逻辑功能，并将策略应用于每个入方向的IP数据包上，以便作出适当的转发决策。

### 3.2.3 SD-WAN底层连接服务(UCS)

MEF 70<sup>[1]</sup>首次提出了术语“Underlay连接服务”（UCS），该服务是用于在SD-WAN服务的一个或多个用户位置之间提供连接性。MEF 70<sup>[1]</sup>要求每个用户位置至少有一个UCS。乍一看，这似乎不太可能。如果没有网络连接，如何将IP数据包作为SD-WAN服务的一部分传递到用户位置呢？作出此规定的原因是，使SD-WAN服务提供商有责任与用户就提供SD-WAN服务的UCS的数量和类型达成一致。换言之，即使SD-WAN服务是Overlay服务，并且SD-WAN服务提供商未必拥有或控制UCS，但是为了提供适当的服务保障，SD-WAN服务提供商必须了解其SD-WAN服务的所有部分正在使用何种Underlay连接。

UCS的类型可以是多种网络服务之一，包括（但不限于）以太网服务（如MEF 6.2<sup>[6]</sup>和MEF 51.1<sup>[7]</sup>中定义的）、IP服务（如MEF 61.1<sup>[5]</sup>中定义的）、L1连接服务（如MEF 63<sup>[3]</sup>中定义的）和公众互联网接入服务。还可以通过各种网络技术使用这些Underlay连接服务，如DSL、HFC、LTE、光纤、Wi-Fi、以太网、5G和卫星。可以看出，SD-WAN服务可以在从光纤到IP的任何类型的转发平面上运行。

Underlay连接服务具有几个与策略相关的特征，这些特征决定了SD-WAN服务内的应用流如何转发。

- Underlay连接服务可以是公共的或专用的。主要区别在于Underlay连接服务是否（全部或部分）通过公众互联网接入实现。
- Underlay连接服务的使用费用为固定费率或按用量确定的费率。
- 服务提供商和用户可以同意在SD-WAN边缘将Underlay连接服务指定为备用UCS。
- Underlay连接服务具有带宽限制功能和性能指标，例如1%的丢包率或50ms的时延，以及通常在业务级别规范SLS中指定的性能目标。

SD-WAN服务经常部署于多个（通常是不同的）Underlay连接服务上。具有不同性能和成本特征的多个Underlay连接服务（例如，基于MPLS网络的IP-VPN和基于公众互联网的IPSec隧道）可以共存，以提供效益优良、弹性和差异化的传输。

Underlay连接服务可以由SD-WAN服务提供商通过其自己的网络或通过其他网络运营商的网络（包括公众互联网）提供。由用户自己构建的Underlay连接服务也可以提供给SD-WAN服务使用。

### 3.2.4 隧道虚连接(TVC)

在MEF 70<sup>[1]</sup>中，隧道虚连接（TVC）是两个SD-WAN边缘之间的点到点转发关系，具有一组指定的性能和隐私/安全特性。TVC遍历Underlay连接服务。在SD-WAN边缘，如果至少存在一个TVC通往该SD-WAN边缘，则应用数据流可以直接转发到另一个SD-WAN边缘。

尽管名称“隧道虚连接”中包含“隧道”一词，但这并不意味着任何特定的实现或实例，而是表示转发关系具有一组定义明确的端点，这些端点可接入和汇聚数据包。

TVC的重要特性包括：

- 如果TVC遍历的任何UCS是公共网络，则TVC是公共的，否则就是专用的。
- SD-WAN边缘可以在TVC基础上进行加密，在这种情况下，通过TVC转发的所有流量都将被加密。
- 由UCS服务提供商提供的服务质量产生了一组可测量的性能指标，可用于选择TVC以转发具有已明确性能目标的应用数据流。

### 3.2.5 SD-WAN边缘

SD-WAN边缘是位于Underlay连接服务UNI和SD-WAN UNI之间的网络功能（物理的或虚拟的）的集合。SD-WAN边缘不等同于SD-WAN UNI，也不等同于SWVC端点。SD-WAN边缘的一个重要功能是选择一个TVC，通过该TVC在SWVC端点转发每个进入的IP数据包。

### 3.2.6 SD-WAN应用流和策略

MEF 3.0 SD-WAN服务提供了面向IP数据包的专用路由，这些IP数据包需与特定标准集（即应用流）和应用于转发这些应用流的规则和限制条件（即SD-WAN服务策略）相匹配。

应用流是SD-WAN服务用户期望非常重要的一个方面，其服务质量目标SLS基于应用于每个应用流的策略。

应用流是SD-WAN边缘功能运行方式的基本模块。SD-WAN边缘包含三个主要组件。

- 用于将SD-WAN UNI上的数据包与特定应用流定义对应起来的应用分类。
- 捕获与应用流相关联的SD-WAN策略、并因此影响转发决策的策略，这种策略取决于每个TVC的当前状态，用于选择合适的TVC。
- TVC转发决策，即针对各个IP数据包就哪些TVC（按策略选择）可通往IP目的地作出转发决策。

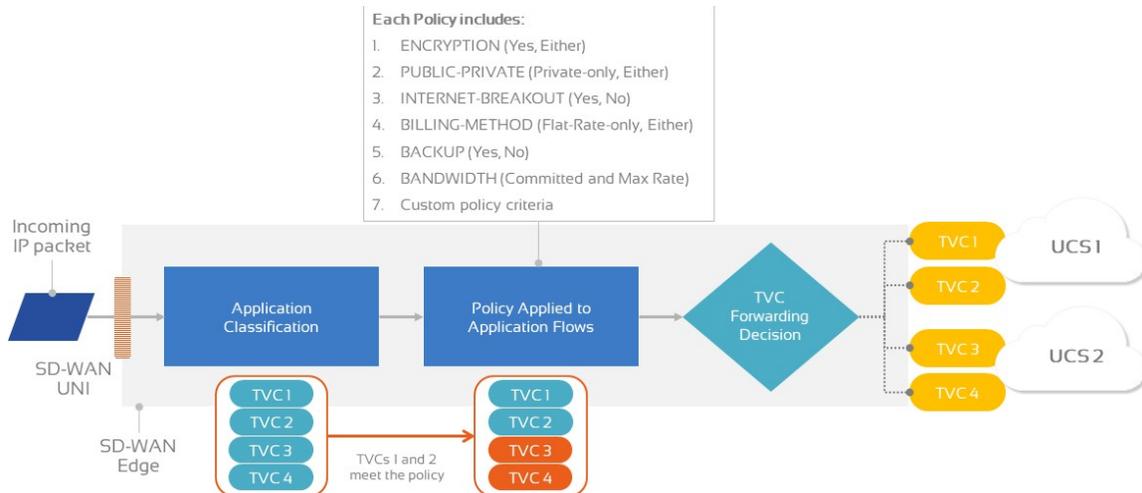


图5 - 策略和SD-WAN

MEF 70<sup>[1]</sup>SD-WAN服务的另一个重要方面是支持基于策略的自主流量管理。换言之，SD-WAN服务必须能够将用户的策略要求转换为SD-WAN服务中的流量管理，该服务不依赖于手工配置，而是可以自动完成。

### 3.3 SD-WAN服务属性

MEF 3.0 SD-WAN服务是使用MEF 70<sup>[1]</sup>中定义的服务属性指定的，并且描述了用户从SD-WAN服务定量接收的内容。类似于MEF在标准MEF 10.4<sup>[8]</sup>中定义的用户电信级以太网服务属性。

服务属性捕获MEF SD-WAN服务的服务提供商和用户之间约定的特定信息，并描述服务行为的某些方面。如何达成这样的约定以及商定的特定目标，都可能会影响服务的价格或用户与服务提供商之间的其他业务或商业属性。

SD-WAN服务提供商和用户之间达成约定的方法举例如下：

- 服务提供商授权的特定值。
- 用户从提供商指定的一组选项中进行选择。
- 用户提出一个特定值请求，提供商接受这个请求。
- 用户和服务提供商进行协商，以达到彼此接受的值。

服务属性描述了用户体验服务的外部可见行为，以及与SD-WAN服务内流量处理相关的规则和策略。但是，它们不限制服务提供商如何实现这些服务，也不限制用户如何实施其网络。后一点非常重要，因为这意味着用户和SD-WAN服务提供商之间仅沟通SD-WAN服务所期望的“内容”，而实现“方法”则全由服务提供商自己负责。

服务部署之前，用户和服务提供商商定每个服务属性的初始值。用户和服务提供商随后可以就某些服务属性的值的更改达成一致。类似地，服务提供商可以允许用户从一组预定值中选择一个初始值，并且服务提供商可以进一步允许用户在服务的生命周期内随时更改这些属性值的选择。

综上所述，MEF定义了SD-WAN服务的服务属性，这些服务属性描述了用户体验的SD-WAN服务的外部可见行为和操作，并构成服务买方（SD-WAN用户）和卖方（SD-WAN服务提供商）之间协议的基础。它从用户网络的角度描述了行为，因此所有要求都针对服务提供商。

### 3.4 SD-WAN的Overlay层和Underlay层

MEF将SD-WAN服务定义为向用户提供虚拟Overlay网络的服务，该网络支持SD-WAN用户网络接口（UNI）之间的应用程序感知、策略驱动和协调连接。它还为用户站点之间传输IP数据包的用户提供L3 VPN的逻辑构造。MEF 3.0 SD-WAN服务可以利用多个Underlay连接服务（UCS）而非基于单个传输连接服务来提供差异化的服务能力。重要的是，MEF已在一系列标准中定义了光传输、电信级以太网和IP服务，这些服务定义是Underlay连接服务的重要基础。换句话说，MEF 3.0 SD-WAN服务被定义为Overlay服务，并且MEF 3.0光传输、电信级以太网和IP服务可以用作Underlay连接服务以支持SD-WAN Overlay服务。

## 4 SD-WAN案例

我们介绍了用户和服务提供商的概念、用于构建和交付服务的各种服务组件、描述用户应接收的服务的属性

以及MEF定义的SD-WAN服务的Overlay层性质，我们现在来看一下SD-WAN用户对SD-WAN服务的一般使用。

#### 4.1 多个Underlay连接服务

SD-WAN服务的一个主要诱人之处，就是能够将企业用户的应用程序宕机时间减至最少，且不牺牲应用程序的性能，也不必另外购买连接到各企业站点的昂贵专用管理型服务。兼顾这两方面的关键是了解可以在每个企业站点创建的两个或多个Underlay连接服务的各种组合。在本节中，我们研究用于SD-WAN服务的两个Underlay连接服务的以下组合。

- 双管理型WAN服务（例如，专用IP VPN服务+专用IP VPN服务）
- 混合WAN（例如，专用IP VPN服务+互联网接入服务）
- 双互联网（例如，互联网接入服务+互联网接入服务）

##### 4.1.1 双管理型WAN

在许多情况下，企业具有在给定站点的管理型UCS（例如，专用IP VPN服务）上运行的关键任务应用程序，并为该分支购买了额外的管理型UCS（例如，专用IP VPN服务）以提供冗余，以便在第一个UCS不起作用时立即建立连接。但是，第二个UCS在备用模式下处于空闲状态，直到正在使用的UCS因故不起作用时才投入使用。服务提供商提供的SD-WAN服务可以在“主用-主用”模式下使用这两个UCS，同时保持原先“主备”配置所提供的相同弹性。下图显示了这样一个案例：企业最初有两个专用IP VPN服务，其中一个在引入SD-WAN之前99%的时间处于空闲模式，SD-WAN使得该企业的连接容量翻了一番，而只减少了一半的冗余量。

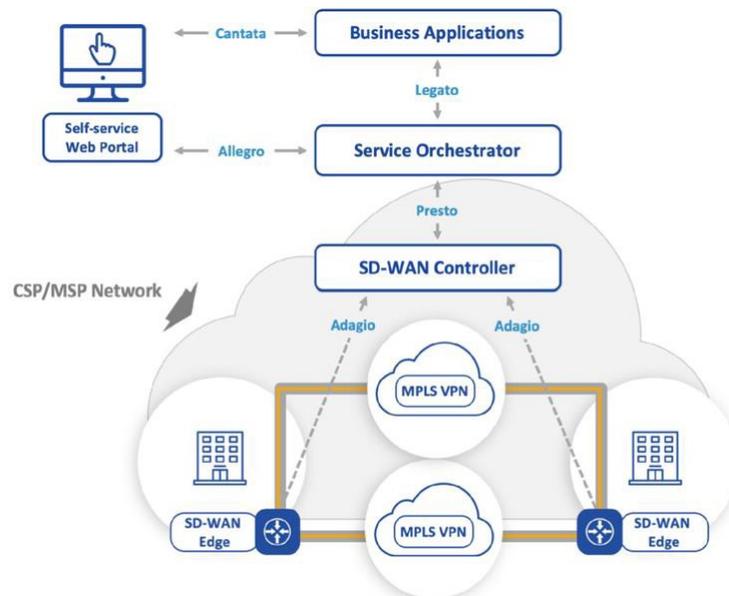


图6 - SD-WAN双管理型WAN案例

#### 4.1.2 混合WAN

与双管理型WAN案例类似，混合WAN案例使用两个Underlay连接服务，但在此场景中，一个是管理型连接服务（例如，专用IP VPN服务），另一个是非管理型的互联网服务（例如，互联网专线接入(DIA)）。在此例中，用户可能一直将专用IP VPN服务用于正在连接分公司办事处的所有应用程序，并且需要经济高效地扩展带宽可用性。用户可以通过互联网接入服务来增强用户的专用IP VPN服务。此服务可以在高使用率期间或根据策略（例如，用于电子邮件或Slack）来负载分担非关键流量。SD-WAN允许使用多个UCS，以满足不同的业务需求。如果其中一个连接断开，则还具有一定程度的弹性，仍处于活动状态的连接服务上的重要应用程序可以继续运行。

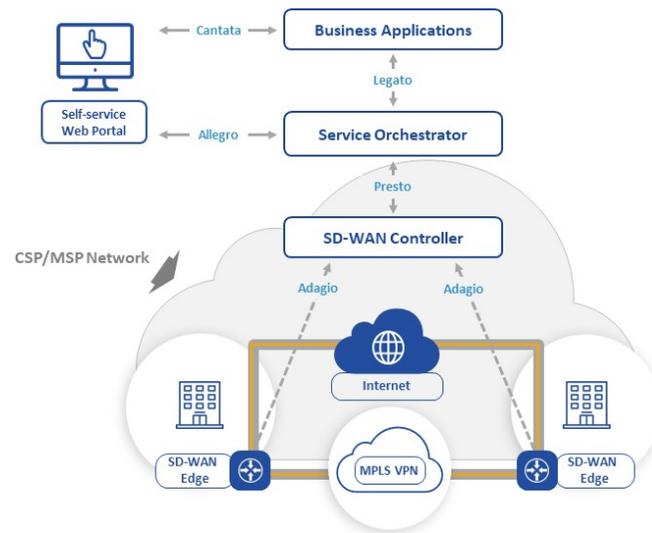


图7 - SD-WAN混合WAN 案例

### 4.1.3 双互联网WAN

在这双WAN类的案例中，SD-WAN用户可能没有能力将管理型WAN服务（即专用IP VPN服务）传送到给定的企业站点，尽管此站点可能有一系列的互联网接入服务。为了最大程度地提高冗余度，SD-WAN用户将SD-WAN服务与来自不同服务提供商的两个或多个互联网接入服务组合起来使用，并对互联网接入服务之间的流量进行智能路由，以最大程度地提高性能。

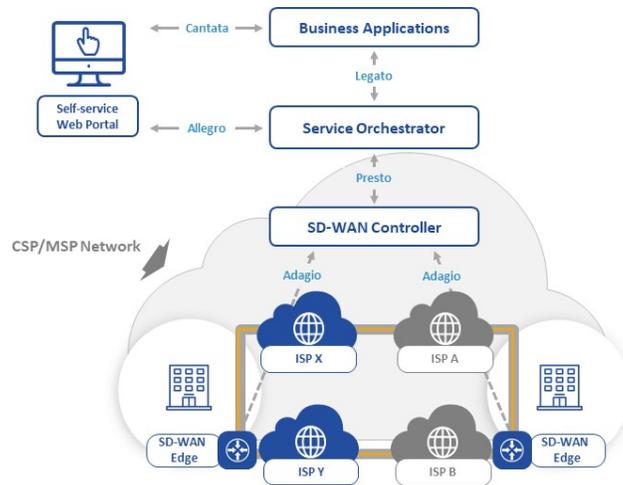


图8 - SD-WAN双互联网案例

## 4.2 本地互联网出口

企业分公司办事处越来越多地使用云服务和应用。与其将这些云应用程序的流量发送到企业总部，再从企业总部发送到公有云，不如在分公司办事处设置本地出口，然后直接转发到公有云。例如，一家使用云办公应用程序的南非企业，以前可能已经通过企业链路将该应用程序的流量传输到了上游的伦敦总部，然后从伦敦传输到了当地云应用程序提供商的云。然而今天，南非分公司办事处具备了本地互联网出口，可以让流量直接进入南非的本地互联网服务，从而既实现性能提升，又减少对分公司办事处与英国总部之间宝贵的带宽资源的占用。需要注意，互联网出口使用与SD-WAN服务本身相同的互联网Underlay连接服务，但互联网流量直接从互联网传送到互联网，而其他流量通过互联网UCS上的TVC到达其他SD-WAN边缘。

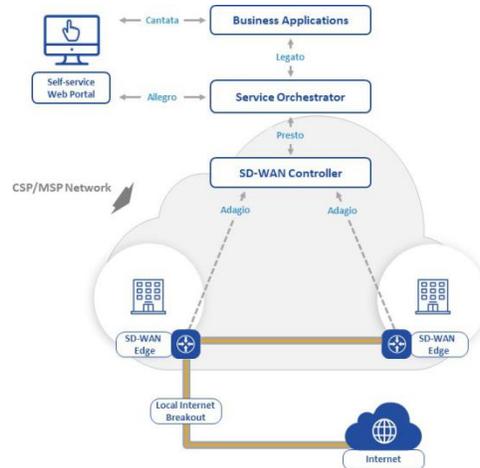


图9 - 本地互联网出口案例

这是SD-WAN服务的一个重要案例。尽管互联网连接本身不是SD-WAN服务的一部分，但在应用程序的SD-WAN边缘处理应用流，以确定哪些内容流向TVC，哪些内容通过互联网出口连接传输，却是SD-WAN服务的一部分。

#### 4.3 无线连接

快速添加新的SD-WAN用户终端（如，物联网）是SD-WAN服务的一个重要方面。在给定端点的唯一连接是无线连接（例如LTE）的情况下，通过SD-WAN服务，可以加载这些站点并提供适当策略性能和安全保证。需要注意，无线连接可以用作任何类型的Underlay连接服务的一部分，例如，它可以是互联网接入服务或专用IP VPN服务的一部分。

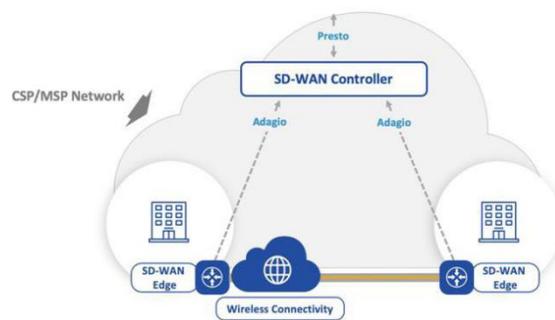


图10 - 无线连接案例

#### 4.4 SD-WAN边缘部署案例

与多个Underlay连接服务不同，本地互联网出口和无线连接案例侧重于在SD-WAN服务中实现底层连接，以下案例与SD-WAN服务边缘的实现相关。提请注意，它们



#### 4.4.2 SD-WAN边缘VNF在云中运行

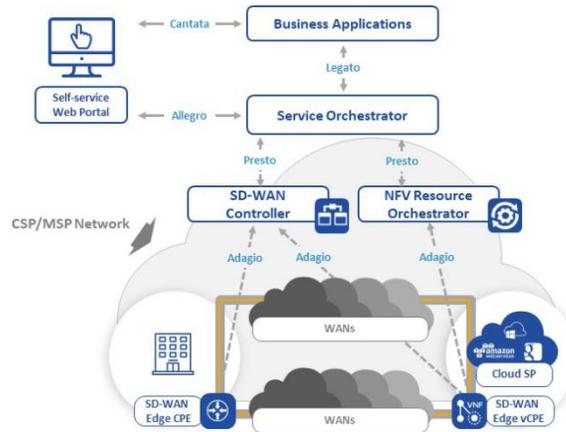


图12 - 云中的虚拟化SD-WAN边缘

随着企业越来越多地使用基于云的应用，SD-WAN服务正被用来为那些具有适当连接性能的应用程序提供安全连接。然而，服务提供商通常不希望或无法将专用的供应商设备部署到与其SD-WAN用户合作的所有云提供商中。能够在云提供商中部署虚拟化的SD-WAN边缘的能力变得至关重要。

#### 4.5 网外扩容

许多企业已经使用专用IP VPN服务为其分公司办事处提供了广泛的连接。某些企业不愿为使用SD-WAN服务，而在专用IP VPN服务引入更多站点或调整现有连接的架构，宁愿通过在现有站点的IP VPN网关上逐步引入SD-WAN服务端点来扩展连接范围。

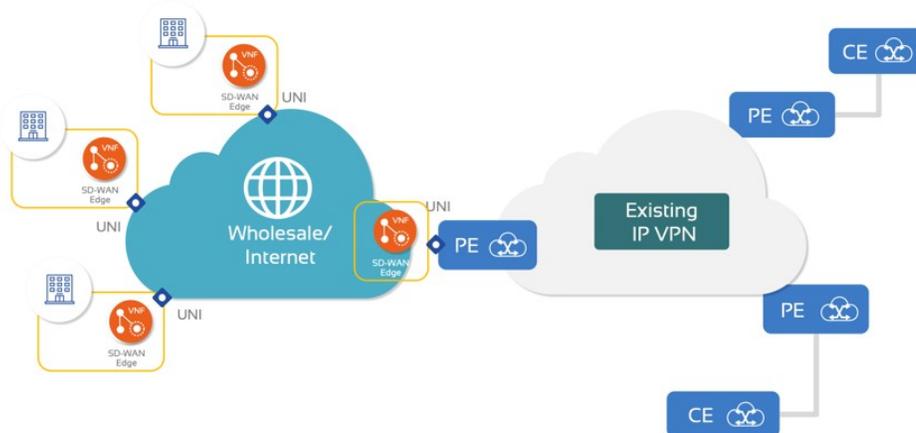


图13 - 网外扩容

此案例的一个更深入的示例是，在一个地区的几个国家中，每个国家的服务提供商都使用 MPLS 骨干网络。这些骨干网由单个服务提供商控制，可以作为单个专用 IP VPN 服务的底层。可通过区域网关、区域中的传统 MPLS 端点或来自世界任何其他区域的互联网连接访问专用 IP VPN 服务底层，由单个提供商将 SD-WAN 服务作为 Overlay 服务提供给所有这些不同类型的端点。

#### 4.6 多云

ONUG 的 SD-WAN 2.0 工作组<sup>[9]</sup>致力于解决将 SD-WAN 连接集成到企业混合多云环境中的特定挑战。作为工作的一部分，工作组定义了典型部署场景的案例需求，包括多个云提供商连接、应用程序性能保证、扩展、安全策略实施、混合环境安全集成和多域连接编排。

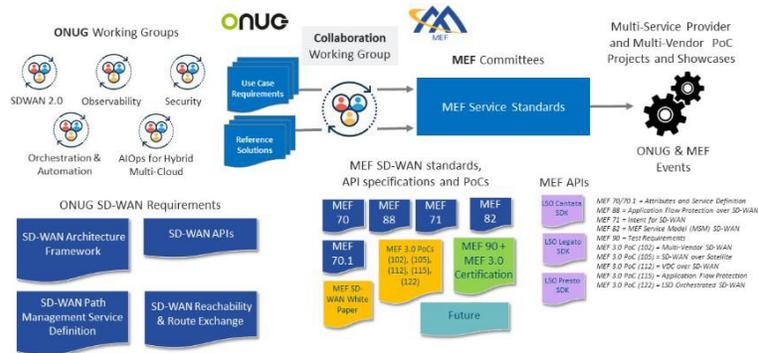


图14 - 企业案例

MEF 和 ONUG 正在合作以影响 MEF 正在进行的 SD-WAN 项目，以使相关的服务规范和认证可以更加成熟。ONUG 和 MEF 将合作以共同定义 SD-WAN 服务的通用业务模型和自动化 API，最初的重点领域包括：

- ONUG SD-WAN 1.0 服务模型和 API 规范
- ONUG SD-WAN 2.0 多云集成案例
- SD-WAN 的应用安全
- 基于意图的 SD-WAN 网络与服务自动化

## 5 SD-WAN垂直市场的业务成果

在本节中，我们考虑在不同的垂直市场中使用SD-WAN服务，以说明使用SD-WAN服务的各种业务成果。

管理型SD-WAN服务仍然基本上仅在通用案例背景中加以考虑。但是，市场上开始出现差异化SD-WAN服务，这些服务更特意为满足各个细分市场的独特需求而设计。基于已证明的市场吸引力和服务成熟度，SD-WAN服务提供商正在构建更可靠的案例和针对垂直行业的管理型服务产品。对于某些垂直行业可能希望采用SD-WAN技术的原因，也出现了一些模式，如下表所示。

符合MEF 70的SD-WAN服务是非常有价值的产品，可支持以下行业特定的驱动因素和趋势。另外，为了扩展SD-WAN服务以满足垂直市场的需求，必须有一整套由MEF 70实现的支撑性API，以全面管理这些SD-WAN服务。

垂直行业	驱动因素和趋势
<b>制造业和物流业（工业4.0）</b> 工业4.0和工业3.0之间的区别是可建成协同、智能、灵活和分布式生产系统的物理设备之间的数据连接。应当针对分布式生产系统的需求实时优化和保护数据连接。SD-WAN服务甚至可以在关键任务应用程序中提供数据连接以支持工业4.0。	<b>生产设施与新产品需求的快速匹配</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 供应链准确性</li> <li>• 零库存工程的库存和供应商管理</li> <li>• 产品快速上市</li> <li>• 工厂改造</li> </ul> <b>将远程设施纳入可靠和安全的生产能力中</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 整合快速扩张时收购的场所</li> <li>• 增强了SCADA系统和IoT端点的安全性</li> <li>• 自主网络遥测</li> <li>• 5G网络切片</li> <li>• 多址边缘计算</li> </ul> <b>预防和减少生产故障</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 生产过程中的预测性维护</li> <li>• 数字孪生技术</li> </ul>

垂直行业	驱动因素和趋势
<p><b>医疗保健</b></p> <p>“数字医疗”一词因为临床实验室、医疗实践、医院和护理中心的转型而出现</p> <p>SD-WAN将支持医疗物联网、人口健康、人工智能、数据分析、临床工作流程和远程健康解决方案的采用</p>	<p><b>扩大医疗专业知识和护理的地理范围</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 使用虚拟现实（VR）、增强现实（AR）和混合现实（MR）的沉浸式医疗保健体验</li> <li>• 流动诊所和MRI</li> <li>• 以技术创新为基础的新疗法也在不断发展：例如虚拟现实和增强现实（AR/VR）以及数字化参与疗法。</li> <li>• 5G救护车</li> </ul> <p><b>提高健康数据的安全性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 提高医疗设备物联网（MDIoT）的安全性 - 医疗保健领域的医疗物联网设备越来越多，这些简单的设备难以保护，而且漏洞难以修复</li> <li>• 医疗保健网络安全性更佳，足以确保患者数据保护，但要防御潜在的国家资助的网络恐怖主义</li> </ul> <p><b>改善患者体验</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 数字孪生技术</li> </ul>
<p><b>金融</b></p> <p>在过去的十年中，尽管银行和其他金融机构大量关闭了人们熟悉的商业街上的分支机构，但新的客户需求也在不断发展，浏览器/智能手机界面无法满足这些需求。SD-WAN服务同时提供性能和安全保证，这对于提供高级数字服务的金融服务的声誉至关重要。</p>	<p><b>快速建立、调整和重新分配实体分支机构，以满足不断变化的本地化市场需求</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 快闪店和智能服务亭</li> <li>• 自动化-可以通过大数据评估来密切注意客户动向和经验，以测试和增强分支机构的绩效。</li> <li>• 满足以客户为中心的现代环境中的多代客户的需求</li> <li>• 利用客户数据--分支机构的系统和工具必须将所有接触点与客户联系起来</li> </ul> <p><b>提高金融数据的安全性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 一致的分支机构安全策略合规性</li> </ul> <p><b>改善客户体验</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AR/VR</li> <li>• 机器人技术和可穿戴技术</li> <li>• 交互式柜员机（ITM）技术和自助服务亭-“直通式”客户体验，例如，客户可以在等待换卡时使用ATM扫描身份证件并获得取款批准，而无需与人交互</li> </ul>

垂直行业	驱动因素和趋势
<p><b>政府</b></p> <p>由于政府越来越有义务在减少或至多维持当前预算的同时，向每一个公民（无论他们身在何处）提供广泛和安全的服 务，政府越来越依赖数字能力。在保护易受网络罪犯攻击的呈指数增长的攻击面的同时，SD-WAN为政府的公民服务创新带来了机遇和风险。最近针对市政当局和警察部队的勒索软件攻击表明，许多基于LAN的系统仍然脆弱，而连接性解决方案只是其中的一部分。</p>	<p><b>快速建立、调整和重新分配实体分支机构，以满足不断变化的本地化公民需求和垂直行业范围</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 政府机关网络运行机制类似于商业企业网络</li> <li>• 政府机关设有众多分支办事处，以期按需迅速启用（例如FEMA）。</li> <li>• 较大办事处有时会使用具有多个连接的SD-WAN，包括无线备用连接（5G出现时尤其需要此能力）</li> <li>• 需要在国家或州政府的保护下处理多个垂直行业</li> <li>• 数千个低带宽远程办事处和分支机构</li> <li>• 区别于地方政府/市政府</li> <li>• 能够在偏远地区实现家庭学校（例如通过卫星）</li> <li>• 应急车载基站</li> </ul> <p><b>最大化纳税人投资回报率</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 关键驱动因素：性能和节省成本（连接性、管理、员工）从2x专用IP VPN服务转换为1x专用IP VPN服务+互联网专线。</li> <li>• 托管服务减少了对内部IT机构的依赖</li> <li>• 更多利用云和互联网，减少利用VPN</li> <li>• 使用较小的本地化服务提供商，而非使用占地面积较大的大型电信公司</li> </ul> <p><b>重构安全体系结构</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 安全绕过可降低性能的安全网关</li> <li>• 能够动态使用策略来处理广泛的数据安全分类级别</li> </ul> <p><b>简化采购</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 标准化的和经认证的SD-WAN</li> <li>• 跨多个政府机构的标准化术语</li> </ul>

表1 - 各垂直市场的SD-WAN服务要求

## 6 面向SD-WAN服务的MEF未来发展

MEF 70<sup>[1]</sup>的发布为MEF中的各种新工作奠定了基础，可以支持SD-WAN服务市场迅速发展的需求。以下内容简要概述了这些工作以及行业参与者参与该MEF工作的机会。

### MEF SD-WAN认证

MEF正在扩展其对于符合MEF标准的认证计划，纳入对SD-WAN服务和SD-WAN技术解决方案的认证。MEF 3.0 SD-WAN认证计划为技术供应商、服务提供商和企业提供了一个重要的基准，以识别那些满足标准SD-WAN服务基准要求的公司，减少市场混乱并加速SD-WAN服务市场的增长。



### MEF专业认证

MEF还扩大了其专业认证计划，以解决服务提供商行业及其客户企业中迅速扩大的SD-WAN专业员工缺口问题，这一问题严重阻碍了SD-WAN服务的部署。在2019年MEF与分析师团体进行的联合研究中表明，服务提供商已将这种技能短缺视为主要的市场阻碍因素。



### SD-WAN服务定义得到改善

MEF已经开始进行SD-WAN下一阶段标准化工作-MEF 70.1，这将引起许多企业和服务提供商的极大兴趣。这项工作包括：

- 为应用流性能和业务重要性定义服务属性。
- 定义SD-WAN服务拓扑和连接性。
- 定义Underlay连接服务参数。

### 通过SD-WAN的安全应用流

任何服务的安全漏洞都与服务的“攻击面”成正比增长。在SD-WAN中，利用一个SD-WAN服务支持数万或数十万个端点的能力意味着受攻击的风险也会成倍增长。这既是SD-WAN用户和SD-WAN服务提供商面临的主要挑战，也是安全托管服务提供商（MSSP）的重大机遇

MEF的SD-WAN应用程序安保项目的重点是定义策略标准和操作，以通过SD-WAN服务保护应用程序（应用流）。这项工作包括定义

威胁、安全功能以及安全策略的术语和属性，以及描述安全策略应对某些威胁应采取的措施。

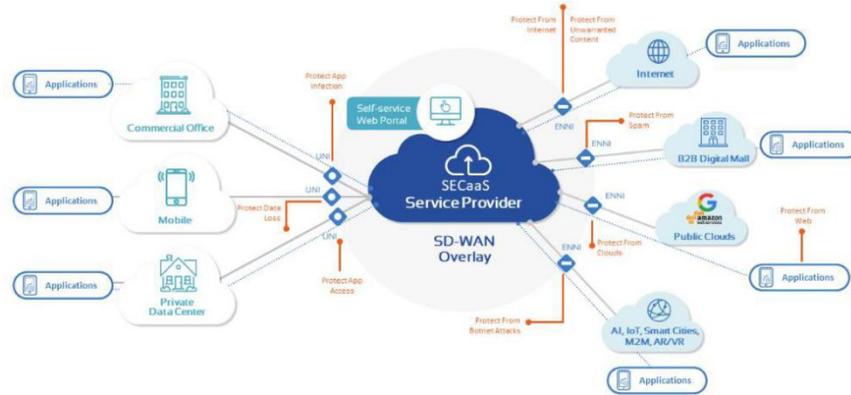


图15 - 通过SD-WAN服务保护应用流

正在面临的威胁可能来自SD-WAN用户内网，也可能在连接到公有云和其他互联网主机时来自外网。该项目目前正在解决的一个关键领域是定义区域，企业用户利用业务功能定义一组子网，在这些子网中应用唯一的安全策略。区域的示例包括POS终端区域，其中POS终端与网络的其他部分隔离，以保护连接到数据中心的支付卡交易不被扫描或信息被盗。另一个区域可以是访客Wi-Fi区域，即允许访问者访问互联网，但与公司内网隔离。各个区域都将应用安全策略以采取防御态势。

**SD-WAN编排与生命周期服务编排(LSO)**

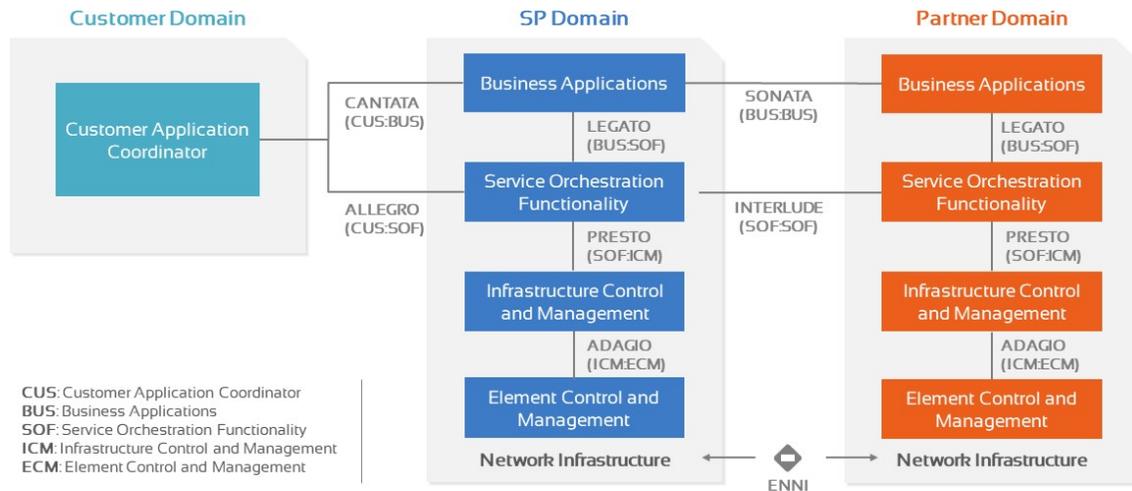


图16 - LSO参考架构

SD-WAN服务越来越依赖生态系统中的各利益相关方，包括技术供应商（例如，SD-WAN解决方案，利用NFV的增值服务，uCPE，服务编排，

服务和安全保证，策略管理等）以及服务提供商（例如，现有的电信运营商和MSP当前提供的管理型业务、农村电信公司、ISP、正在成为MSP的系统集成商等）。各方相互关联并迅速将新参与者加入提供现有服务的能力至关重要。通过标准化生态系统不同部分之间的接口并有效利用NFV、SDN和LSO的功能，是实现这一目标的最好方法。

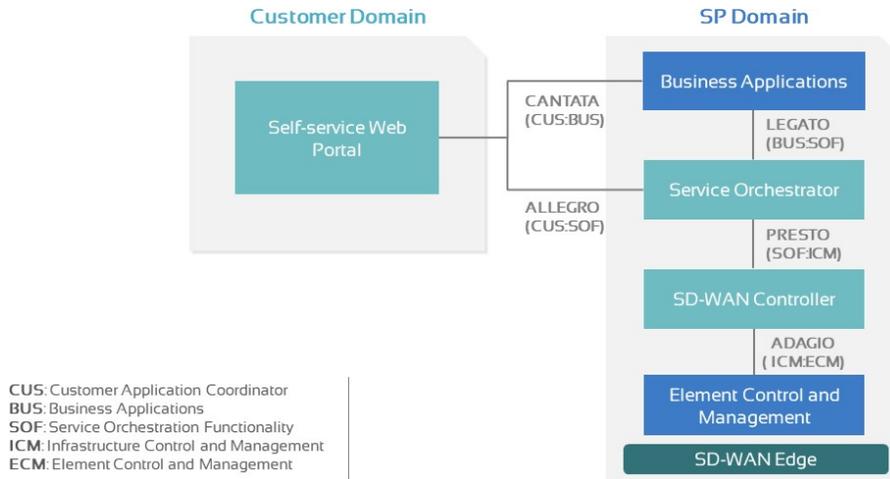


图17 - SD-WAN服务编排架构

因此，在与MEF 3.0服务编排相关的更广泛的MEF服务模型（MSM）项目中，MEF正在利用UML对MEF 70 SD-WAN服务进行建模，以确保LSO框架中的许多参考点上的API具有一致性。SD-WAN工作最初的重点是支持业务应用程序和服务编排功能之间交互的LSO Legato接口，以及支持Underlay连接服务供应和SOAM的LSO Presto接口。MEF的SD-WAN建模工作还适用于LSO Cantata接口和LSO Allegro接口，这些接口有助于在用户与服务商间建立统一的Portal和电子交付。

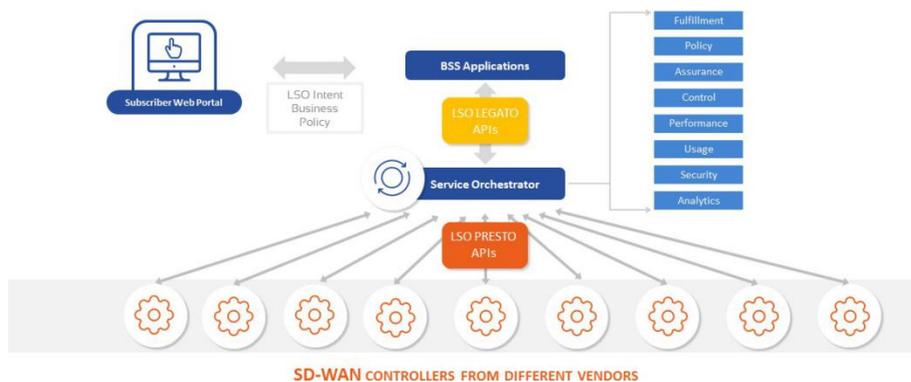


图18 - 利用LSO Presto API实现多个SD-WAN供应商

## SD-WAN的SOAM和SAT

MEF在定义电信级以太网和IP服务的SOAM和服务激活测试（SAT）方面的工作可用于通过使用来自Underlay连接服务的SOAM信息来增强SD-WAN服务性能保障。MEF在基于MEF 30.1<sup>[10]</sup>, MEF35.1<sup>[11]</sup>, MEF 48<sup>[12]</sup>, MEF 66<sup>[13]</sup>和MEF83<sup>[14]</sup>等标准的工作中正在对此进行探索。

## 将意图用于SD-WAN

MEF的IBN（基于意图的网络）工作旨在使SD-WAN服务用户设置能实现与意图相关的性能和安全目标，并将其转化为网络级别的详细技术策略。为了实现这一目标，MEF正在使用有限的自然语言技术来构建领域特定语言（DSL），这将大大简化最终用户和服务提供商之间的API。

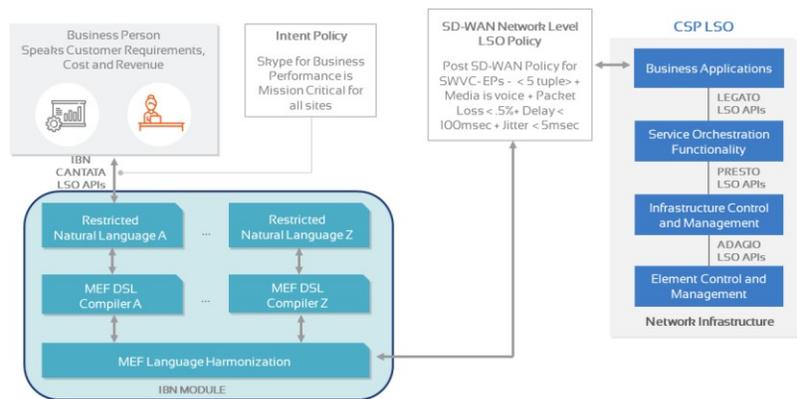


图19 - SD-WAN服务中利用基于意图的网络

## 7 总结

MEF在标准化SD-WAN服务方面的广泛工作已经带来了业界首个定义SD-WAN服务和属性的标准，以及业界领先的针对SD-WAN服务提供商和供应商的MEF 3.0认证计划。在MEF 70<sup>[1]</sup>中首次使用了SD-WAN的标准化服务术语，这已经有助于减少关于SD-WAN的混淆，同时由于提供商为其产品选择最佳的SD-WAN解决方案，提供商与其服务用户之间的交互也能得以简化。

SD-WAN案例正在迅速发展，以利用SD-WAN服务的功能，而垂直行业也开始使其需求更加精确，以针对其特定需求优化SD-WAN服务。

SD-WAN的LSO编排是SD-WAN服务提供商实施多供应商解决方案的重要后续步骤，基于MEF 70<sup>[1]</sup>的MEF信息和数据模型将显著增强所产生的，这种编排所需的API能力。

MEF针对SD-WAN的工作开始于SD-WAN应用流的安全标准化的引入、利用意图将企业业务需求配置流化为SD-WAN服务，以及为最大化SD-WAN作为底层服务的功能而为底层连接服务定义的SOAM和SAT的使用。

MEF邀请所有自认为是SD-WAN生态系统一部分的同仁参加MEF的标准化工作，参与针对服务提供商、技术供应商和个别主题专家的认证计划，并将自己定位为市场领导者。

## 8 关于MEF

MEF是一个由200多家成员公司组成的行业协会，它引入了MEF 3.0转型全球服务框架，用于定义、交付和认证在全球自动化网络生态系统中编排有保障的服务。MEF 3.0服务旨在提供按需的，以云为中心的体验，用户和应用程序可以直接控制网络资源和服务功能。MEF 3.0服务通过LSO、SDN和NFV支持自动化、虚拟化和互连网络提供。MEF生成服务规范、LSO框架、开放LSO API、软件驱动的参考实现和认证程序。MEF 3.0的工作将使标准化电信级以太网、光传输、IP、SD-WAN、安全即服务和其他4-7层服务能够跨多个供应商网络自动交付。若需要更多信息，请访问 <https://www.mef.net>，也可通过 [LinkedIn](#) 和Twitter [@MEF\\_Forum](#)关注我们。

## 9 术语

术语	定义	参考
API	应用程序接口	不适用
应用流	到达入口SD-WAN UNI的IP数据包的一个子集，由一组应用流标准标识，并且与该SD-WAN UNI上的任何其他应用流的子集不同。	MEF 70
应用流准则	用于对SD-WAN UNI上的IP数据包进行分类的规则。	MEF 70
AR	增强现实	不适用
ATM	自动取款机	不适用
BSS	业务支撑系统	不适用
BUS	业务应用程序	不适用
CAGR	复合年均增长率	不适用
CE	客户边缘	不适用
CES	电信级以太网服务	不适用
CSP	通信服务提供商	不适用
CUS	客户应用协调员	不适用
DIA	互联网专线接入	不适用

DSL	数字用户线路	不适用
ECM	以太网控制与管理	不适用
ENNI	外部网络到网络接口	不适用
EP-LAN	以太网专用局域网	不适用
EVC	以太网虚连接	不适用
FEMA	联邦紧急事务管理署	不适用
HFC	混合光纤同轴电缆	不适用
IBN	基于意图的网络	不适用
ICM	基础架构控制与管理	不适用
ID	身份	不适用
互联网出口	根据策略，通过SD-WAN服务中位于SD-WAN边缘的一个或多个互联网底层连接服务将应用流转发到互联网（或从互联网转发）。	MEF 70
IoT	物联网	不适用
IP-SEC	IP安全协议	不适用
IP-VPN	基于IP的虚拟专用网	不适用
ISP	互联网服务提供商	不适用
IT	信息技术	不适用
LAN	局域网	不适用
LIB	本地互联网出口	不适用
本地互联网出口	互联网出口，其中SD-WAN UNI上的入口IP数据包通过UNI所在的SD-WAN边缘上的互联网底层连接服务转发。	MEF 70
LSO	生命周期服务编排	不适用
LTE	长期演进	不适用
MDIoT	医疗设备物联网	不适用
MPLS	多协议标签交换	不适用
MR	混合现实	不适用
MRI	核磁共振成像	不适用
MSM	MEF服务模型	不适用
MSP	托管服务提供商	不适用
MSSP	安全托管服务提供商	不适用
NFV	网络功能虚拟化	不适用
ONUG	开放网络用户组	不适用
OTS	光传输服务	不适用
OTT	直达用户	不适用
OVC	操作员虚连接	不适用
PE	提供商边缘	不适用
策略	可能通过应用流组中的成员身份分配给应用流的一组规则，这些规则确定SD-WAN服务对应用流中IP数据包的处理方式。	MEF 70

POS	销售点	不适用
ROI	投资回报率	不适用
SaaS	软件即服务	不适用
SCADA	监控与数据采集	不适用
SDN	软件定义网络	不适用
SDO	标准开发组织	不适用
SD-WAN	软件定义广域网（见SD-WAN服务）	MEF 70
SD-WAN服务提供商	SD-WAN服务的提供商	MEF 70
SD-WAN边缘	位于Underlay连接服务UNI和SD-WAN UNI之间的网络功能（物理或虚拟）。	MEF 70
SD-WAN服务	由服务提供商提供的一种可感知应用程序的策略驱动的连接服务，可优化IP数据包在多个底层网络上的传输。使用此MEF标准中定义的服务属性来指定MEF SD-WAN服务。	MEF 70
SD-WAN用户	SD-WAN服务的用户	MEF 70
SD-WAN用户网络接口	SD-WAN服务提供商和SD-WAN用户之间的责任分界点。	MEF 70
SD-WAN虚连接	SD-WAN服务中SD-WAN虚连接端点的关联，为用户提供L3虚拟专用路由网络的逻辑结构。	MEF 70
SD-WAN虚连接端点	SD-WAN UNI上的一种逻辑结构，它将入口IP数据包划分为应用流，基于关联的应用流将策略应用于每个IP数据包，并选择适当的路径以通过SWVC传输IP数据包。	MEF 70
服务提供商	向用户提供服务的组织。 本文件中，“服务提供商”指“SD-WAN服务提供商”。	MEF 70
服务提供商网络	用于向用户提供SD-WAN服务的底层连接服务、TVC、SD-WAN边缘、控制器和编排器的集合。	MEF 70
SLA	服务等级协议	不适用
SOAM	服务OAM（操作、管理和维护）	不适用
SOF	服务编排功能	不适用

SP	服务提供商	不适用
用户	服务的最终用户。本文件中，“用户”应理解为“SD-WAN用户”。	MEF 70
SWVC	SD-WAN虚连接	不适用
TVC	隧道虚连接	不适用
uCPE	通用客户端设备	不适用
UCS	底层连接服务	不适用
UML	统一建模语言	不适用
UNI	用户网络接口	不适用
VNF	虚拟网络功能	不适用
VPN	虚拟专用网	不适用
VPRN	虚拟专用路由网	不适用
VR	虚拟现实	不适用

## 10 参考资料

- [1] [MEF 70](#) (MEF SD-WAN服务属性与服务标准, 2019年7月)
- [2] MEF 3.0全球服务框架 ([MEF website](#))
- [3] [MEF 63](#) (MEF 用户层1服务属性标准, 2018年8月)
- [4] MEF电信级以太网服务([MEF website](#))
- [5] [MEF 61.1](#) (MEF IP服务属性标准, 2019年5月)
- [6] [MEF 6.2](#) (EVC以太网服务定义阶段3, 2014年8月)
- [7] [MEF 51.1](#) (运营商以太网服务定义, 2018年12月)
- [8] [MEF 10.4](#) (用户以太网服务属性定义, 2018年12月)
- [9] [SD-WAN 2.0工作组\(ONUG\)](#)
- [10] [MEF 30.1](#) (服务OAM故障管理实施协议, 2013年4月)
- [11] [MEF 35.1](#) (服务OAM性能监测实施协议, 2015年5月)
- [12] [MEF 48](#) (电信级以太网服务激活测试 (SAT), 2014年10月)
- [13] [MEF 66](#) (IP服务草案标准SOAM (R3), 2019年8月)
- [14] [MEF 83](#) (网络资源模型——OAM, 2019年9月)

## 11 致谢

- Daniel Bar-Lev (MEF)主编
- Shi Fan (中国电信)
- Joel Stradling (Clavem Research)
- Zeev Draer (ADVA)
- Alastair Johnson (思科)
- Nico Walters (CMC Networks)
- Wanderlei Mathias de Paulo (Embratel)
- Johan Witters (诺基亚)
- Mark Gibson (Amdocs)
- David Ball (思科)
- Jack Pugaczewski (CenturyLink)
- Philippe Lochon (Orange)
- Felonimo Bacquiano (Radius)
- Mario Bianchetti (意大利电信)
- Matt Duniam (澳大利亚新南威尔士州政府)
- Rami Yaron (Infovista)
- Matt Ringhofer (Infovista)
- Larry Samberg (MEF)
- Stan Hubbard (MEF)