



利用英特尔® 架构 CPU 打造下一代端局机房

作者 摘要

Rory Browne
Paul Mannion
Eoin Walsh

英特尔公司

本白皮书介绍了通信服务提供商 (CoSP) 当前正出于何种考虑, 通过何种方式实施边缘网络转型, 依托英特尔® 基础设施, 以更高的灵活性和效率加快服务交付速度。

执行概要

通信服务提供商在寻找提高灵活性、发现并实施新商业模式和降低成本的方法时, 不断在软件定义网络 (SDN) 和网络功能虚拟化 (NFV) 方面发力。而在 SDN 和 NFV 领域的发展, 反过来又推动着通信服务提供商传统端局机房 (Central Office, CO) 边缘演进方法的重大变革。

2012 年 11 月, 欧洲电信标准协会 (ETSI) 成立了由运营商主导的 NFV 行业规范组 (ISG), 以 SDN/NFV 为中心的网络转型自此拉开序幕。¹ 在那些最初定义的 NFV 用例中, 有很多是基于已有功能和服务的, 这些功能和服务可以作为虚拟网络功能 (VNF) 托管在运营商边缘网络中, 例如:

- 内容分发网络虚拟化 (vCDN)
- 用户端设备虚拟化 (vCPE)
- 固定接入网络虚拟化
- 移动核心网络虚拟化
- 无线接入网络虚拟化 (vRAN)
- 流量分析、优化和安全网络功能虚拟化

上述每种方案都提供了相应的应用场景, 使得在通信服务提供商边缘托管相关 VNF 服务能发挥出位置 (边缘) 优势。让功能或服务更贴近最终用户的优势包括: 提高网络弹性, 降低延迟和抖动, 降低通信服务提供商核心网络负载, 及促进新服务、新业务伙伴关系和新收入模式的形成。

有关方面已经开始实施各种相关计划, 对控制平面与用户平面分离 (CUPS) 和端局机房重构为数据中心* (CORD*) 等实现边缘分布的技术进行规范和标准化。Broadband Forum* (宽带论坛) 在固定网络方面, 第三代合作伙伴计划 (3GPP) 在移动网络推动 5G 标准化方面都做着同样的努力。NFV/SDN、CUPS 和 CORD 的结合极大地促进了固定网络和移动网络的融合, 实现了关于单一融合网络的承诺。这些举措对于 5G 网络非常重要。鉴于成本压力和 5G 对于技术的严格要求, 这种融合已成大势所趋。

目录

摘要.....	1
执行概要.....	1
1 电信网络转型.....	2
1.1 成本和竞争是变革的推动力.....	2
1.2 向以软件为中心的分布式融合网络演进.....	2
1.3 向可编程网络演进.....	4
2 演进的网络架构.....	4
2.1 以软件为中心的网络的优点.....	4
2.1.1 灵活的服务配置.....	4
2.1.2 快速的服务配置.....	4
2.1.3 基于 IT 的新网络成本模型.....	5
2.2 控制平面与用户平面分离.....	5
2.3 边缘部署.....	7
2.3.1 网络服务要求.....	7
2.3.2 技术驱动因素.....	7
2.3.3 NGCO 和合作机会.....	7
2.4 5G 和固定移动融合.....	8
3 网络技术.....	9
3.1 传统网络平台.....	9
3.2 英特尔® 架构的网络平台.....	10
3.3 芯片适用性.....	10
3.4 面向 NGCO 的高级英特尔® 架构网络技术.....	12
4 结论.....	12
术语表.....	13
平台参考.....	14
引用的资源.....	15
更多资源.....	16

为了满足以软件为中心的新网络范式的需求，通信服务提供商可对传统设备进行升级，使之更具可配置性和可编程性。支持像 P4 (programming protocol-independent packet processors, 编写协议无关的包处理器) 这类专用网络芯片编程语言的新型和传统硬件也正在成为实现此类编程能力的主力军。与此同时，除通过更灵活的软件许可模式为企业提供所需的灵活性、代码可移植性及更低的成本外，为满足硬件设备对于网络功能的需求，行业标准服务器的功能也在稳步提高。

本文立足这一技术发展趋势，探讨了英特尔在下一代端局机房 (NGCO) 中扮演的角色。NGCO 是支持 SDN 和 NFV 的通信服务提供商基础设施。此种架构设计旨在提供敏捷的有线或移动网络基础设施以及相关的服务交付。业界在全新英特尔® 至强® 可扩展处理器上见证的 VNF 性能再次证明了这是 5G 和固定边缘网络演进的理想选择。

1 电信网络转型

SDN 和 NFV 的发展、云服务的日渐普及，外加即将到来的早期 5G 架构，正在推动通信服务提供商从根本上改变其计划、部署和管理基础设施的方式。这种网络演进的一个结果是诞生一种基于开放平台的网络生态系统方法，以全新方式推出新的业务模式，与基于互联网 (OTT) 的服务提供商及其他垂直行业建立合作关系。

1.1 成本和竞争是变革的推动力

与过去几年不同，如今以宽带为主的移动流量正逐渐与收入增长脱钩。用户支付的流量服务费用降低导致收入增长停滞，但为支持流量增长而在容量、覆盖范围以及服务质量升级等方面所做的投入却在快速增加，其速度超过了收入增长预期。据报，传统通信设备价格以每年 10%-15% 的速度下降，而流量增长却保持在每年 30% 的水平。² 因此，通信服务提供商现在必须寻找降低成

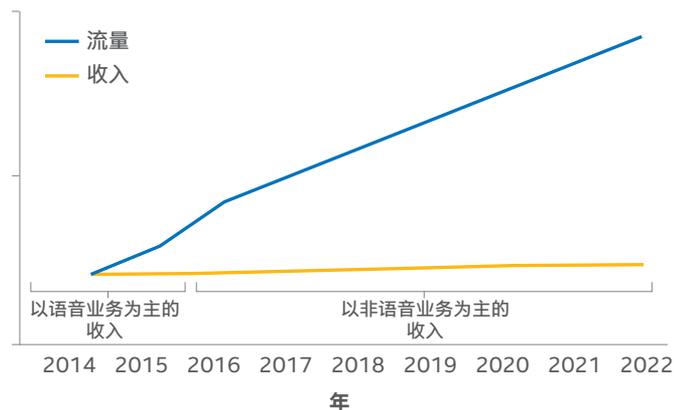


图 1. 流量增长³与收入趋势⁴

本和建立新服务的备选方法，以便能够快速有效地探索或发展新的服务和收入来源。

除了收入下降的压力，通信服务提供商还面临着来自 OTT 服务提供商的挑战，二者在利润可观的互联网服务领域的竞争日益加剧。谷歌* 发布的 Project Fi*⁵ 意味着谷歌有意进入网络服务配置市场。Facebook* 的 TIP*⁶ 项目则具有明确的 OTT 趋势，意在联合其他企业合作开发新技术，检验新业务方法，刺激电信领域的新投资。谷歌与 RailTel* 的合作以及 Facebook 推出的 Express Wi-Fi 计划更是支持在缺少移动网络连接的地区实现互联网访问。而像 OneWeb*⁷ 这样的新进入者计划于 2019 年发射卫星，实现在全球范围内提供高速宽带的目标。这些公司依托云基础设施中的软件来开发解决方案和 OTT 托管服务，为客户提供快速的服务发布和更新。在这种模式下，网络仅仅是向目标客户交付服务的管道。为此，通信服务提供商必须重新定义和转变自身在提供新基础设施和服务及现有基础设施和服务时的方式，以便能够在这种新秩序下与 OTT 服务提供商开展竞争。

通过采用软件可编程网络，通信服务提供商能够从更具战略意义的角度来考虑什么情况下与这些对手合作、什么情况下展开竞争，同时也能够进行改革，调整内部组织、程序、运营支持系统 (OSS) 和客户参与模型。这样，通信服务提供商就能实现数字服务领域所需的自动化 (以降低成本和提高效率) 和服务敏捷性。

1.2 向以软件为中心的分布式融合网络演进

自 ETSI 于 2012 年发布 NFV 白皮书以来，业界的标准制定活动一直致力于将技术承诺变为现实。目前多项标准化工作都在进行中：Broadband Forum 着眼于固定网络，3GPP 着眼于无线网络，其他联盟着眼于以 NFV/SDN 为中心的网络架构 (比如 CORD) 的多个方面。这些标准彰显出业内对于相关问题的看法已趋于成熟，同时表明通信服务提供商和供应商愿意改变通信服务提供商的边缘和端局机房环境以实现这些灵活的新服务交付范式。

图 2 所示为一些组成分布式架构的关键虚拟化组件。分布级别因网络支持的服务而异。我们预计移动基础设施将被分发到中间一英里站点，助力实现持续可观的流量复合年增长率。对于延迟非常低的应用，移动用户平面将直接分发到最后—英里站点或靠近基站本身。另一个新兴的变革力量是宽带有线基础设施的持续升级，其中通信服务提供商正不断将光纤光缆推向家庭或路边 (FTTH/FTTC) 场景。与此同时，传统铜缆端局机房 (CO) 正在“消失”，也就是说，它正在被主要基于无源光网络 (PON) 的光纤馈电的端局机房所取代。这些设施的覆盖面远远超过铜缆端局机房，使得为客户提供服务所需的端局机房数量得以减少，因而只需更少的分布式端局机房即可为特定数量的人群提供服务。

不断演进的电信架构的主要特征

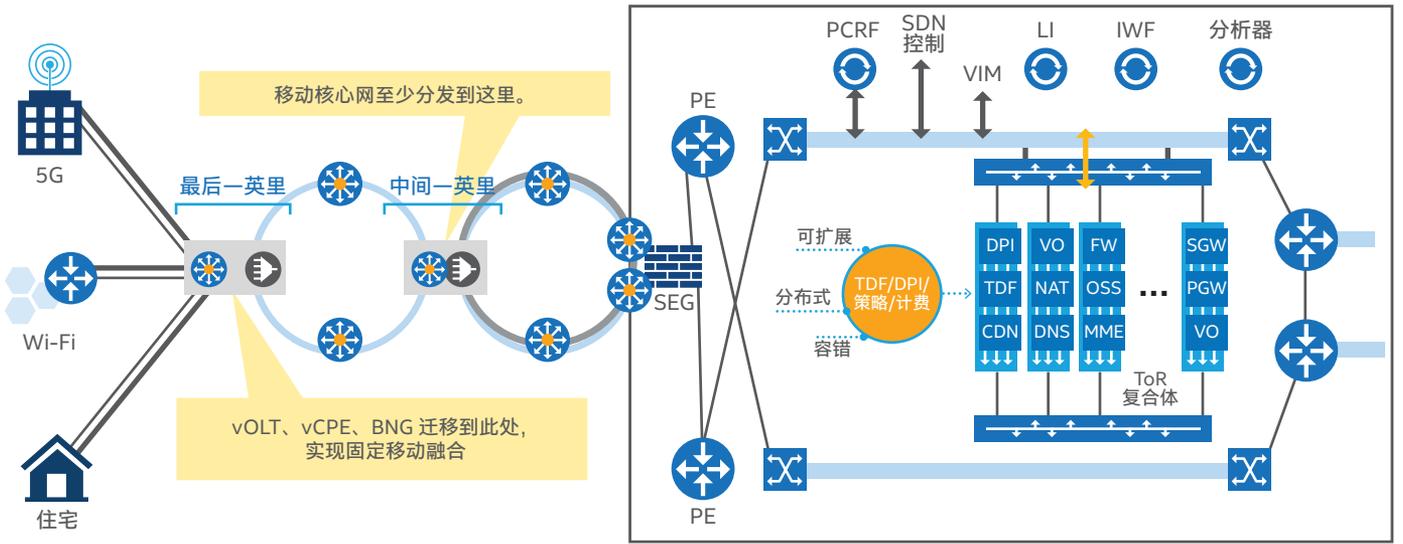


图 2. 电信架构的演变

这些新的端局机房还融合了新的宽带无线技术，以启动固定无线接入 (FWA) 承载来提供最后一英里服务，作为 5G 和 PON 升级的补充。

除了上述这些举措之外，许多通信服务提供商还在积极推行 CUPS (支持 VNF 数据平面和用户平面单独虚拟化) 和 CORD，并将改变节点功能的设计方式以及构建和编排站点的方式。这些努力相当于是以大量移动部件推动了网络基础设施的变革。

固定网络通信服务提供商正在采用分离网络。在这些网络中，防火墙、宽带网络接入网关 (BNG) 或会话边界控制器 (SBC) 等网络功能均独立于实现数据平面中传输数据包转发的硬件。

类似的服务分离也发生在由 5G 主要用例驱动的无线网络中，以增强关键应用的宽带，实现超低延迟和可靠通信，形成可扩展的机器对机器 (M2M) 通信。另外，5G 的回程要求还需要广泛部署在吞吐量、延迟、抖动和同步方面有着相当高服务质量 (QoS) 要求的基础设施。

这一切都会导致网络边缘发生融合，因此各个地区的通信服务提供商都在探索网络边缘和最后一英里的固定移动融合 (FMC) 基础设施。在这个跨通信服务提供商、电信设备制造商 (TEM) 和芯片制造商的新架构中，大家都在争夺话语权。下一代端局机房 (NGCO) 的概念已经出现，它是一个以光纤为主的端局机房，将支持固网和移动运营商，并且能够为更多用户提供服务。NGCO 在实施功能时将更加注重以软件为中心，这使 NGCO 能够部署更为灵活的新服务。NGCO 旨在充当本地边缘数据中心，与传统的集中式数据中心相比，它的占地面积更小且功耗更低。

下方图 3 所示为英特尔® NGCO 迷你数据中心架构。它由行业标准服务器、标准存储和交换基础设施组成。作为 NGCO 参考设计的一部分，英特尔将在同一个复合体架构中启用移动演进分组核心网 (EPC)、BNG 和电缆调制解调器终端系统 (CMTS) 等多种网关类型，在灵活运用裸机、虚拟机和容器组合的基础上，满足 NGCO 的 FMC 交付要求。这种迷你数据中心也将实现相关的服务交付，而且同样是使用行业标准服务器。

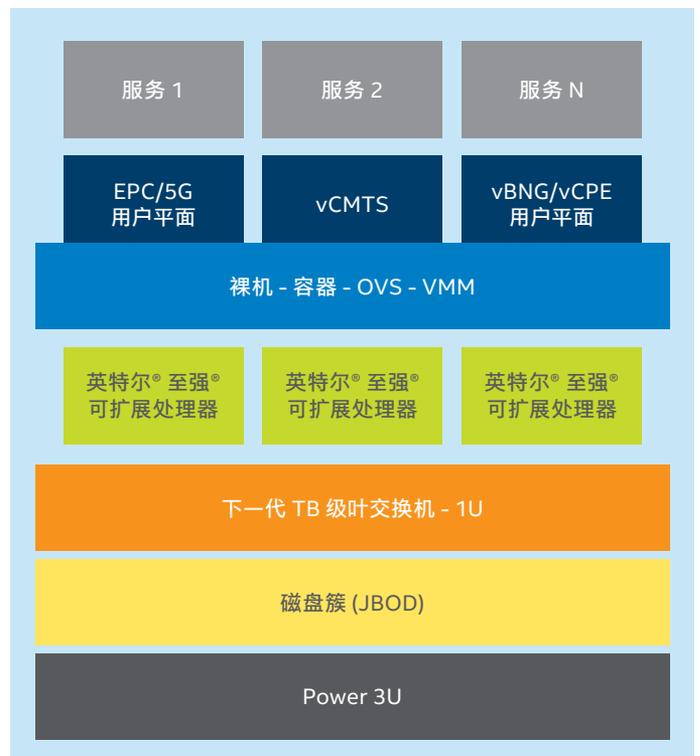


图 3. 英特尔® NGCO 迷你数据中心架构

1.3 向可编程网络演进

随着新网络架构的进步，传统网络设备提供商正在采用可配置性更高、可编程性更强的虚拟化架构，这些架构可根据需要来支持 CUPS、SDN 和新服务。

与此同时，基于现场可编程门阵列 (FPGA)、网络处理单元 (NPU) 或支持 P4 等网络编程语言的其他专有可编程专用集成电路 (ASIC) 的新型高度可编程解决方案也正在涌现。P4 (编写协议无关的包处理器) 是许多芯片供应商都支持的开源域数据包转发编程语言。⁸ 此类编程语言比传统的 ASIC 设备更具灵活性，虽然仍要针对每种所需的技术编译网络应用，但无需额外的芯片开发周期，即可完成新的用户平面封装、元数据和行为的编程。

不过，事实表明，由运行在行业标准服务器上的软件实现的网络功能虚拟化技术，其增长更快、采用率更高。NFV 解决方案提供了极高的灵活性、可扩展性和代码可移植性 (生态系统)，性能也一直在稳步提升 (如第 3.3 节所述)，因此这些服务器的吞吐量能够成为边缘 NGCO 部署的理想选择。

2 演进的网络架构

2.1 以软件为中心的网络的劣势

随着业界在 NFV 方面获得的经验日益增多，通信服务提供商认识到，以软件为中心的方法所提供的灵活性使得单边网络功能虚拟化基础设施 (NFVI) 平台能够满足固网和无线网络的消费者、家庭和企业客户群多样化的新服务需求。与此同时，通过使用这种以软件为中心的方法，通信服务提供商还能够快速部署新的服务，包括用于市场测试的本地化部署，将失败和后续取消服务的成本降得更低。

2.1.1 灵活的服务配置

分布式网络提供了更灵活的服务配置方法。例如，随着物联网设备数量的增加，它们受到安全攻击的可能性也在增加。最近的分布式拒绝服务 (DDoS) 攻击表明，大规模 DDoS 攻击可能会产生过多的流量并威胁网络的稳定性。⁹ 在网络边缘防止这种攻击有巨大的好处，因为可以将恶意攻击拦截在门外，避免增加核心或网外服务负载和造成中断。分布式 NFV 安全应用非常适合确保网络边缘的安全。例如，可以配置和部署 DDoS 拦截过滤器以在几秒钟内抵消攻击。通过将安全实施转移到边缘 NFV，这种方法还可以降低新应用和新设备的安全防护难度。¹⁰

对于企业客户而言，vCPE 用例被视为一个具有计算能力和远程部署灵活性的平台，支持通信服务提供商在提供核心网络服务之外销售防火墙、入侵防御、WAN 加速、统一通信等可选服务。这些服务均属于计算密集型，因此非常适合作为 VNF 在软件中实施。这种方法为托管服务追加销售提供了一种更为经济的“先试后买”方案，使得部署网内服务试用捆绑包的成本显著降低，并且不需要为了新服务进行昂贵的用户端设备 (CPE) 升级和现场访问，同时还缩短了创收时间。

在移动网络中，vEPC/v5GCN (虚拟化移动演进分组核心网/虚拟化 5G 核心网络) 将有助于在网络边缘提供附加功能和服务，并通过远程升级这些 VNF 实现网络无缝过渡到 5G。之后，增强现实 (AR)/虚拟现实 (VR)、触觉互联网、自动化和互联汽车等延迟非常低的应用便可以随时随地按需进行配置。

在网络边缘配置动态服务的另一个显著优势是在网络中断期间在本地部署所需的服务并确定优先级，从而提高网络弹性。在基础设施可能遭到破坏的灾区，这一点尤为重要。事实上，分布式 NFV 网络的固有弹性是 NFV 计划的关键催化剂。

另外，配置灵活性还使得提供商能够根据一天中不同时段的不同需求，对相同的 NFVI 资源进行灵活配置：例如，随着客户使用数据的地点从郊区的家中 (宽带) 转移到城市的工作单位 (移动)，然后一天结束后再次回到家中，宽带网络接入网关 (BNG) 和移动演进分组核心网 (EPC) 网关之间进行动态切换。在客户于家中观看流媒体视频的晚间时段，通过远程将新 VNF 实例化来增加郊区 BNG 资源，而在郊区固网负载较低的白天，将资源又重新分配给 EPC。

2.1.2 快速的服务配置

SDN/NFV 还有助于提高从客户订购服务到服务完成配置整个流程的效率。目前，通信服务提供商正在通过整合 SDN 控制器和 NFV 管理和编排 (MANO) 堆栈来转变操作支持系统 (OSS) 和业务支撑系统 (BSS)，在软件中快速创建新服务，从而为客户提供即时订购门户。这种自动化和自适应水平使通信服务提供商能够将服务配置从大部分手动完成特定硬件储备或订购及 OSS 控制器配置的人工过程转变为更加自动化的远程服务配置流程。

目前，要在固定网络中配置数据、语音和视频等消费者服务和 VPN 等企业服务，通常涉及在多业务边缘路由器上配置不同类型的服务功能。BNG 通常提供家庭宽带互联网服务，而提供商边缘路由器 (PE) 则通常连接企业各处设施，通过运营商的多协议标签交换 (MPLS) 网络为企业提供全球 VPN 连接。

转向边缘托管的 VNF 可以让运营商更灵活地配置此类服务。例如，农村非商业地区只需 BNG 部署，而在城市或商业中心，需要部署 BNG 满足城镇居民的需求，部署额外的 PE 功能来提供必要的企业服务。在行业标准服务器上部署虚拟化 BNG 和 PE 服务能够带来成本和时间方面的优势，这些服务器的性能范围适用于边缘部署，能够提供极高的灵活性并且可以针对多种服务重复使用硬件。相同的 BNG 或 PE 路由器 VNF 可以在任何位置的任何标准英特尔® 架构平台上运行，从而搭建可移植性和可扩展性极高的架构。

类似地，在移动网络中，消费者和企业服务通常要经过不同的网络功能。消费者流量要经过深度包检测 (DPI)、视频/Web 优化和运营商级网络地址转换 (CGNAT) 等 Gi-LAN 功能，而企业流量则通常要经过 VPN 功能。这些 VNF 按照固定域的需要进行部署。

即将到来的 5G 网络将需要处理高数据吞吐量和低延迟，因此使用分布式网络架构和将一些核心网络功能托管在边缘是必不可少的。在边缘部署的 VNF 适合处理移动用户所需的灵活性和动态服务配置。在企业和服务流量之间共享资源并根据特定位置和一天中不同时间的需求动态地重新分配这些资源是有意义的，与使用专用设备相比，这减少了过度配置。

随着这一发展，相同的英特尔® 架构资源可以在服务于固网、住宅和企业服务的 VNF 之间动态共享。我们也看到 3GPP 和 Broadband Forum (BBF) 现在已开始进行类似标准化的技术研究。

2.1.3 基于 IT 的新网络成本模型

采用基于软件的网络服务让通信服务提供商有机会研究基于使用量或“follow the sun”的企业许可模式。在这个模型中，通信服务提供商购买服务和扩展设备时不是采用传统的资本支出驱动的

预算模型，而是采用更倾向于基于使用量的运营支出模型，这样做能够更好地与收入预测保持一致。NFV/SDN 允许通信服务提供商将软件与硬件分离，从而重塑供应商生态系统，实现更加优化的供应链。竞争加剧促使供应商在为联网 VNF 提供的许可类型方面必须更具创新性和灵活性。

新的软件许可模式已采用更精细的按升级付费模式或基于订阅的许可模式取代了传统的包含升级服务的永久许可，甚至可能包括硬件租赁，提供网络功能即服务模式。许可证规模的计量单位也从基于安装量的联网容量的许可模式，发展为基于实际使用、用户数量、交易，甚至是特定用例计费的许可模式。

这种方法为通信服务提供商提供了巨大的灵活性，他们可以挑选具有成本效益的许可模式，选出符合服务要求的供应商。

灵活的许可模式也可以直接惠及企业和消费者，因为他们可以根据想要的功能以及价位选择合适的服务和功能组合。

2.2 控制平面与用户平面分离

通过 NFV 可以更轻松地迁移到 CUPS 架构，在该架构中控制平面与对应的用户平面部署在不同的网络位置。5G 架构将在很大程度上依赖 CUPS 来分别构建可扩展的控制平面和数据平面。EPC 设备从 3GPP 版本 14 起就已支持 CUPS，允许在硬件用户平面和虚拟化控制平面之间进行混用和匹配。固网领域的 CUPS 标准化工作¹¹ 正在进行中，一旦完成，将支持在合适的节点处实现网络功能的虚拟化。例如，虚拟化控制平面可以在高负载时段内弹性扩展（例如中断后重新连接）而不受基于硬件的用户平面实施的约束。

移动网络中包转发引擎的服务分离如图 4 所示，固定网络中包转发引擎的服务分离如图 5 所示。在 VNF 实施过程中，网络功能与数据平面中实施数据包转发的硬件相互独立，并且可以在任何标准服务器或云中的任何位置运行。

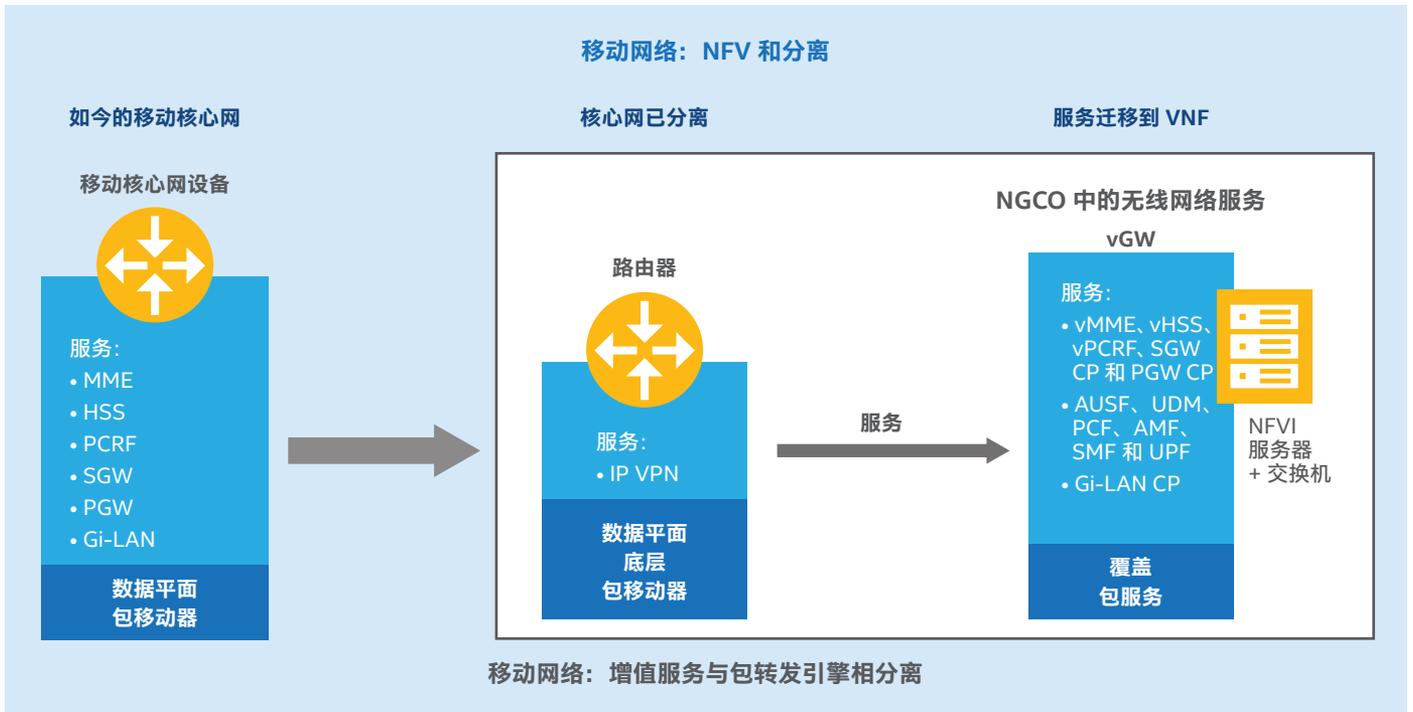


图 4. 4G 和 5G 移动网络中的服务分离

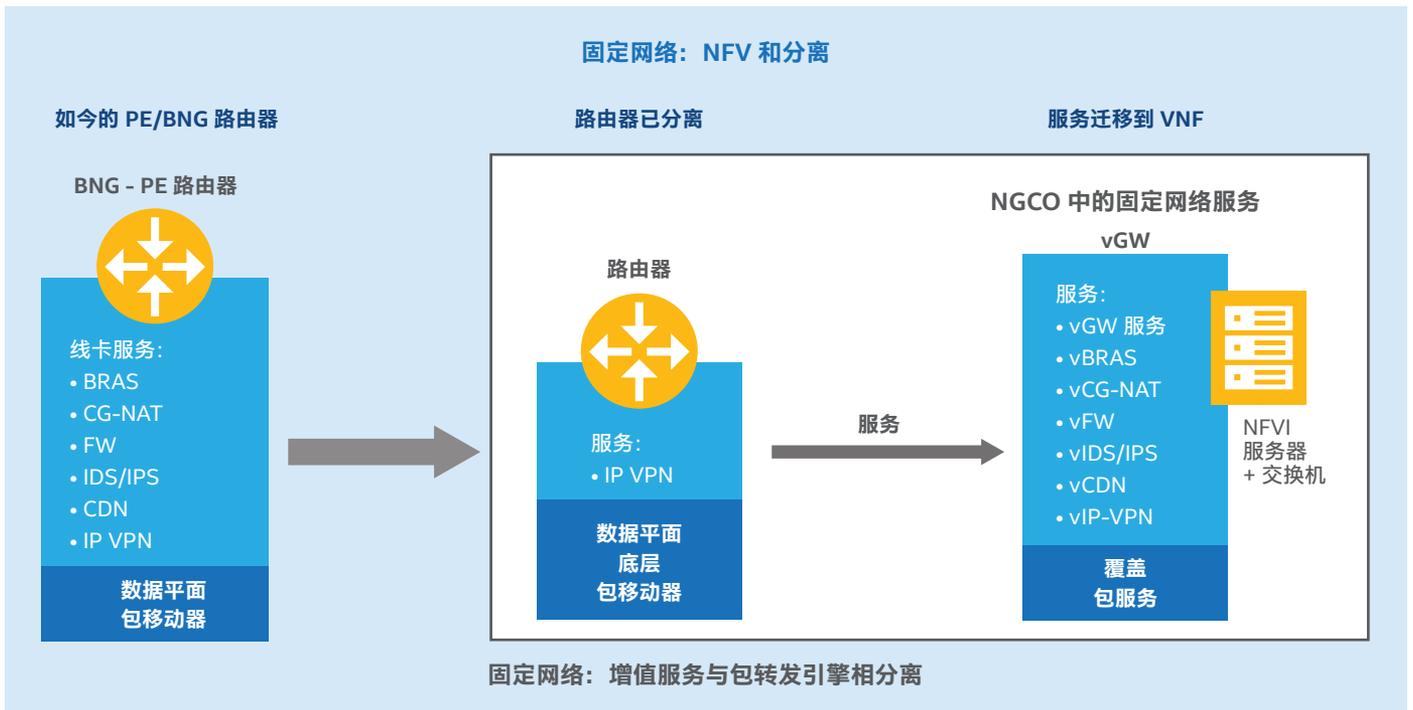


图 5. 固定网络中的服务分离

2.3 边缘部署

NFV 不仅让运营商可以将网络功能与硬件分离，还能将网络功能与位置分离。因此，可以根据需要经济高效地配置功能，包括 NGCO 或运营商网络内更深的位置（如有需要）。

2.3.1 网络服务要求

网络可靠性的提高是边缘网络部署的一个重要方面。根据目前的典型设备和服务正常运行时间要求，硬件冗余模型必不可少，要求以 1:1 或 1:N 的方式备份设备或刀片服务器，从而确保所有用户流量得到妥善保护。保护（软件和硬件）设备必须由同一供应商提供。从采购、占地和维护的角度来看，成本高昂。NFV 可实现更灵活的 N:1 或 M:N 应用冗余模型，其中 VNF（例如，vEPC）可实例化为托管在行业标准服务器上的备用软件实体，以便按照用户的情况，以更低的成本保护每个用户多个更加活跃的 VNF 实例。这种先进的冗余还可以在分层模型中实现，这样就可通过集中式 VNF 保护来为多个位于接入位置的 VNF 提供保护。如果发生故障，流量可以快速切换到备用 VNF 实例。具体情况请参见图 6。

灵活的边缘/NGCO 平台方法让通信服务提供商能够采用 SDN/NFV 实践方法来构建 ETSI ISG 成立时所设想的可扩展边缘企业、移动和家庭服务。这种方法支持在同一个边缘平台上部署用户平面（vCPE、vBNG 和 vEPC）、高级企业安全（虚拟防火墙（vFW）、入侵防御系统（IPS））、消费者安全（家长控制）和视频服务（vCDN）、虚拟机顶盒（即 vSTB）等所需的各种软件 VNF。

该方法的灵活性让通信服务提供商与 OTT/服务供应商共享收入成为可能，这些供应商需要接入这种关键网络支持基础设施，以改善服务的延迟或地理位置。

2.3.2 技术驱动因素

消费者需求推动了向 OTT 服务的迁移。即将到来的 4K 视频、不断增长的互联家庭/企业设备以及机器对机器（M2M）设备连接的预期增长，将推动固定网络和无线网络上的数据流量持续增长，复合年增长大约为 30%。¹² 为了应对这一巨大的流量增长，通信服务提供商计划将固网应用和无线应用的传统集中式功能迁移到边缘。这可以减少核心网络上的负载，使通信服务提供商能够分发内容，并可推出基于分布式架构的新服务。

例如在移动领域，EPC 用户平面已经迁移到城域网，如图 8（分布式边缘数据平面和服务）所示。由于需要支持大量流量，因此固定无线接入将进一步加剧这一趋势。此外，随着无线接入网络的虚拟化（vRAN）可行性不断增强，通信服务提供商也开始在最后一英里的位置部署 vRAN 基带单元。

同样，在固定网络中，FTTx PON 的大规模部署（vBNG）以及虚拟光线路终端（vOLT）和 vCPE 解决方案的日益普及也在推动这些功能迁移到最后一英里的位置。

2.3.3 NGCO 和合作机会

AT&T* 和亚马逊* 最近宣布扩展合作伙伴关系，使亚马逊云服务与 AT&T FlexWare* 边缘平台之间的互联更加简单和安全，以期帮助企业提高边缘计算部署的灵活性。

此外，AT&T 和亚马逊正在探索如何将亚马逊的 Greengrass 物联网* 平台引入到 AT&T FlexWare，以便为企业创造新的物联网商机。不难想象下面这种情况：在边缘分析、第三方 CDN、政府、公共安全、私人安全和游戏等多种领域内，通信服务提供商拥有的边缘 NFVI 借助位置邻近的通信服务提供商运营所提供的的应用编程接口（API），提供期待已久的双边收入模式以促进 OTT 协作。



图 6. 服务正常运行时间和 NFV-SW 冗余

重要的是，这可以让通信服务提供商摆脱其服务与传统供应商的硬件和 OSS 控制器紧密挂钩的模式，转向服务配置专用性更低且向更多独立和第三方软件服务供应商开放的模式，为创新提供更好的选择。

2.4 5G 和固定移动融合

通信服务提供商不仅希望在通用基础设施上托管单独的网络功能，更希望实现真正融合的固定和移动网络。为了保护通信服务提供商网络投资和创收能力，FMC 计划应运而生。随着我们在 5G 方面的投资越来越大，这对于通信服务提供商来说变得越来越重要。要实现这一点，通信服务提供商需要在固定网络和移动网络之间拥有通用凭证、策略和用户数据管理。这最终将导致 EPC (用于移动网络) 和 BNG (用于固定网络) 之间的控制平面

和用户平面互相融合。3GPP 和 Broadband Forum 已经开展了一个联合计划，约定了 FMC 标准化的时间框架，将在 3GPP 版本 15 中确定研究工作和在版本 16 中确定规范性工作。¹³ 这一高级别架构如图 7 所示。

基于 NFV/SDN 的以软件为中心的网络将实现资源共享，可避免固定网络和无线网络中的网络功能重复和各自的过度配置。新兴的 CUPS 架构支持在网络的任何层面进行融合。

然而，融合对于网络边缘很有利，既能满足基于业界标准服务器的 NFV 解决方案功能所需的性能要求，亦能支持全面虚拟化以实现极其灵活的架构。图 8 总结了向融合固定/5G 智能边缘的演进，其中分配了用户平面来实现服务。

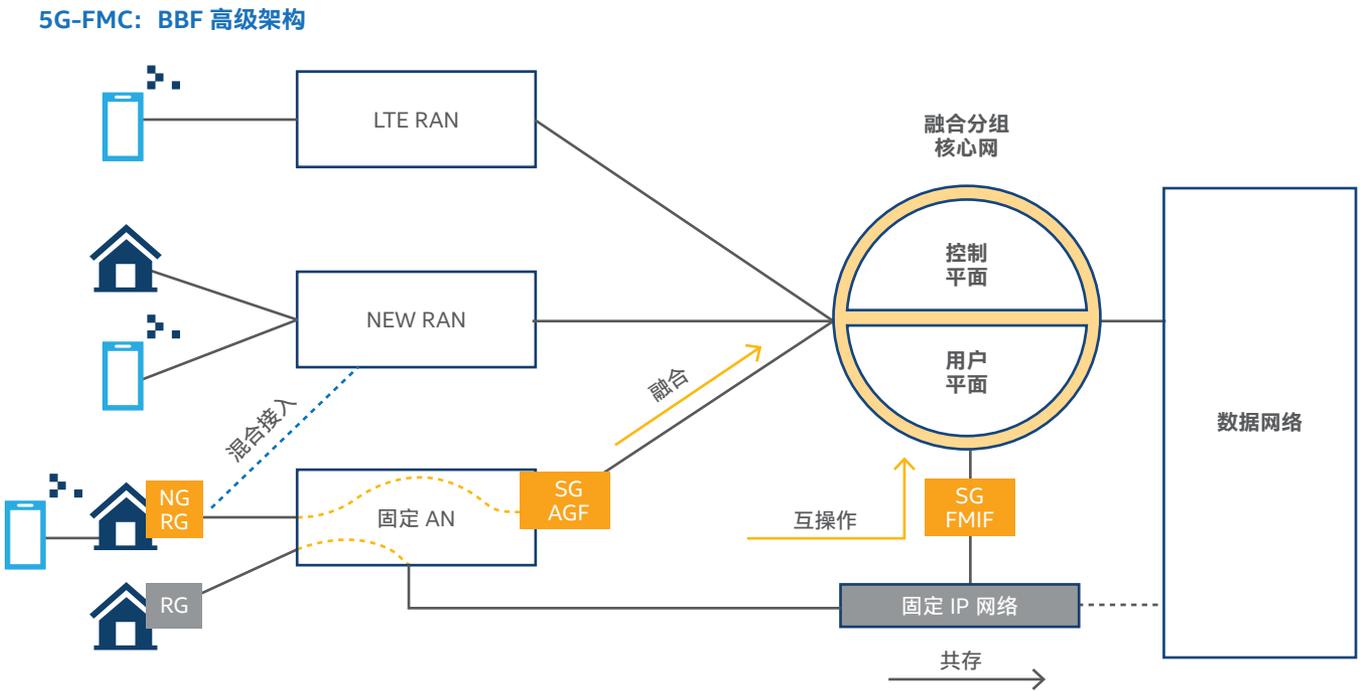


图 7. 拟定的 BBF/3GPP FMC 架构

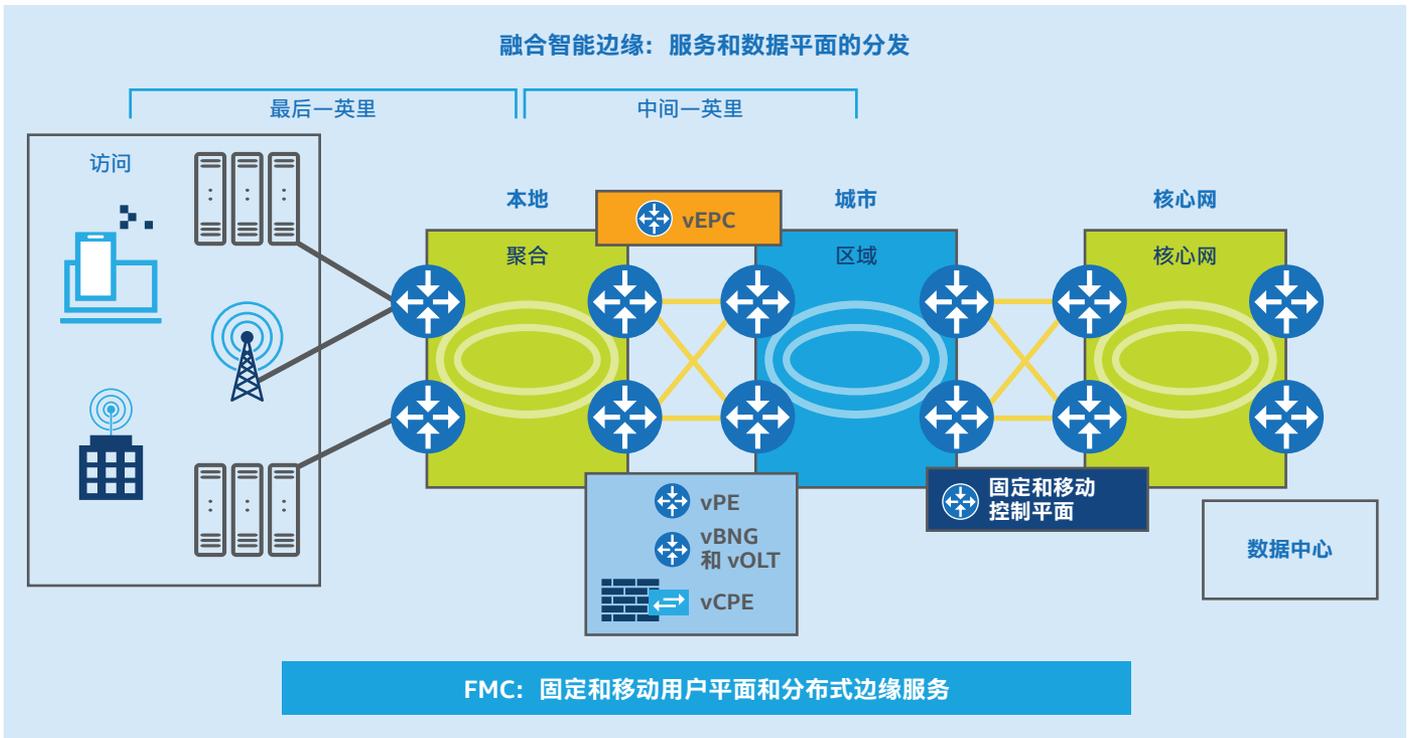


图 8. 分布式边缘数据平面和服务

3 网络技术

3.1 传统网络平台

基于专用 ASIC 或 NPU 的专用硬件网络平台通常是用户平面中的性能佼佼者，目前每个线卡实例达到 n 个 TB 吞吐量。在 6 到 9 个月的软件发布周期内，临时软件版本多数情况下可改进控制平面功能。但是，升级能力受到硬件平台的限制，因为软件和硬件之间存在如此紧密的耦合。服务创新与硬件开发周期直接相关，大约 24 到 36 个月的硬件开发周期拖慢了引入新服务的速度。在当前的商业环境中，通信服务提供商的竞争已经从小同小异的通信服务提供商转变为更灵活的互联网速度 OTT 提供商，这种缓慢的服务创新方式让通信服务提供商明显处于劣势。

传统的 ASIC 在设计、测试和制造方面价格昂贵。所需的开发技能集（例如寄存器传输级 (RTL) 设计和芯片验证）成本高昂且供应不足。同样，在软件开发中，掌握专有平台深厚知识的开发人员有限，这增加了软件开发的成本和所需时间。然后，这些前期开发和制造成本必须在整个产品生命周期中得到补偿，并且可能成为低销量产品的实质性价格驱动力。巨大的失败成本使得服务创新变得缓慢而昂贵。

这并不是说 ASIC 在下一代网络中没有容身之处。ASIC 可以始终用于固定功能传输领域，其中的传输协议栈（OSI 的第 1 层到第 4 层）已被充分理解/标准化并且汇聚交换速度是重要的技术选择因素。然而，因为新的竞争形势和对服务灵活性的需求，企业和面向消费者的服务（第 5 层到第 7 层）现在必须加速演进，而这些现象推动它们从主要的传输/交换功能中分解出来，以更合适的基于软件的方式实施。

P4 计划⁸旨在应对这一趋势，开发可在多种平台（包括基于 FPGA 和基于 NPU 的设备）上进行编译的统一网络编程语言。但是，P4 代码仍然需要针对每个硬件平台单独编译，即使在成熟的编程语言中，也难以避免平台之间出现编译器兼容性问题，而此类问题也会限制其可移植性。另外，对不同硬件特定映像的需求也将限制软件实例的恢复能力并增加资源管理的复杂性。

此外，对于应用感知安全性的需求（特别是随着安全边界分布到 NGCO 位置），将推动通信服务提供商在这些位置采用英特尔® 架构进行多服务平台部署，这是因为 (a) 它们对于那些位置而言性能完全足够，(b) 它们是真正可编程的，(c) 它们可以从核心到边缘一致地实施统一的安全策略，且 (d) 支持真正独立于硬件的生态系统不断发展。

3.2 英特尔® 架构的网络平台

随着 NFV 日趋成熟，虚拟化网络功能的性能不断提高。而且，随着对 NFV 的了解不断加深，虚拟化软件亦变得日趋先进和高效。同时，硬件性能也在不断提高，这不仅得益于摩尔定律的常规性能改进周期，也得益于行业标准服务器中新增的一系列网络硬件加速功能。VNF 的性能现在已达到一定的水平，使其成为在中小型负载站点（例如 NGCO 边缘站点）中部署的一个有吸引力的选择。

VNF 的优点很多。这种软件在不同服务器之间完全可移植，并允许在不同部署实例之间快速增加或减少，实现弹性很高的部署。升级周期很短，通常为三到六个月，可以持续升级服务和功能。它还允许软件和硬件供应商之间完全脱钩，从而减少对单一来源的依赖，并以更优惠的价格提高解决方案的灵活性。

此外，NFV 平台可以更高效地处理非对称流量，因为平台资源可以根据上行/下行流量需求动态分配，如图 9 所示。在有线和无线业务中，上行/上游和下行/下游业务之间存在不对称性。例如，日本移动网络的流量统计数据表明，上行链路和下行链路之间的流量比是 1:6.6。¹⁴ 固定网络的消费者流量比也是类似的，只有企业流量接近对称。在传统的基于 ASIC/NPU 的设备中，分配的芯片资源在上行链路/下行链路吞吐量方面通常是固定的。在虚拟化解决方案中，可以根据需要将芯片资源（如 CPU 内核、RAM 等）分配和重新分配给任一方向的业务功能。

这种带宽和资源灵活性在试用新应用（例如新兴的增强现实/虚拟现实 (AR/VR) 服务）时也很有帮助，此时如果这些新应用突然被采用/接受，可能会迅速改变某个给定地区的上游/下游比率和流量吞吐量。

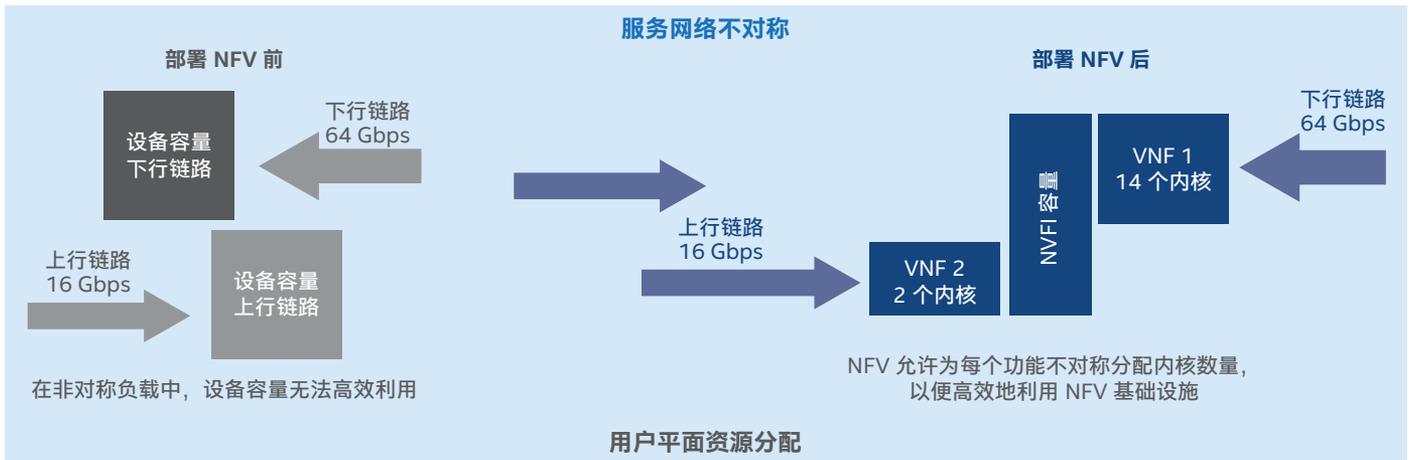


图 9. 用户平面资源分配

3.3 芯片适用性

在电信网络中，平台究竟适合采用哪种芯片取决于应用、吞吐量和部署位置，如图 10 所示。集中式核心部署需要非常高的吞吐量，但如果能够形成规模经济，则可以容忍较低的灵活性，而基于 ASIC/NPU 的传输结构可能更适合这些位置。相反，边缘位置需要支持较低的吞吐量，但需要极大的灵活性，以使用尽可能少的网络设备运行多种服务。基于英特尔® 架构的 NFV 是边缘位置的明智选择。

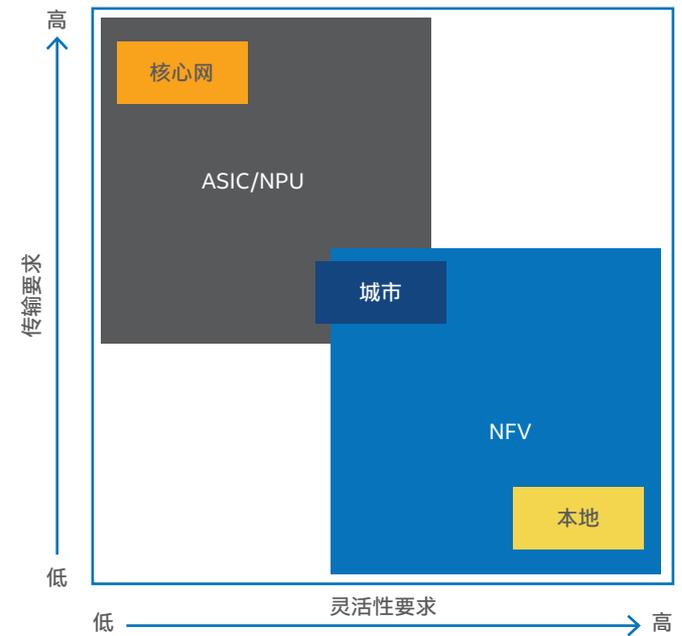


图 10. 原始传输结构对传输和灵活性的要求

在欧洲、中东和非洲地区/美国，现有的最后一英里边缘位置通常覆盖数百至数千用户¹⁵，在亚太地区人口密集的城市中心，这一数字更高。然而，铜缆替代趋势（即用光纤服务的端局机房代替传统铜线接入端局机房）正在延续着快速发展势头，将重新定义最后一英里 NGCO 的规模。光纤覆盖范围更大，这意味着最后一英里的站点数量会更少，因此本地 NGCO 将为更多的客户提供服务，可能达到数万名客户。对于大城市站点，服务的用户数量约为数十万用户。这两种情况下的流量都低于集中式部署方法。图 11 总结了 2017 年每个网络位置中固定和无线网络的典型用户数量及相应的预计流量规模。

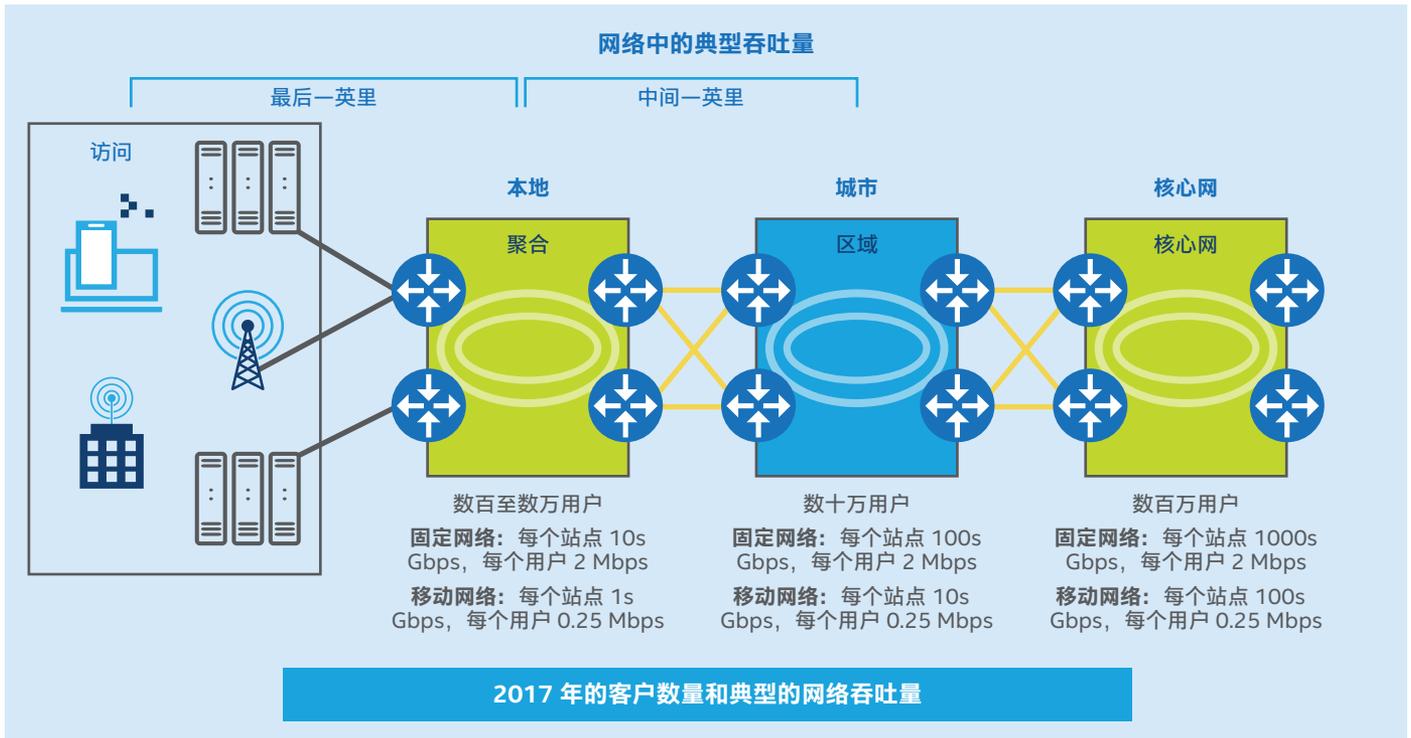


图 11. 2017 年的客户数量和网络吞吐量¹⁶

技术发展和新技术的出现使 NFV 解决方案的性能得到了极大提升。性能测试表明，NFV 已经能够支持固定和无线网络功能的最后一英里和中间一英里流量规模。实际的 vBNG 解决方案与边缘 BNG 需求之间的比较如图 12 所示，而 vEPC 解决方案与边缘 EPC 需求之间的比较如图 13 所示。在这两种情况下，NFV 解决方案在单台服务器上展现出了满足甚至超过最后一英里和中间一英里部署要求的出色性能，同时还能够支持在相同的硬件上灵活运行其他网络功能。

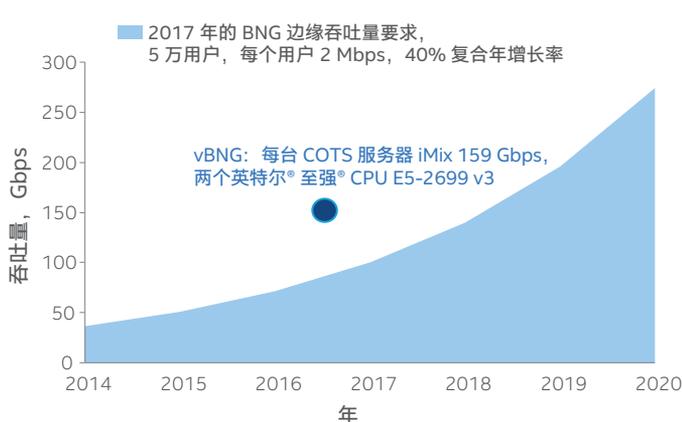


图 12. 边缘 BNG 要求与 NFV 性能¹⁷

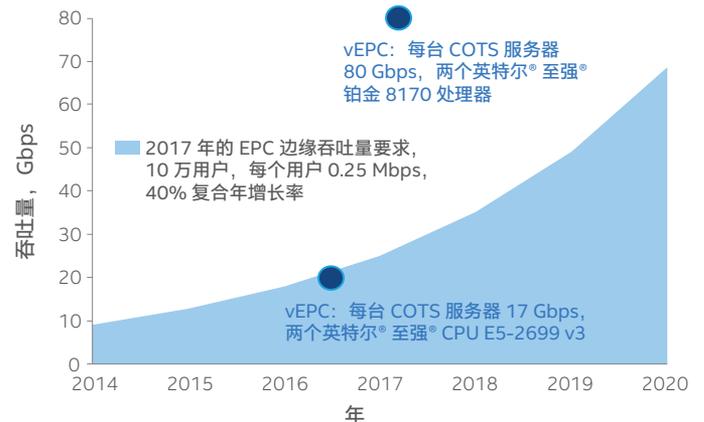


图 13. 边缘 EPC 要求与 NFV 性能¹⁸

3.4 面向 NGCO 的高级英特尔® 架构网络技术

英特尔® 架构和辅助技术不断添加和扩展高级技术，快速提升了 NFV 解决方案的性能。英特尔提供的部分技术包括：

- 利用数据平面开发套件 (DPDK)、轮询模式驱动程序 (PMD) 和动态设备个性化 (DDP) 等技术对负载均衡功能进行硬件加速。与软件负载均衡解决方案相比，这种方式可大幅提升性能。
- 为 VNF 数据包处理实施“运行至完成” (RTC) 模型，为网络提供了至关重要的实时处理功能。
- 使用硬件加速数据包转发，如单根 I/O 虚拟化 (SR-IOV)。
- 平衡的 I/O 系统，可以更快地发现、配置和改进外围设备的性能，并确保双路服务器具备确定性行为和更高的使用效率。
- 使用英特尔® QuickAssist 技术 (英特尔® QAT) 内置的硬件加速加密/解密功能。
- 在网卡上添加 FPGA，使供应商能够实施创新的目标硬件加速技术来提升性能。

所有这些技术都允许采用基于英特尔® 架构的 NFV 解决方案来达到所需的性能级别，因而成为网络功能边缘部署的理想选择。

4 结论

通信服务提供商一直在推动重大网络转型，以实现更高的效率、灵活性和弹性，同时降低成本，发掘新的商业机会。这种转变正在演变出几种主要趋势：

- NFV/SDN，将网络转向以软件为中心的解决方案，支持高度灵活的动态服务配置，同时将软件与硬件分离并使供应链更加精简和高效。
- CORD 有力推动在边缘部署功能，以支持全新用例和业务模式。
- CUPS 将控制平面与用户平面分离，支持在合适位置以高效配置单独部署每个平面。
- 5G，支持多种新的移动用例，并为移动网络运营商带来新的机遇。
- FMC，将支持移动和固定网络之间的控制和用户平面完全融合，并使通信服务提供商能够借助新的用户服务保护投资和收入。

虽然传统的基于 ASIC 和 NPU 的网络平台可以提供非常高的吞吐量，但它们缺乏敏捷边缘部署所需的灵活性和可移植性。

英特尔在其架构中引入了大量新技术，以实现 NFV 性能的持续提升。因此，NFV 性能一直在稳步提升，其吞吐量性能现已能够支持行业标准服务器经济高效地在 NGCO 边缘部署网络功能。

NFV 具有更高的灵活性和可移植性，支持规模经济和全新功能，并能够带来以硬件为中心的解决方案无法实现的新商机，堪称边缘部署的理想选择。

[获取更多信息，了解如何就此核对清单中的下一代网络边缘解决方案展开对话和决策：制定通用用户端设备的商业案例](#)

术语表

术语	项目描述
AR/VR	增强现实/虚拟现实
ASIC	专用集成电路
BNG	宽带网络接入网关
CAGR	复合年增长率
CDN	内容分发网络
CGNAT	运营商级网络地址转换
CO	端局机房
CORD	端局机房重构为数据中心
COTS	商用现货
CPU	中央处理器
CoSP	通信服务提供商
CUPS	控制与用户平面分离
DDoS	分布式拒绝服务
DDP	动态设备个性化
DPDK	数据平面开发套件
DPI	深度包检测
EPC	移动演进分组核心网
ETSI	欧洲电信标准协会
FMC	固定移动融合
FPGA	现场可编程门阵列
FW	防火墙
FWA	固定无线接入
IPS	入侵防御系统
ISG	行业规范组
MPLS	多协议标签交换
NAT	网络地址转换
NFV	网络功能虚拟化
NFVI	网络功能虚拟化基础设施
NIC	网络接口控制器
NPU	网络处理单元
PE	提供商边缘路由器
PMD	轮询模式驱动程序
OLT	光线路终端
OSS	运营支持系统
OTT	基于互联网的服务
RAN	无线接入网络
RSS	接收方调整
RTC	运行至完成
RTL	寄存器传输级
SDN	软件定义网络
SR-IOV	单根 I/O 虚拟化
STB	机顶盒
TEM	电信设备制造商
VIM	虚拟基础设施管理器
VM	虚拟机
VNF	虚拟网络功能

平台参考

Light Reading* 提供的参考平台 EANTC*-Nokia* 测试报告

Datapath VM

处理器 (类型, 时钟速度)	英特尔® 至强® CPU E5-2699 v3 @ 2.30GHz (18 核)
内存 (KB)	65934776
NIC	4 个英特尔® 以太网服务器适配器 X520-2 (82599 芯片组)
PCIe* 版本	PCIe 2.0 x8

控制 VM

处理器 (类型, 时钟速度)	英特尔® 至强® CPU E5-2687W v3 @ 3.10GHz (10 核)
内存 (KB)	131998316
NIC	4 个英特尔® 以太网服务器适配器 X520-2 (82599 芯片组)
PCIe 版本	PCIe 2.0 x8

SAEGW (OAM、LB 和 MG VM)

硬件	惠普* C7000 刀片系统
刀片类型	ProLiant* BL460c Gen9 Server 刀片
互连托架	6125XLG 刀片式交换机
处理器 (类型, 时钟速度)	2 个英特尔® 至强® CPU E5-2680 v3 @ 2.50GHz (12 核)
内存 (GB)	128
NIC	惠普以太网 10Gb 2 端口 560FLB
PCI 夹层卡	惠普以太网 10Gb 2 端口 560M

ePDG 的 MG

处理器 (类型, 时钟速度)	英特尔® 至强® CPU E5-2699 v3 @ 2.30GHz (18 核)
内存 (KB)	65934776
NIC	4 个英特尔® 以太网服务器适配器 X520-2 (82599 芯片组)
PCIe 版本	PCIe 2.0 x8

用于 ePDG 的 LB 和 OAM

处理器 (类型, 时钟速度)	英特尔® 至强® CPU E5-2687W v3 @ 3.10GHz (10 核)
内存 (KB)	131998316
NIC	4 个英特尔® 以太网服务器适配器 X520-2 (82599 芯片组)
PCIe 版本	PCIe 2.0 x8

主机上运行的软件

主机操作系统和内核版本	CentOS* Linux* 版本 7.0.1406 (内核) 3.10.0-123.9.3.el7.x86_64
Libvirt 版本	libvirt-1.2.17-13.el7_2.2.x86_64
QEMU/KVM* 版本	qemu-kvm-ev-2.1.2-23.el7_1.8.1.x86_64

引用的资源

- ¹ https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf
- ² 请参阅 IHS Telecom Trends and Drivers H1 '17 (2017 年上半年 IHS 电信行业趋势和驱动因素) 第 13 页 <https://technology.ihs.com/589822/telecom-trends-drivers-market-report-regional-h1-2017>
- ³ <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>
- ⁴ <https://www.gsma.com/>
- ⁵ <https://fi.google.com/about/>
- ⁶ <https://telecominfraproject.com/>
- ⁷ <http://oneweb.world/>
- ⁸ <https://p4.org/>
- ⁹ 请参阅 <https://blogs.akamai.com/2016/10/620-gbps-attack-post-mortem.html> 和 <https://dyn.com/blog/dyn-analysis-summary-of-friday-october-21-attack/>
- ¹⁰ <http://ieeexplore.ieee.org/document/7945849/>
- ¹¹ <https://www.broadband-forum.org/standards-and-software/major-projects/cloud-central-office>
- ¹² 请参阅 Cisco VNI 2015-2026 (思科可视化网络指数 2015-2026) <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>、<http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf> 和 <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html#MeasuringMobileIoT>
- ¹³ <http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1287-3gpp-and-the-broadband-forum-collaborate-on-fixed-mobile-convergence-standards>
- ¹⁴ https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2370-2015-PDF-E.pdf
- ¹⁵ <https://www.fcc.gov/internet-access-services-reports>
- ¹⁶ 图 11 的吞吐量和用户数量基于英特尔对所有主要地理位置的多个一级通信服务提供商进行的访谈。
- ¹⁷ 2017 年 BNG 边缘吞吐量要求基于英特尔对所有主要地理位置的多个一级通信服务提供商进行的访谈，其中复合年增长率 40% 被选定为高复合年增长率，这是基于研究报告 IHS Telecom Trends and Drivers H1 '17 (2017 年上半年 IHS 电信行业趋势和驱动因素) 得出的 (请参见尾注 1)。

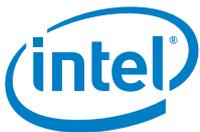
COTS 服务器的 159 Gbps 性能是基于 EANTC 和诺基亚进行的测试，在此测试中发现单个英特尔® 至强® 处理器 E5-2699 v3 的吞吐量可达到 79.5 Gbps。配置：请参阅“平台参考”部分。完整报告可在 <http://www.lightreading.com/ethernet-ip/new-ip/validating-nokias-ip-routing-and-mobile-gateway-vnfs/d/d-id/720902> 获取。
- ¹⁸ 2017 年 EPC 边缘吞吐量要求基于英特尔对所有主要地理位置的多个一级通信服务提供商进行的访谈，其中复合年增长率 40% 被选定为高复合年增长率，这是基于研究报告 IHS Telecom Trends and Drivers H1 '17 (2017 年上半年 IHS 电信行业趋势和驱动因素) 得出的 (请参见末尾注释 1)。

COTS 服务器的 17 Gbps 性能是基于 EANTC 和诺基亚进行的测试，在此测试中发现单个英特尔® 至强® 处理器 E5-2699 v3 的吞吐量可达到 8.5 Gbps。配置：请参阅“平台参考”部分。完整报告可在 <http://www.lightreading.com/ethernet-ip/new-ip/validating-nokias-ip-routing-and-mobile-gateway-vnfs/d/d-id/720902> 获取。

80 Gbps 性能基于爱立信进行的测试。模拟一个拥有 260 万移动宽带用户的无线接入网络，每个用户的平均速度为 15 kbps，平均包大小为 650 字节。配置：2 个英特尔® 至强® 铂金处理器 8170 处理器，2 个英特尔® 以太网融合网络适配器 x710 40 GbE。每个服务器运行 2 个 EPG VM，每个 VM 有 50 个 vCPU，并配备 32 GB RAM。有关更多信息，请参阅 <http://cloudpages.ericsson.com/virtual-epc-capacity-evolution>。

更多资源

- http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/001/01.01.01_60/gs_NFV001v010101p.pdf
- <http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1882-cups>
- http://about.att.com/story/att_expands_relationship_we_aws.html
- <https://arstechnica.com/information-technology/2016/02/netflix-finishes-its-massive-migration-to-the-amazon-cloud/>
- Accelerating NFV Proto Application with Fortville Flexible Hash Filter (通过 Fortville 灵活哈希过滤器提高 NFV 原型应用的速度), 作者: Andrey Chilikin 和 Xavier Simonart
- Data Center Solutions Intel® Ethernet Controller 700 Series Software Enhancements Dynamic Device Personalization (DDP): Tunnelled MPLS Use Case (数据中心解决方案英特尔® 以太网控制器 700 系列软件增强动态设备个性化 (DDP): 隧道式 MPLS 用例)
- 英特尔电信服务器需求规范文档编号 571467
- <https://pages.nokia.com/16121.two.worlds.collide.LP.html>
- https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/201612/Documents/slides/12-China_Mobile-FMC_network_architecture.pdf
- <https://ark.intel.com/content/www/cn/zh/ark/products/series/125191/intel-xeon-scalable-processors.html>
- <https://ark.intel.com/content/www/cn/zh/ark.html#@PanelLabel595>
- <https://01.org/intel-quickassist-technology>



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。产品性能会基于系统配置有所变化。没有计算机系统是绝对安全的。更多信息, 请见 intel.cn, 或从原始设备制造商或零售商处获得更多信息。

英特尔不控制或审计本文提及的第三方基准测试数据或网址。请访问提及的网站, 以确认提及的数据是否准确。

性能测试中使用的软件和工作负荷可能仅在英特尔微处理器上进行了性能优化。

诸如 SYSmark 和 MobileMark 等测试均系基于特定计算机系统、硬件、软件、操作系统及功能。上述任何要素的变动都有可能导测试结果的变化。请参考其他信息及性能测试 (包括结合其他产品使用时的运行性能) 以对目标产品进行全面评估。关于性能和基准测试程序结果的更多信息, 请访问 <http://www.intel.cn/benchmarks>。

基准性能测试结果在实施近期针对“Spectre”和“Meltdown”漏洞的软件补丁和固件更新之前发布。实施更新后, 这些结果可能不再适用于您的设备或系统。

描述的成本降低情景均旨在在特定情况和配置中举例说明特定英特尔产品如何影响未来成本并提供成本节约。情况均不同。英特尔不保证任何成本或成本降低。

英特尔、英特尔标识、至强是英特尔公司或其子公司在美国和/或其他国家的商标。

*其他的名称和品牌可能是其他所有者的资产。