

打造更出色的 NFV 平台： 英特尔、戴尔和 Red Hat 携手推动互操作性

英特尔® 开放网络平台

“英特尔、戴尔和 Red Hat 三家公司通力合作推出真正开放的商业产品。最近，Dell NFV 平台使用开放标准、开放式协议和开源技术（由开放的生态系统提供支持）提供了一款商业 NFV 平台产品。”

— Drew Schulke, 戴尔下一代基础设施部执行总监

随着软件定义网络（SDN）和网络功能虚拟化（NFV）的蓬勃发展，许多试点项目和演示平台应运而生。随着这些开发项目向网络部署发展，开展基础设施改造的通信服务提供商都倾向于采用基于英特尔® 架构的虚拟化计算平台。通过在标准大容量服务器（SHVS）上部署 NFV 解决方案，通信服务提供商可以降低服务交付成本，提高敏捷性，增强整个基础设施的灵活性。

虽然 NFV 和 SDN 的发展势头日益强劲，但仍然存在一个关键挑战。集成许多开源项目的组件和遵循当前的开放标准方案会增加规划和部署的复杂性。英特尔® 开放网络平台（英特尔® ONP）参考架构为评估、设计和部署可互操作的开放 SDN 和 NFV 解决方案拟定了一份宏伟蓝图，可最大限度地减少混乱并降低风险。

通过紧密合作，英特尔、戴尔和 Red Hat 开发了一个商业上可行的 NFV 平台，可根据通信服务提供商的一系列要求进行配置，本白皮书中进行了详细介绍。Dell* NFV 平台是一个开放网络平台，使用行业标准的戴尔服务器、存储、网络 and 软件进行构建，旨在通过广泛的开放接口实现最佳的互操作性和可管理性。作为这一产品的组成部分，Red Hat 和戴尔携手构建了一个完全集成的 OpenStack* 平台，用于部署企业级私有云。

根据在开发过程中获得的经验，本文介绍了 NFV 开发人员通过开源社区项目和开源组件有效构建商业上可行的欧洲电信标准协会（ETSI）NFV 框架的过程。

目录

戴尔和 Red Hat 构建商业 NFV 基础设施..... 2

 Dell NFV 平台..... 2

 OpenStack 云计算平台..... 3

通力合作：英特尔、戴尔与 Red Hat 3

 戴尔服务器设置和英特尔® ONP 3

 面向电信环境的 Dell NFV 平台 4

测试设置和结果 4

 DATS 性能测试概述 5

 测试说明 6

 无修改的数据包转发 (二级交换) 6

 需要修改数据包内容的数据包转发 (三级路由) 7

 添加和删除 MPLS 标签 7

 基于五元组的查找和决策..... 7

 ACL 7

 缓冲..... 7

 测试结果 7

ETSI NFV 框架和英特尔 ONP 的起源..... 7

什么是英特尔 ONP 参考架构? 8

降低 NFV 集成的复杂性 8

结论..... 9

戴尔和 Red Hat 构建商业 NFV 基础设施

凭借长达十五年的长期合作伙伴关系，戴尔和 Red Hat 完全有能力合作设计出一款能够为电信服务提供商提供商业部署支持的 NFV 平台。通过结合可为这一市场带来价值的专业知识和技术，这两家公司看到了运营商领域的巨大契机和互惠互利的优势。通过采用英特尔 ONP 参考架构，戴尔和 Red Hat 构建了一个基于高性能服务器、商用组件和 Red Hat Enterprise Linux* OpenStack 平台的高度可扩展的 NFV 平台。本文提供的测试反映了本文发布时的工作进展情况，以及所列出的配置组件的测试结果。

Dell NFV 平台

Dell NFV 平台采用戴尔的最新技术以及来自开源生态系统合作伙伴的软件，可构建一个旨在执行各种虚拟网络功能 (VNF) 的完全融合的虚拟化基础设施，如图 1 所示。这一平台还包括用于管理和编排的基础软件和开放接口 (MANO)，可简化操作并实现更轻松的集成。从部署角度而言，Dell NFV 平台可以针对运营商环境中的应用进行调整和配置，而不受部署地点和规模的限制。

“戴尔认为，开放的生态系统是新标准。服务提供商所用的传统系统正在演变为基于云的虚拟网络基础设施。这种演变不是一蹴而就的。有大量的验证和性能测试工作需要做，可确保这些高度虚拟化的架构能够正常运行。”

— Joe Barzycki, 戴尔高级解决方案架构师

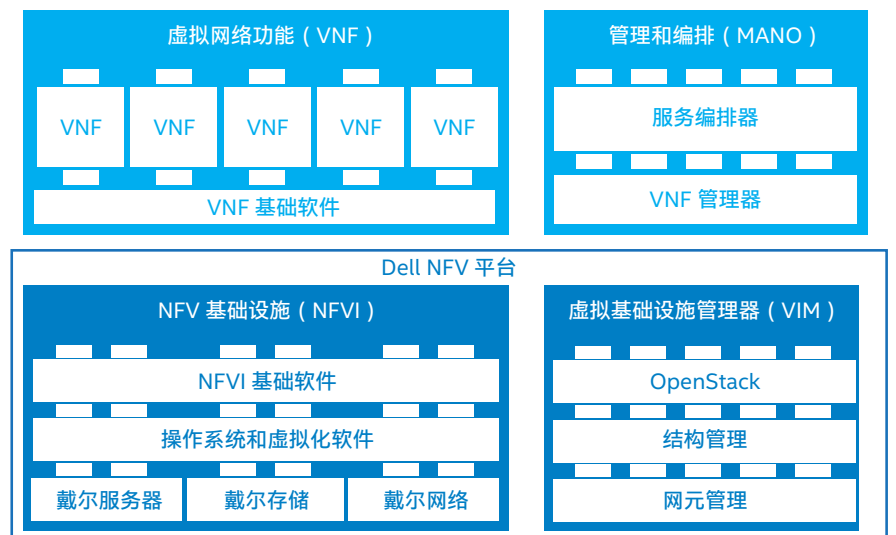


图 1. Dell NFV 平台的组件。

Dell NFV 平台的优势包括：

- 一个供 NFV 开发人员社区使用的开放式开发环境
- 能够纵向扩展、缩减或横向扩展，以满足各种部署场景和条件
- 支持各种开源组件和第三方商用组件，提供更出色的灵活性和更多选择

通过使用一种通用基础设施，Dell NFV 平台支持服务级别协议（SLA）要求各不相同的各种工作负载。通过灵活地选择 MANO 和 VNF 选项以及其他验证组件，基于 Dell NFV 平台的解决方案可满足电信、云服务和物联网（IoT）环境的性能、可靠性和工作负载需求。

戴尔和 Red Hat 合作设计并提供了基于 RHEL OpenStack、面向电信市场领域的增强型商用 NFV 解决方案。这些解决方案为虚拟化和改造电信基础设施提供了一种灵活的开放标准方法。

OpenStack 云计算平台

随着 NFV 在电信行业的快速发展，以及最新的 SDN 技术与基于英特尔架构硬件的经济高效型虚拟化计算平台的结合，戴尔和 Red Hat 增强了这一领域的商业产品，专注于运营商级实施。针对 Red Hat Enterprise Linux 和 Red Hat Enterprise Linux OpenStack Platform 的增强功能

为电信公司从专有平台和 UNIX* 平台进行转换提供了一种可靠的方法。OpenStack 允许用户在可用主机上创建虚拟机并根据任意有效的 IT 计划连接网络。在 OpenStack 中，管理员可以配置所有供应商的虚拟应用资源。

OpenStack 在一系列版本中提供从高级到企业级的各种功能。Gartner 最近指出：“Juno 是面向企业的 OpenStack 1.0。Red Hat 与戴尔的协作旨在确保面向 Dell NFV 平台的 RHEL OpenStack 实施能够有效满足运营商级要求，并能适应来自广泛的商业第三方供应商的组件。

通力合作：英特尔、戴尔与 Red Hat

三方合作包括联合工程研究，以确保 NFV 平台上组件的测试和优化可以得到充分评估。若要成功部署 NFV，必须缩小虚拟化网络功能与物理网络功能之间的性能差距。必须对每个组件和虚拟设备进行验证和测试，以确保整个架构框架成功运行。戴尔和 Red Hat 已经在 [Dell Red Hat OpenStack 云解决方案参考架构指南 — 4.0 版](#) 中整合了自己的工程研究成果，并将继续利用这些参考架构建议运行 Dell NFV 平台。

英特尔正在执行测试和验证工作，而戴尔实验室则协助其他合作伙伴加速部署虚拟化网络功能。其目标是向服务提供商保

证，这些系统不仅是开放的运营商级系统，还具有灵活和高度可扩展的特点。另一个目的是创建一个能够适应未来需求的平台。

合作领域还包括正在组建 NFVI 生态系统的标准机构和联盟。英特尔、戴尔和 Red Hat 是 OPNFV、ETSI 和众多开源社区项目工作的积极贡献者和参与者。凭借丰富的合作伙伴生态系统，我们将能够继续快速推进建立可靠的商业 NFV 基础设施（NFVI）的工作。

戴尔服务器设置和英特尔® ONP

关键的英特尔 ONP 计划带来了诸多性能优势。随着架构的建立，以下三个关键组件将帮助提升新系统的性能。

- **高性能处理器。**英特尔® 至强® 处理器 E5v3 是最新一代的处理器，专为行业标准的大容量服务器而设计。
- **高性能以太网控制器。**基于英特尔® 82599EB 10 GB 以太网控制器和英特尔® 以太网控制器 40 GB XL710 的网络适配器，对于提高性能、实现更高的 NFV 吞吐量至关重要。
- **集强大的平台和调优的软件堆栈于一身。**平台通过结合使用参考架构处理器、网络适配器和英特尔 ONP 软件堆栈组件进行优化，从而帮助实现一个适合可扩展部署的优化高效平台。

优化 NFVI 需要将软件与硬件紧密相连。在基础设施层面，基础开放社区软件，特别是数据平面开发工具包 (DPDK)，可提高虚拟化网络功能的性能。英特尔、戴尔、Red Hat 和众多 NFV 合作伙伴正在努力确保服务提供商在虚拟化环境中获得足够的网络功能性能。对于多供应商 NFV 解决方案，服务提供商希望获得可靠的互操作性。戴尔与英特尔在 DPDK 增强功能上的合作是在性能和互操作性方面迈出的的一大步。另外，通过与 Red Hat 合作，我们改进了 NFV 平台的互操作性。

戴尔 NFV 将继续推动采用 DPDK 等基础性增强技术，以改进 NFV 解决方案。戴尔正在全球产品实验室环境中证明在其平台上运行的 DPDK 增强型 VNF 的有效性。在通过标准虚拟交换机技术切换到 DPDK 增强型 VNF 时，Dell NFV 合作伙伴将体验到显著的性能提升。

当然，还可以进一步优化。本文中介绍的测试环境为组件实验和执行试验提供了一个理想的框架。

面向电信环境的 Dell NFV 平台

Dell NFV 平台组件旨在满足云服务提供商和通信服务提供商所需的苛刻要求。Dell NFV 平台能够部署在条件不佳的恶劣环境中，这种条件超过了标准或通用企业服务器、存储设备和网络设备的能力。戴尔在其服务器上提供了开创性的新风冷却能力，这些服务器可在非数据中心环境中高效运行。气流和风扇系统的设计采用

与飞机发动机相同的精度和专业知识。NFV 系统中每个硬件组件的嵌入式监控工具定期传达系统状态信息。通过提供普通服务器通常无法达到的保证和支持，戴尔提升了平台的价值。NFV 环境中配置的服务器、存储设备和网络设备耗电量较小，提供更高的密度和可用性，并且将在极端条件下运行，这通常是普通“白盒”服务器所不具备的创新特性。

测试设置和结果

将灵活的商业 Dell NFV 平台转变为一个真正的评估和开发目标，这对于 SDN 和 NFV 开发人员而言至关重要。英特尔和戴尔工程团队合作利用商用现货 (COTS) 组件 Dell PowerEdge* R730 和 Red Hat Enterprise Linux Server 来构建 NFVI 环境。通过创建这一 NFVI 环境，我们建立了一个使用已知路由技术来测试数据包处理吞吐量的系统。

本节介绍了在整个测试序列中使用的设置和系统配置。测试利用了 Dataplane 自动测试系统 (DATS)，这是一款灵活的 DPDK 应用，由一组 Python 脚本组成。PROX 既可以生成流量，也可以作为从简单的数据包转发到复杂的 BNG + QoS 测试的各种工作负载的模拟器。DATS 源代码可通过 01.org 获取。

使用两个单独的环境进行测试：

- **DATS 测试环境。** DATS v002 测试在一个被测系统 (SUT) 配置上运行，SUT 工作负载不断变化。
- **英特尔 ONP 测试环境。** 英特尔 ONP 运行 L3 / L2 转发工作负载，同时不断改变 SUT 配置。

图 2 说明了英特尔 ONP 和 DATS 测试环境之间的主要差异。

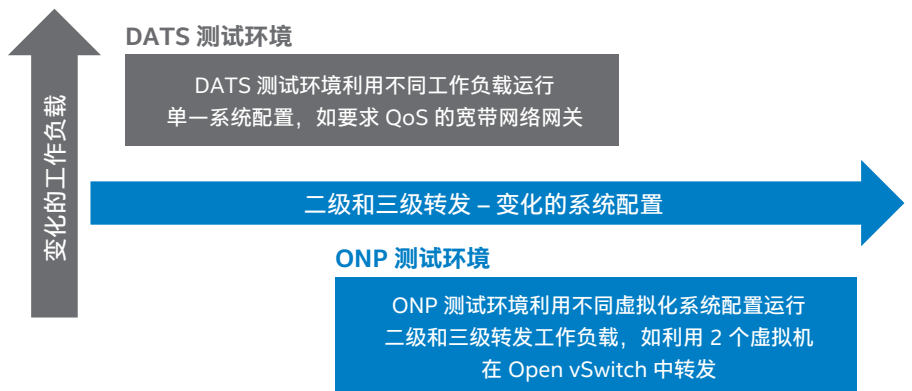


图 2. 英特尔® 开放网络平台与 DATS 测试的对比。

以下页面提供测试结果的节选。我们努力执行在实际部署工作中可能会遇到同样情形的测试，以便更详尽地捕捉与实际商业运作相关的数据结果。表 1 列出了 DATS 测试环境中使用的硬件和软件组件。表 2 列出了英特尔 ONP 环境的虚拟化 SUT 组件。

表 1. 针对 DATS 测试用例的
被测系统 (SUT) 硬件和软件组件



SUT 硬件组件	
平台	Dell PowerEdge* R730
处理器	英特尔® 至强® 处理器 E5-2680 v3 (30M 缓存, 2.50 GHz)
内核数量	24
内存	192 GB
数据平面开发套件 (DPDK) 端口	4 个英特尔® 以太网控制器 X710 端口, 10GbESFP+
SUT 软件组件	
BIOS 版本	1.2.10
BIOS 发布日期	03/09/2015
操作系统	Red Hat Enterprise Linux* Server 7.1
内核	3.10.0-229el7.x86_64
PROX 版本	V0.21
DPDK 版本	V2.1.0
Hugepage - 1 GB	16

表 2. 针对英特尔® ONP 环境的虚拟化被测系统 (SUT) 组件

虚拟机 SUT 硬件组件	
平台	标准 PC (i440FX + PIIX, 1996)
处理器	英特尔® 至强® 处理器 E5-2680 v3 (30M 缓存, 2.50 GHz)
内核数量	8
内存	8 GB
数据平面开发套件 (DPDK) 端口	4 个 Virtio 网络设备
虚拟机 SUT 软件组件	
BIOS 版本	rel-1.8.1-0-g4adadbd-20150316_085822-nilsson. home.kraxel.org
BIOS 发布日期	04/01/2014
操作系统	Red Hat Enterprise Linux* Server 7.1
内核	3.10.0-229el7.x86_64
PROX 版本	V0.21
DPDK 版本	V2.1.0
Hugepage - 1 GB	5

DATS 性能测试概述

DATS 性能测试包括以下单独测试:

- 在不修改数据包的情况下执行二级转发
- 含数据包修改的三级路由
- 添加/删除 MPLS 标签
- 基于五元组的查找和决策
- 访问控制列表 (ACL)
- 内存中的缓冲包

每个测试逐渐加大服务器平台上的数据包处理，每个新测试都添加更复杂的算法。总体序列如下:

- 1) 测试员运行 PROX，生成流量。
- 2) 运行 PROX，测量统计数据。
- 3) SUT 运行 PROX，模拟工作负载。
- 4) DATS 执行以下操作:
 - a. 执行测试用例。
 - b. 启动和停止 SUT 工作负载。
 - c. 启动和停止流量生成。
 - d. 收集统计数据。
 - e. 生成报告。

图 3 显示了测试进展。

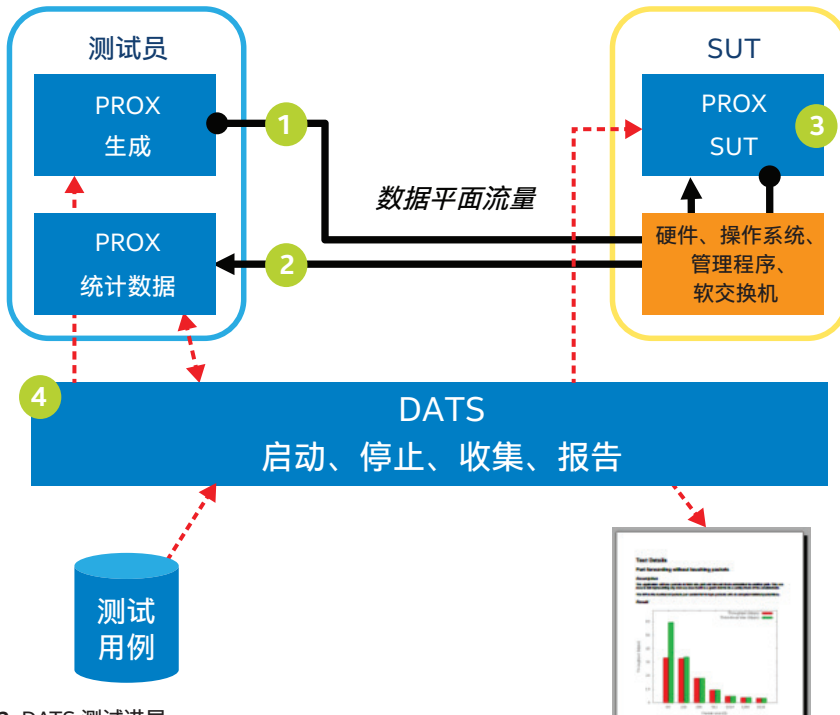


图 3. DATS 测试进展。

表 3. 执行的测试

测试名称	关键性能指标 (KPI)	KPI 负载
不修改数据包的端口转发	16.74 Mpps	64 字节数据包, 4 个流
修改数据包的端口转发	17.08 Mpps	64 字节数据包, 4 个流
添加和删除 MPLS 标签	14.07 Mpps	68 字节数据包, 4 个流
基于五元组的查找和决策	8.37 Mpps	64 字节数据包, 4 个流
ACL (访问控制列表)	11.38 Mpps	64 字节数据包, 4 个流
缓冲	5.73 Mpps	64 字节数据包, 1 个流, 125 毫秒缓冲

测试员和 SUT 机器由四条 10Gb 链路对等连接。管理网络使用 1Gb 网络建立，以避免干扰测试。

DATS 和 PROX 数据包的获取地址：
<https://01.org/intel-data-plane-performance-demonstrators>

- PROX: <https://01.org/sites/default/files/downloads/intel-data-plane-performance-demonstrators/dppd-prox-v021.zip>
- DATS: <https://01.org/sites/default/files/downloads/intel-data-plane-performance-demonstrators/dppd-dats-v002.tar.gz>

测试说明

表 3 列出了执行的测试，并将在下一页中进行更详细的解释。关键性能指标 (KPI) 中的三级路由吞吐量值以每秒百万数据包数 (Mpps) 来表示。测试允许的丢包率为 0.001%。

无修改的数据包转发 (二级交换)

工作负载从一个端口接收数据包，并原封不动地将其转发至另一个端口。这一用例不代表任何实际的工作负载，但提供了测试环境的基准和检查。KPI 代表 64 字节数据包的每秒数据包数和认可的最小丢包率。

需要修改数据包内容的数据包转发（三级路由）

工作负载从一个端口接收数据包，更新源 MAC 和目标 MAC，并将其转发到另一个端口。

添加和删除 MPLS 标签

工作负载从一个端口接收数据包，添加一个 MPLS 标签，并将其转发到另一个端口。在向另一个方向转发数据包时，MPLS 标签将被删除。KPI 是指 68 字节数据包的每秒数据包数和认可的最小丢包率。

基于五元组的查找和决策

可以利用从数据包中提取的足够长的密钥进行查找，以此制定资源需求苛刻的不同用例，例如：

- 负载分配
- 对称负载分配
- 路由
- 流量监管

ACL

测试将测量 SUT 如何很好地利用 ACL 规则列表中的结构。ACL 规则与输入数据包的五元组进行匹配：常规的五元组和两个 VLAN 标签。

规则集中的规则允许转发数据包，并且规则集包含默认匹配全部。规则集具有中等数量的规则，并且规则与所用的小部分规则适度相似。

缓冲

这一测试将测量缓冲数据包的影响（长时间保留在内存中）。对于缓冲，10Gb 链路速度下 125 毫秒数据包需要 SUT 上的可用内存达到 4 GB。数据包原封不动地转发。测试仅在 SUT 的第一个端口上运行。

测试结果

尽管从 64 字节到 1518 字节的数据包都进行了测量，但为简单起见，仅显示了三种不同的数据包大小（64、256、1518），以显示网络中的工作负载情况，如图 4 所示。最小的数据包代表数据平面和工作负载的最坏情况。

最长的数据包通常用作最佳测试条件。对于最大的数据包，系统的吞吐量几乎是大多数工作负载线路速率的 100%。

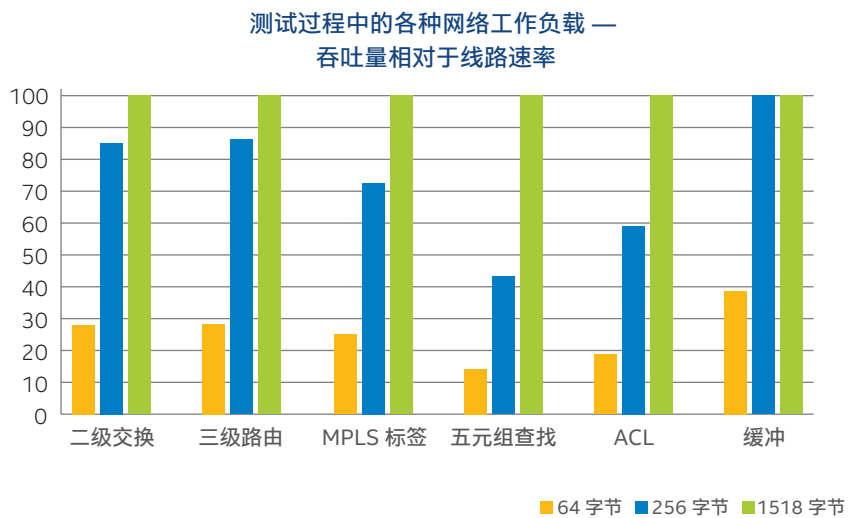


图 4. 不同网络工作负载的测试结果。

ETSI NFV 框架和英特尔 ONP 的起源

Dell NFV 平台基于两项行业计划：ETSI NFV 架构框架和英特尔 ONP，这两项计划为实现 NFV 商业化铺平了道路，如图 5 所示。2013 年，ETSI 通过行业规范组织（ISG）为行业创建了一个实施 NFV 技术的架构框架。NFV 架构框架可识别功能模块和功能之间的主要接口。在过去两年中，许多 ETSI NFV ISG 成员为开源社区项目贡献了概念验证（PoC）项目、API 提议和代码。在这些概念验证项目中，许多项目已对框架进行了验证和改进，因此整个行业都可以开发和部署商业解决方案。



图 5. 网络功能虚拟化的商业化进程。

英特尔 ONP 的设计灵感源自于 ETSI NFV 框架。有关 ETSI NFV 架构框架和英特尔 ONP 之间关系的更多信息，可在下面这些文档中找到：

- “英特尔 ONP 服务器参考架构，ETSI NFV 框架”¹
- “NFV 架构框架；ETSI GS NFV 002 v1.1.1”²

ETSI NFV 架构框架帮助加快了商业 NFV 解决方案的设计和开发，为支持虚拟网络运营奠定了技术基础。

什么是英特尔 ONP 参考架构？

英特尔 ONP 参考架构旨在简化 SDN 和 NFV 环境中开放式解决方案的设计、部署和可管理性，为支持经验证的硬件和软件在关键行业领域的商业化采用拟定了一个蓝图。电信运营商网络、企业网络和云数据中心可以根据 ONP 参考架构的规定，使用运行于标准大容量服务器之上的

开源软件堆栈更轻松地构建解决方案。依照英特尔 ONP 参考架构原则发展起来的生态系统在协作、贡献和行业参与的支持下不断发展壮大。参与者包括行业联盟、电信和云服务提供商、英特尔® Network Builders 以及参与开源项目的领先企业。

尽管虚拟化网络中有许多新技术可改进互操作性并简化组件集成，但搭建系统仍然是一项复杂的工作，需要丰富的经验和专业知识。

降低 NFV 集成的复杂性

集成和测试多个开源项目是独一无二的挑战，因为每个项目都有自己的发布周期、独特功能和许可模式。您会选择哪些版本的开源社区项目呢？您如何确定测试套件是否利用开源社区项目的全部功能，同时允许在行业标准的大容量服务器上性能创新？定义集成堆栈后，如何实施性能测试？

英特尔 ONP 的目标是在“展示服务器平台优化”与“基于最新的开源社区项目”之间实现平衡。性能预期使得访问最新的服务器平台和对 NFV 有用的改进特性至关重要。为此，每个版本的英特尔 ONP 都包括一个记录详尽的系统 and 软件配置，可为任何生态系统供应商或服务提供商的最终用户提供有用信息，用于确认其实验室中组件的互操作性。在互联网工程任务组 (<https://irtf.org/nfvrg>) 内的一个小组 (网络功能虚拟化研究组) 的支持下，这一领域内另一个知名的开放行业计划得以开展，它帮助加速了 NFV 相关的研究，并能够很好地适用于开放标准计划 (ETSI NFV 等) 和开源计划 (如 OPNFV)。



图 6. 虚拟化前后的服务提供商运营。

结论

测试结果揭示了通过使用各种工作负载模拟典型工作环境（配备商用服务器、优化的操作系统和应用堆栈）中的各种条件，可以实现的性能水平。对于支持从传统平台向虚拟化环境过渡的电信公司而言，这些结果与符合其要求的性能水平一致。这些测试表明，从二级交换过渡到基于五元组的查找和决策测试时，性能下降最小。

下面是从测试过程获得的洞察：

- 测试环境应使用英特尔 ONP 参考架构进行设计，利用面向 NFV 基础设施的商用解决方案。通过与 ETSI 架构框架和英特尔 ONP 参考架构保持一致，NFVI 测试环境可以简化多个实例的性能数据分析。
- 为了更准确地描述典型工作负载条件下的 NFV 性能，性能测试不能仅局限于在裸机虚拟化环境中执行数据包转发操作，而必须包括不同的工作负载和系统配置。

未来的测试流程将侧重于模拟更复杂的工作负载配置文件，其中包括服务质量测试流程。英特尔、戴尔和 Red Hat 将继续合作开发面向电信市场的运营商级 NFV 解决方案。

通过密切合作，我们三家公司开发出了强大的 Dell NFV 平台，它基于商用硬件和使用 Red Hat 组件的增强型软件堆栈。测试数据表明，这一平台符合各种行业领域的服务要求，包括电信行业。

“戴尔和英特尔与 Red Hat 合作多年，共同为世界各地的企业客户提供开源创新。如今，Red Hat Enterprise Linux OpenStack Platform 已成为业界领先的平台，非常适合希望利用 NFV 改造企业并以前所未有的速度为客户提供新服务的通信服务提供商。通过与戴尔和英特尔合作开展 OpenStack 和 NFV 计划，我们正在为希望利用 NFV 改造企业并以前所未有的速度为客户提供新服务的通信服务提供商提供运营商级解决方案。

— Darrel Jordan-Smith, Red Hat 销售副总裁

有关英特尔 ONP 的更多信息：

www.intel.com/ONP

了解戴尔打算如何借助 NFV 将如今的基础设施转变为未来的增长引擎：

www.dell.com/en-us/work/learn/tme-telecommunications-solutions-telecom-nfv

有关戴尔和 NFV 的更多信息，请联系：

Ask_NFV_PLM@Dell.com

有关戴尔和 Red Hat 之间战略联盟的更多信息：

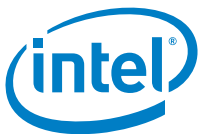
<https://www.redhat.com/en/partners/strategic-alliance/dell>

下载面向 NFV 和 SDN 的英特尔 ONP 服务器参考架构：

www.01.org

了解关于英特尔 Network Builders 的更多信息：

<https://networkbuilders.intel.com/>



¹ “英特尔 ONP 服务器参考架构 ETSI NFV 框架。” <http://images.tmcnet.com/online-communities/nfvessentials/images/NFV%20Everywhere%20Workshop%202015-SEPT-2015%20-%20Intel%20ONP%20V01.pdf>

² “网络功能虚拟化 (NFV)；架构框架。” http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/002/01.01.01_60/gs_NFV002v010101p.pdf

英特尔技术特性和优势取决于系统配置，并可能需要支持的硬件、软件或服务得以激活。请咨询您的系统制造商或零售商。

本文所提供之信息均与英特尔® 产品相关。本文件不构成对任何知识产权的授权，包括明示的、暗示的，也无论是基于禁止反言的原则或其他。除英特尔产品销售的条款和条件规定的责任外，英特尔不承担任何其他责任。英特尔在此作出免责声明：本文件不构成英特尔关于其产品的使用和/或销售的任何明示或暗示的保证，包括不就其产品的 (i) 对某一特定用途的适用性、(ii) 适销性以及 (iii) 对任何专利、版权或其他知识产权的侵害的承担任何责任或作出任何担保。除非经过英特尔的书面同意认可，英特尔的产品无意被设计用于或被用于以下应用：即在这样的应用中可因英特尔产品的故障而导致人身伤亡。

英特尔有权随时更改产品的规格和描述而无需发出通知。设计者不应信赖任何英特尔产品所不具有的特性，设计者亦不应信赖任何标有“保留权利”或“未定义”说明或特性描述。对此，英特尔保留将来对其进行定义的权利，同时，英特尔不应为其日后更改该等说明或特性描述而产生的冲突和不相容承担任何责任。此处提供的信息可随时改变而无需通知。请勿根据本文件提供的信息完成一项产品设计。

文中所述产品可能包含设计缺陷或错误，已在勘误表中注明，这可能会使产品偏离已经发布的技术规范。这些缺陷或失误已收录于勘误表中，可索取获得。在发出订单之前，请联系当地的英特尔营业部或分销商以获取最新的产品规格。索取本文件中或英特尔的其他材料中提的、包含订单号的文件的复印件，可拨打 1-800-548-4725，或访问 www.intel.com

*其他的名称和品牌可能是其他所有者的资产。

© 2015 英特尔公司版权所有。英特尔、英特尔标识是英特尔公司在美国和其他国家的商标。

1115/NU/MESH/PDF 333516-002CN