

云原生边缘算力平台 白皮书

边缘算力 轻量融合 极限性能

目录

第一章 云原生边缘算力平台发展趋势	1
1.1 面向全连接的边缘算力平台	1
1.2 云原生虚拟化技术落地	1
1.3 边缘计算场景下的超融合架构	2
第二章 云原生边缘算力平台核心理念	2
2.1 标准化：统一接口，推动生态兼容	2
2.2 轻量化：优化组件，减少资源占用	2
2.3 高性能：硬件加速，实现无损利用	2
第三章 云原生边缘算力平台核心技术	2
3.1 云原生虚拟化技术	3
3.2 云原生网络技术	4
3.3 云原生存储技术	6
第四章 云原生边缘算力平台未来展望	9
4.1 构建新生态，布局现场边缘计算	9
4.2 赋能算力网络，打造算力新基石	9
附录 1: 缩略语	10

作者

陈挺杰	英特尔 MEC 边缘计算平台工程师
董闯	英特尔云软件工程师
刘孝东	英特尔资深云存储工程师
史中宝	英特尔 MEC 边缘计算平台研发经理
田莉	英特尔通信技术部平台应用经理

第一章 云原生边缘算力平台发展趋势

新一轮科技革命和产业变革正在重塑全球经济结构，算力作为数字时代的重要支撑与核心生产力，成为影响国家综合实力和国际话语权的关键要素，并直接关乎通信、交通运输、金融、能源、工业等千行百业的高质量发展。在当前中国积极探索“双碳”目标平衡之路的大背景下，计算效率的优化还与绿色低碳息息相关，让算力的引擎作用愈发凸显。

边缘计算在靠近数据源或用户的地方提供计算、存储等基础设施，并为边缘应用提供云服务和 IT 环境。相比于集中部署的云计算服务，边缘计算解决了时延过长、汇聚流量过大等问题，能够为实时性和带宽密集型业务提供更好的支持。

■ 1.1 面向全连接的边缘算力平台

边缘计算的核心是构建更加通用、灵活并且支持多生态业务的分布式 IT 资源。接入边缘计算资源的方式也是多种多样的，包括 4G/5G, WIFI 等。对于特定的边缘计算节点，不同接入方式的业务可以共享该节点的各类 IT 资源。

随着 5G 和工业互联网的快速发展，面向未来工业互联网、人工智能等新兴业务，运营商需要在端到端的网络平面的基础上，借助边缘计算打造一张面向全连接的算力平台，形成算力的全网覆盖，为垂直行业就近提供智能连接基础设施。在这个新的算力平台中，无处不在的现场级边缘计算为用户提供智能化接入和实时数据处理，实现业务的灵活接入，为数据生态赋能；触手可及的网络侧边缘计算则就近为用户提供丰富的算力，承载人工智能、图像识别和视频渲染等新业务，为应用生态赋能，进而让丰富的网络资源与算力资源不断地融合互补，为垂直行业业务提供出色的用户体验。

■ 1.2 云原生虚拟化技术落地

基于 Kubernetes 的云原生 (Cloud Native) 平台通常被定位在 PaaS 层，在以 OpenStack 为代表的 IaaS 层之上工作，这势必带来 IaaS 层的性能损耗。但若直接部署在物理机或裸金属上，对外提供的功能又比较单一，无法提供虚拟机服务等功能。随着 KubeVirt 开源项目的成熟，Kubernetes 可以使用和容器一致的方式来编排虚拟机资源，实现容器与虚拟机的混合管理。通过并行运行虚拟机和容器，用户可以轻松地将传统工作负载与基于微服务的现代应用程序集成。

通过使用 Kubernetes 带来的更精细的应用组织能力，在云原生的架构下，终端应用可以实现更轻量的应用形态和更友好的硬件支持，边缘计算则提供更实时的服务响应和更精准的用户覆盖，而中心云计算则能够实现更高效的数据聚合和更敏捷的业务架构，最终达到云、边、端三位一体，协同一致。

1.3 边缘计算场景下的超融合架构

“超融合架构”底层采用标准化的 x86 或者 ARM 硬件平台，上层采用软件定义的方式，将计算、存储、网络等资源集成在一起，既简化了部署，又提高了运维效率，实现了在同一套单元设备中具备计算、网络和存储等资源。与传统系统相比，超融合架构是一个“预处理”好的模块化基础架构，省掉很多逐个项目设计部署工作，以适合应用程序的标准化形式创建一致的范例和环境来运行工作负载，具有快速部署、易于扩展、简便运维等特点。

边缘计算让计算接近数据，数据处理应用程序和分析应用程序都会被部署到边缘，超融合可以为边缘节点提供更强的计算和存储能力。如今，许多边缘工作负载都在容器或虚拟机上运行，基本可以无缝迁移到超融合基础架构。

第二章 云原生边缘算力平台核心理念

2.1 标准化: 统一接口, 推动生态兼容

秉承一切皆容器的原则，移动云摒弃传统的私有化接口设计，使用 Kubernetes API 作为容器和虚拟机工作负载的统一自动化语言，用户无论是创建容器算力还是虚拟化算力，创建网络资源还是创建存储资源，均可通过标准接口加 yaml 文件的方式来管理，不仅节省适配时间，还为传统虚拟机应用提供了迁移到现代云原生解决方案的快捷途径。

2.2 轻量化: 优化组件, 减少资源占用

依托云原生技术方案，统一容器化部署，实现虚拟化、容器、存储、网络共享硬件设备，最低支持三节点集群部署，管理成本可控制在 30% 以内；支持根据实际业务需求灵活、快速扩容至 20 节点，且在硬件基础完备的条件下，30 分钟内即可完成部署；采用 CAS 存储架构，减少对昂贵的专有 SAN 的依赖，整合虚拟机与容器基础设施，防止基础设施散乱，有效减少基础设施投入。

2.3 高性能: 硬件加速, 实现无损利用

基于移动云自研的 COCA (Compute On Chip Architecture) 算力框架，实现以算力为中心的计算、网络、存储的云化加速与管理能力。通过引入专用硬件电路处理网络与存储的 IO，可支持将虚拟化模块卸载到独立的硬件载体，同时提供多样计算资源，解决虚拟化开销问题，极大释放宿主机的资源占用，实现资源无损利用。利用全新的用户态技术，将虚拟化及容器网络 IO 数据平面透传至后端硬件加速处理，减少数据面的拷贝与处理频次，支持最大 3000 万包转发率、40Gbit/s 内网带宽，可有效提升 IO 处理效率，提供稳定可预期的超高性能。

第三章 云原生边缘算力平台核心技术

移动云云原生边缘算力平台,如图 1 所示，基于 Kubernetes 构建现代超融合基础设施，同时提供虚拟机与容器算力；融

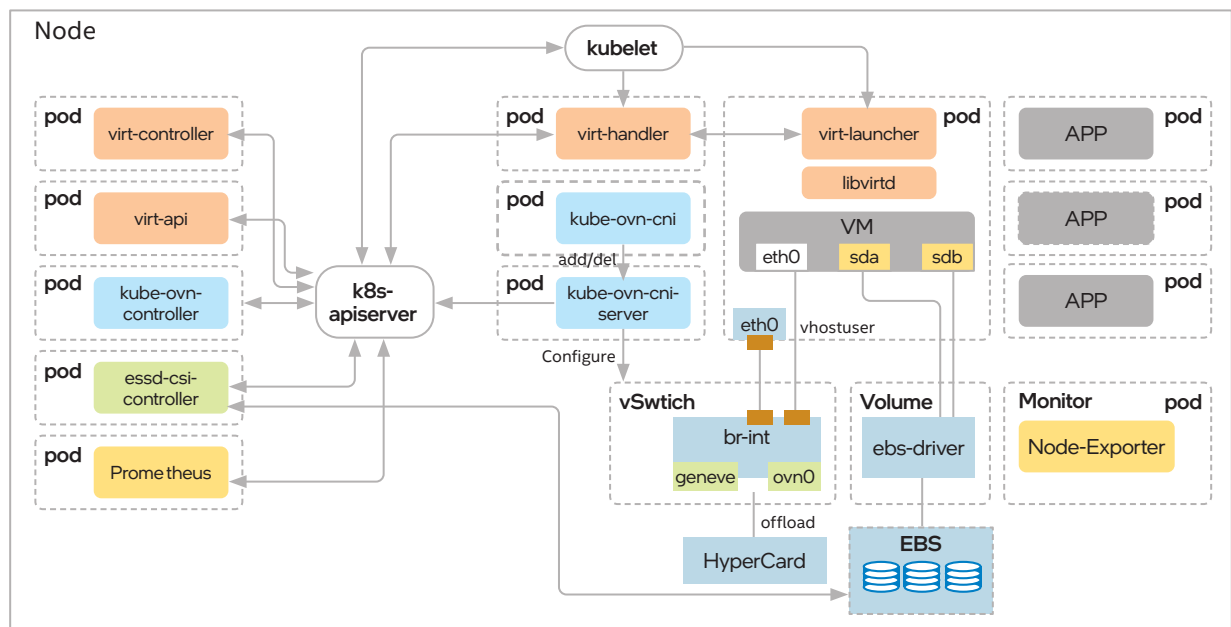


图 1 移动云边缘算力平台架构

合移动云块、文件、对象存储，适配容器各类存储场景，集成 Overlay、Underlay 等网络方案，提供稳定高性能的容器网络；从计算、存储、网络等多方面全面支持移动云虚拟化能力。

计算：结合移动云 IaaS 高性能计算，提供高性能、可伸缩的 Kubernetes 集群和 KubeVirt 虚拟机，实现基于 Kubernetes 的容器和虚拟化算力的统一管理；

网络：集成 Kube-OVN 实现容器和虚拟化算力的 VPC 网络统一管理；

存储：深度融合 OpenEBS，为容器和虚拟化提供统一存储能力，支持移动云块存储、文件存储、对象存储、本地盘等，适配容器的各种类型存储需求。

为了更好地助力轻量级边缘融合算力平台，移动云与英特尔合作，采用英特尔® Smart Edge，针对计算、网络和存储的参考方案做了选型和优化。英特尔® Smart Edge 是英特尔为了更快更低成本打造边缘方案而推出的软件套件，它简化了边缘端网络配置的复杂性、边缘设备使用的复杂性和应用程序部署的复杂性，加快了边缘解决方案的开发。这些解决方案将网络与人工智能、媒体处理和安全工作负载集成在一起，并为认证 Kubernetes 云原生堆栈支持的常见用例提供优化的参考解决方案。英特尔® Smart Edge 解决方案由三个关键核心要素

组成：有线/无线的网络连接技术、IA 架构的平台技术（计算、存储、安全、AI、Media 等所有能在边缘端落地的软硬件加速技术），以及支持行业标准的容器化和虚拟化技术。

如图 2 所示，英特尔® Smart Edge 构造了以 Building Block（模块化的组件）、Experience Kit（客户体验包）和 Reference Implementation（参考实现）三个概念为基础的产品概念。用户可以参考这三个概念按需消费，既可以使用某个模块化组件，也可以直接使用客户体验包和参考实现。英特尔® Smart Edge Open 的模块化组件（KubeVirt, Kube-OVN 的 CNI 以及存储 OpenEBS）可以很好地加速中国移动 EKI 平台的虚拟机管理、网络和存储能力。

3.1 云原生虚拟化技术

3.1.1 融合算力架构

边缘算力平台高效地实现超融合部署。计算、网络和存储等资源按需分布在集群节点上，并且同时提供可伸缩的 Kubernetes 容器和 KubeVirt 虚拟机的工作负载能力。KubeVirt 虚拟机管理插件使用 Pod 的形式，通过 libvirtd 去管理虚拟机，虚拟机的实现通过 QEMU 来完成，这与 OpenStack 环境下的对虚拟机的管理在本质上保持一致，即可最大限度地保留 QEMU 操作，实现在云原生下对虚拟机业务的平滑迁移，又可通过 Pod 轻松实现容器和虚拟机的共管理。

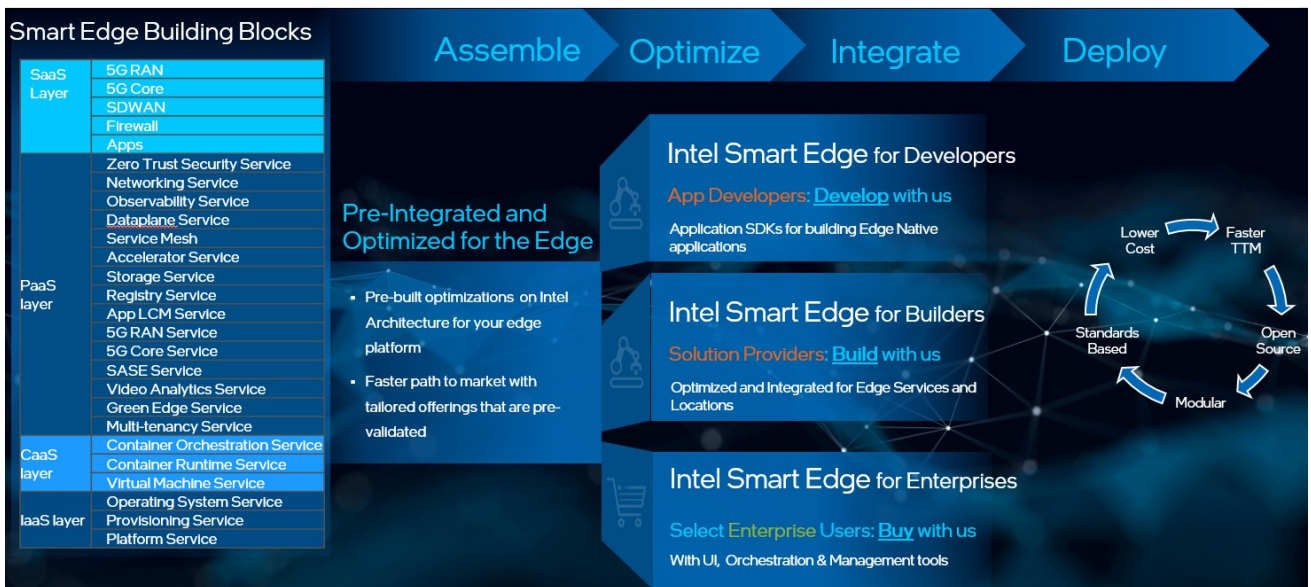


图 2 英特尔® Smart Edge 组件架构

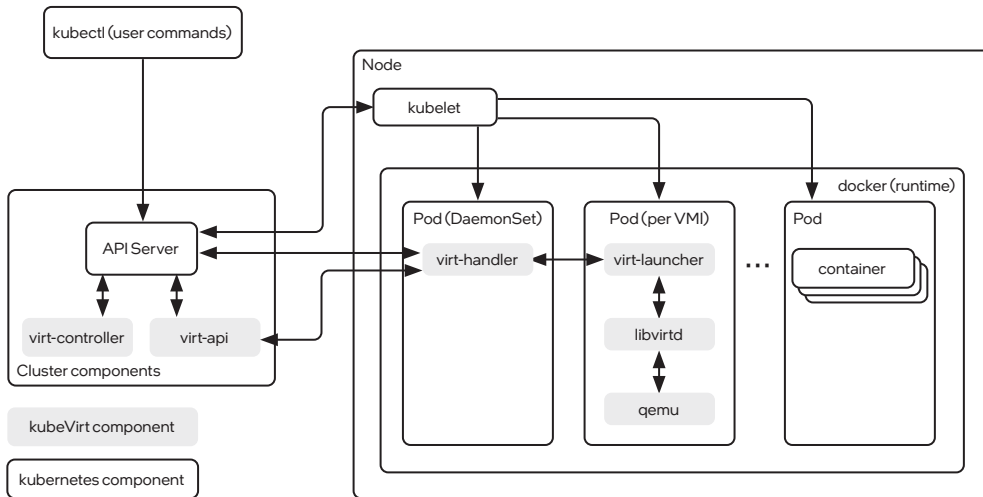


图 3 KubeVirt 结构图

3.1.2 云原生虚拟化

KubeVirt 是融合算力的虚拟机管理插件，它为 Kubernetes 在与容器相同的基础结构上提供管理和控制虚拟机的能力。KubeVirt 使用面向服务的体系结构和编排模式构建。需要虚拟化服务的用户可以与虚拟化 API 交互，而虚拟化 API 又在与 Kubernetes 集群交互，以调度请求的虚拟机实例 (VMI)。调度、网络 and 存储都委托给 Kubernetes，而 KubeVirt 提供虚拟化功能，其结构图如图 3 所示，KubeVirt 以 CRD 的形式将 VM 管理接口接入到 Kubernetes 中，通过 Virt-Launcher Pod 使用 libvirt 来管理 VM 的方式实现 pod 与 VM 的一一对应，即每个 VM 都对应一个 Virt-Launcher Pod，进而做到通过类似管理容器的方式管理虚拟机，并且做到与容器一样的资源管理和调度规划。

■ 3.2 云原生网络技术

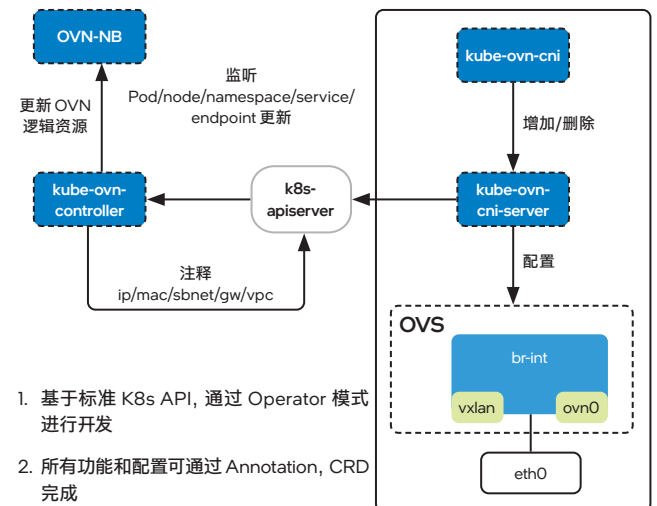
边缘算力平台的网络能力是指云原生下的容器网络接口 CNI (Container Network Interface)，实现无论是同算力节点内，还是不同算力平台节点间的 Pod 之间 IP 可达，同时提供 Pod 的 IP 分配能力。

在融合算力平台上会同时运行着 Pod 和 VM，即容器和虚拟机，那么多租户 (VPC) 场景下，要求不同租户具备不同网段且互相隔离，同时不同租户运行着的虚拟机会迁移的要求，如何高效地解决多租户网络隔离问题以及如何顺利平滑的实现虚拟机迁移，Kube-OVN 作为一款基于 OVS/OVN 实现的 CNI 都给出了出色的解决方案。

3.2.1 云原生多租户网络架构

Kube-OVN 是一款云原生 Kubernetes 容器网络编排系统，可以实现融合算力平台的网络功能。它通过将 OpenStack 领域成熟的网络功能平移到 Kubernetes，极大增强了 Kubernetes 容器网络的安全性、可运维性、管理性和性能，为 Kubernetes 生态的落地带来了独特的价值。

如图 4 所示，Kube-OVN 是在 OVS/OVN 技术基础上开发而来，将同 namespace 下的 Pod 放到一个 vSwitch 上，vSwitch 再通过 vRouter 互通，Kube-OVN 借鉴 OpenStack 成熟的网络管理能力，形成基于 Kubernetes 新的 CNI 网络。Kube-OVN 基于 OVS/OVN 特性，进一步扩展出多种特性，包括网络多租户 (VPC)、虚拟机热迁移支持等。



1. 基于标准 K8s API，通过 Operator 模式进行开发
2. 所有功能和配置可通过 Annotation，CRD 完成

图 4 Kube-OVN 架构图

3.2.2 多场景网络性能调优

在云原生环境下的网络性能，一直是备受关注的话题，因为云原生环境下的报文处理均在内核态协议栈完成，虽然内核态协议栈提供了丰富的网络功能，但经由过于冗长的报文处理路径，不可避免地带来性能损耗。与此同时，客户业务从裸金属迁移到云原生环境后，过去功能繁多的单体应用需要解耦为多个微服务，固然微服务会带来独立部署、职责专一、可动态扩缩容等特性，但在电信级场景下，过多的微服务会进一步加剧网络的性能瓶颈。因此，如何解决云原生环境下的网络性能，某种程度上决定了业务是否可以实现从裸金属向云原生进行成功迁移。

「OVS-DPDK」

基于上述急待解决的网络性能问题，英特尔提出了多种不同云原生下的网络加速方案。在移动边缘算力平台场景下，算力网络采用了 Kube-OVN，其通过 OVS/OVN 来实现。英特尔

的 OVS-DPDK 技术针对 OVS 中开销最大的数据平面流表转发，从内核态数据转移到用户态来实现性能提升，消除了过去在内核态数据面流表不命中时，需要从用户态控制器查询时产生的上下文切换开销；通过使用大页内存减少了 TLB Miss 和 Cache Miss；使用无锁环形缓冲结构设计减少了锁的开销，极大改善了数据面转发的性能。在云原生环境下通过将 OVS-DPDK 插件化后，可以与 Kube-OVN 配合在 Kubernetes 环境下极大提升 Pod 间的转发性能。

OVS-DPDK 除了可以提升 Pod 间的性能，同样也可以提升融合算力虚拟机间的转发性能，通过 OVS-DPDK 实现 vhost-user 的后端能力，在用户态实现 vhost 能力，然后与 VM 在用户态完成进程间数据同步，可以直接获取操作 virtio 设备的 virtio queue，无需经过任何其他队列中转，实现了 OVS-DPDK 与虚拟机网卡驱动的共享内存数据交互，减少了不必要的队列中转和上下文切换，提高了性能，是最优的云原生下虚拟机网络交互方案。

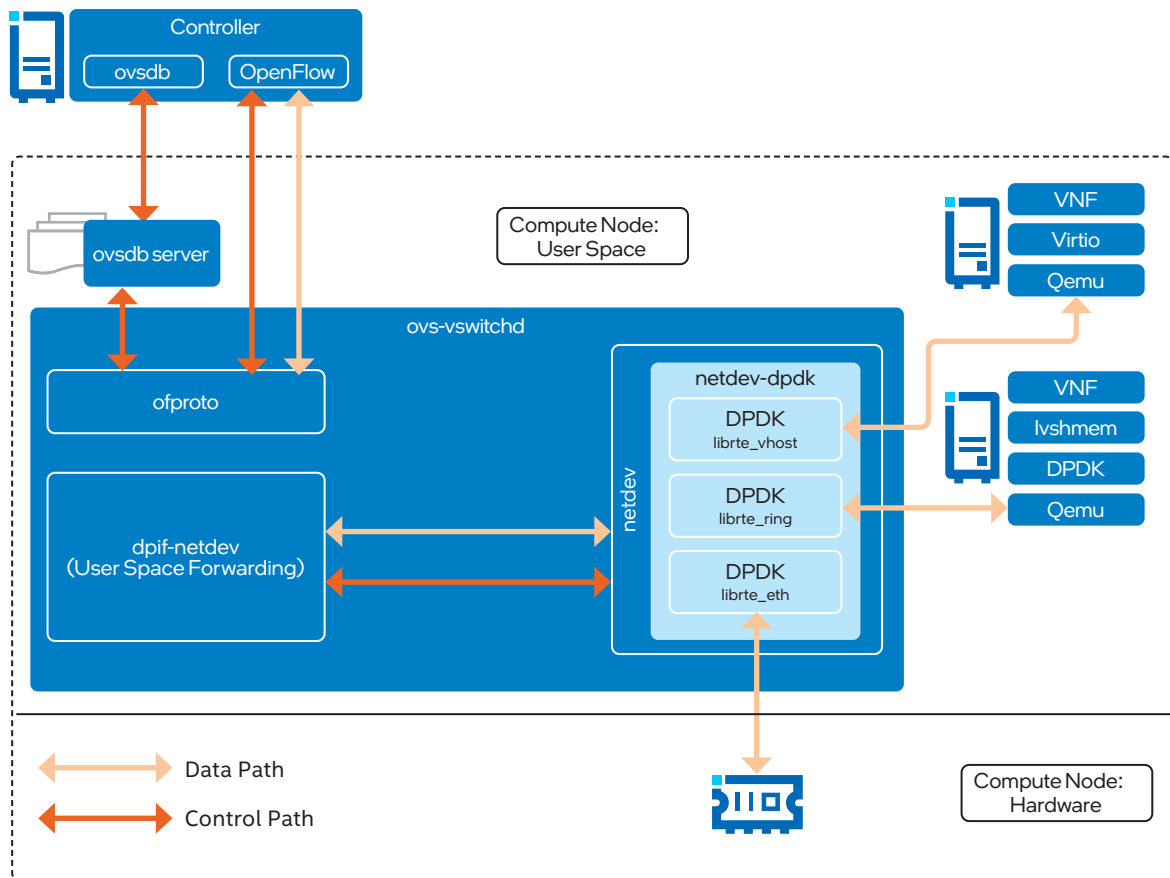


图 5 OVS-DPDK 原理图

「虚机的 SRIOV 支持」

除了使用 OVS-DPDK 提升融合算力平台的性能外,还可以在 KubeVirt 提供的虚机中,基于网卡的 SRIOV 能力为工作负载提供性能优化以及满足不断变化的网络要求的灵活性。在融合算力环境下将网卡的 PF 虚拟出多个 VF, 将其中的一个 VF 直通给虚机中, 通过 SRIOV VF 的 Operator 能力, 实现在云原生环境下将 SRIOV VF 的硬件资源池化, 即虚机在云原生环境下拥有直接使用物理网卡的带宽能力, 并借助硬件网卡的高带宽和低时延, 使边缘算力平台的计算能力具备超越普通集群网络带宽的能力。

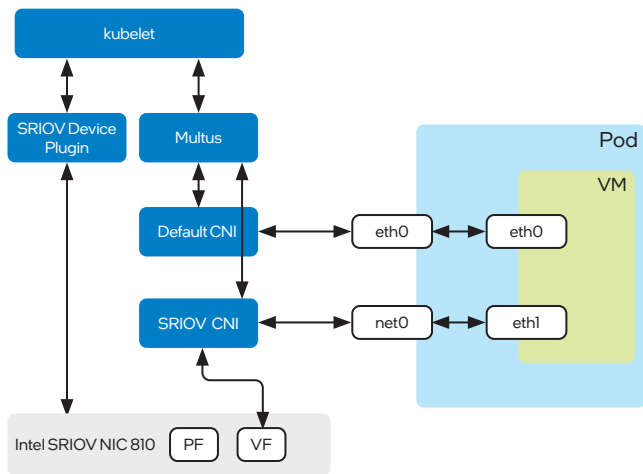


图 6 SRIOV Multus CNI 结构图

■ 3.3 云原生存储技术

3.3.1 云原生容器存储

边缘算力的本身特点决定了它对存储的几个特殊需求:

- (一) 物理介质的混合部署和超融合架构。
- (二) 需要轻量级、简单易用的分布式块存储。
- (三) 云原生存储功能的支持, 包括 CSI (容器存储接口) 支持、动态 volume 创建、Snapshot/Clone 等等。

「OpenEBS Mayastor」

OpenEBS 是领先的开源容器附加存储模式, 它通过声明式的数据平面扩展 Kubernetes, 为有状态的应用程序提供灵活的持久化存储。Mayastor 是一个全新设计的 OpenEBS 的子项目, 如图 7 所示, 它结合英特尔 SPDK 库, 利用 NVMe-oF 语义的协议和计算效率, 以及最新一代固态存储设备的性能, 提供了一个性能开销在个位百分比范围内的存储抽象。虽然 Mayastor 利用了 NVMe-oF, 但是它不是总需要 NVMe 设备作为后端存储。

Mayastor 主要由两个部分组成:

- **控制平面。** 一个微服务模式的控制平面, 公开暴露一个 Restful API。

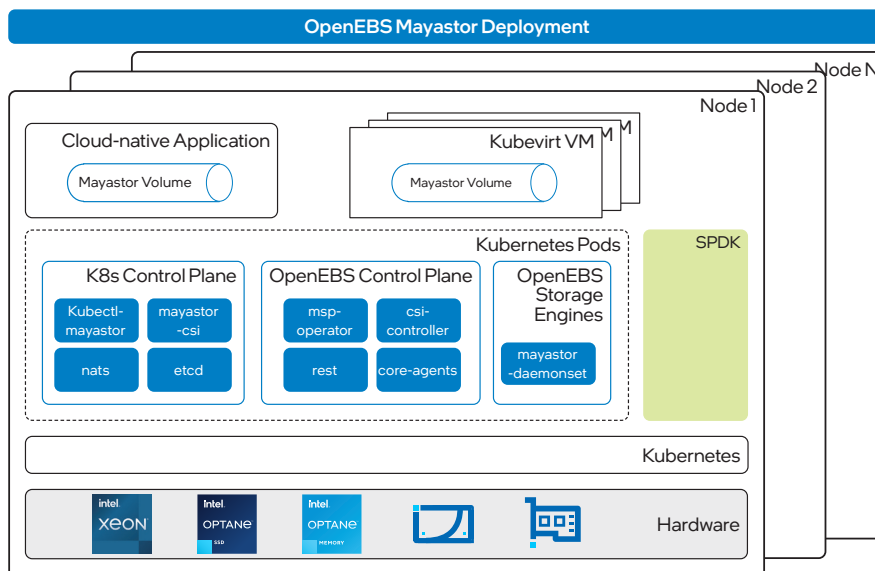


图 7 Mayastor 的组件部署架构

- **数据平面。**每个节点运行一个 Mayastor 守护服务进程，Mayastor 主要有三个主要组件：Nexus（连接存储资源和前端）、本地存储组件和 Mayastor-CSI 插件。

总体来说，OpenEBS Mayastor 方案有几项优势：

1. 是简单的、轻量级的云原生分布式块存储方案，部署配置方便；
2. 支持超融合部署；
3. 随机读写 IOPS 的性能非常好；
4. 作为 Mayastor 和 SPDK 深度集成的开源项目，方便软硬件（傲腾™、RDMA NIC 等）实施加速。

「SPDK 构建前沿的存储解决方案」

SPDK 是一套用户空间工具、库、驱动程序和存储应用程序的集合。它是从头开始构建出来的，能够通过最大限度地利用系统上的可用资源，为非易失性内存技术与以太网不断提高的性能提供服务。目前，SPDK 的每核可驱动 1400 万 IOPS，提供了最领先的性能和效率，是挖掘高性能存储介质潜能的最佳途径。

通常为了保证容器镜像在不同平台间的通用性，各类容器服务通常会以平台间兼容的最小集，作为镜像中应用的编译选项。比如在 X86_64 平台上，随着一代代至强® 平台的演进，越来越多的指令集和功能特性被引入，而编译器通常会根据所在平台的 CPU Flag 来将所需的最优指令编入可执行文件中，来实现更优的性能。但在最小的编译兼容集下，为了能够在老旧平台上运行，许多新平台新特性就会被舍弃，例如数据操作上的并行优势就会因 SSE/AVX 指令的缺失而受损。而每个节点上运行的 Mayastor 数据平面实例是决定整个边缘云平台

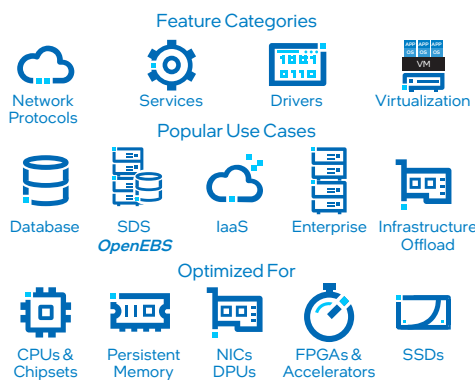
存储性能的关键，所以基于对边缘算力云平台所采用的 CPU 架构的预期，Mayastor 的数据平面镜像都以最优的平台选项来编译创建，这样所有节点上的数据平面实例都能充分利用平台特性，达到最好的运行状态。

3.3.2 云原生存储性能增强

「SPDK vhost-user」

在轻量级云边缘环境下，虚拟机作为一个常用的运行时，虽然虚拟机的使用场景会被压缩，但它在未来也会长期存在较长时间。由于部分边缘业务的独特性和兼容需求，需要在边缘云平台中以容器方式运行在虚拟机中。为了解决虚拟机中业务的存储需求，SPDK 的虚拟化存储方案需要被加入到方案中，以提升虚拟化运行时的存储性能。SPDK 一直致力于解决虚拟化场景下的存储需求，其中 SPDK 的 vhost-user 方案以卓越的性能优势和高效的处理机制，被云服务商广泛采纳。

vhost-user 采用共享内存做 IO 环结构 (vring)，与 IO 数据在虚拟机与 SPDK 间的共享交互，采用 eventfd 机制做 IO 完成事件通知。原生的 Virtio 方式，IO 处理路径上会有多次虚拟机到主机以及主机上用户态到内核态的切换。而 SPDK 的 vhost-user 方案，在 IO 下发处理方式上，SPDK 进程以轮循的方式不断从 vring 中取出请求(意味着虚拟机下发 IO 请求时，不用通知虚拟设备)；在 IO 响应处理方式上，SPDK 进程将响应放入虚拟机 IO 环中，通过中断聚合来归并多次 IO，以虚拟中断通知虚拟机请求完成。在线程模型上，每个 IO 涉及的 vring 和 Channel 只会在一个 SPDK 线程中被轮循，因而避免了多线程并发加锁操作同一个对象，可以通过无锁的方式操作 vring 和



Up to 7X	Better IOPS/core	NVMe-oF (vs Linux Kernel)
Up to 50%	Better Latency	NVMe-oF w/Optane (vs Linux Kernel)
Up to 10X	Better IOPS/core	NVMe (vs Linux IO_URING)
Up to 14M	IOPS/core	NVMe
Over 11GB/s	Read bandwidth/core	NVMe-oF TCP target
Up to 3X	IOPS/core & Tail Latency	Virtualized Storage (vhost with standard Qemu)

图 8 SPDK Overview and Performance¹

IO Channel。英特尔 SPDK 通过 IO 轮询和无锁化的优化处理,带来了 IO 时延和吞吐的巨大优化。

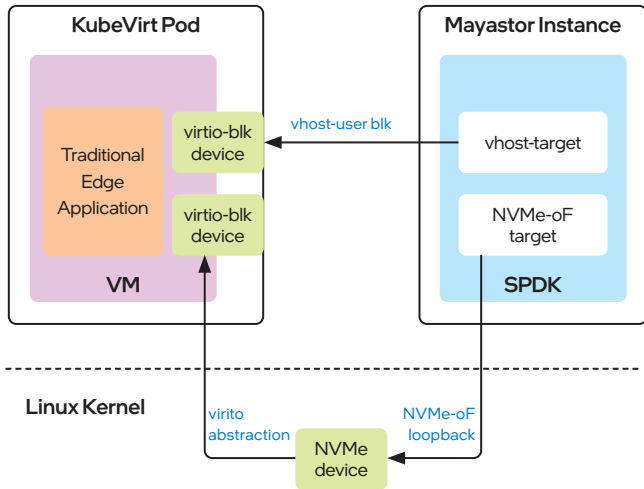


图 9 Vhost-user blk 与 virtio-blk + NVMe-of loopback 的比较

如图10所示,实验获得的性能数据表明,引入vhost-userblock本地块存储后,虚拟机中的传统业务直接与 Mayastor 数据平面交互,达到最高的存储效率。与原来的 virtio-blk + NVMe-oF loopback 的方案相比,随机读写性能有 60%~80% 的大幅提升²。即使KubeVirt 虚拟机容器有虚拟化层的开销, vhost-user blk 方式依旧保持了 Mayastor 的原有性能。

Performance of OpenEBS Mayastor with vhost-user (kIOPS)
(Mayastor.replica=3, 3 core SPDK bind; FIO: thread=2, block_size=4k, queue-depth=128)

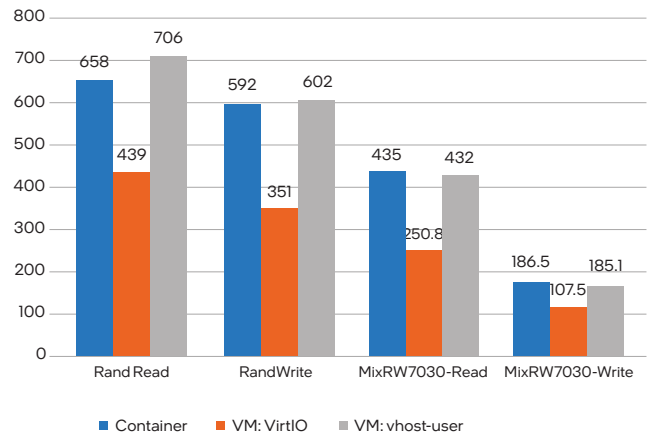


图 10 性能比较: 容器、VM virtio 和 VM vhost-user

「OCF/CSAL 缓存架构和 RDMA」

边缘云平台为应对数据规模,依旧需要接低速存储设备 SATA SSD 甚至 HDD。但随着用户对存储速度的要求越来越高,低速存储设备的 IO 瓶颈制约了边缘云存储性能,影响客户体验。

边缘存储平台的介质 HDD 和 SSD 的混合部署已经成为常态,两种介质特性不同,在随机处理与延迟上有性能瓶颈问

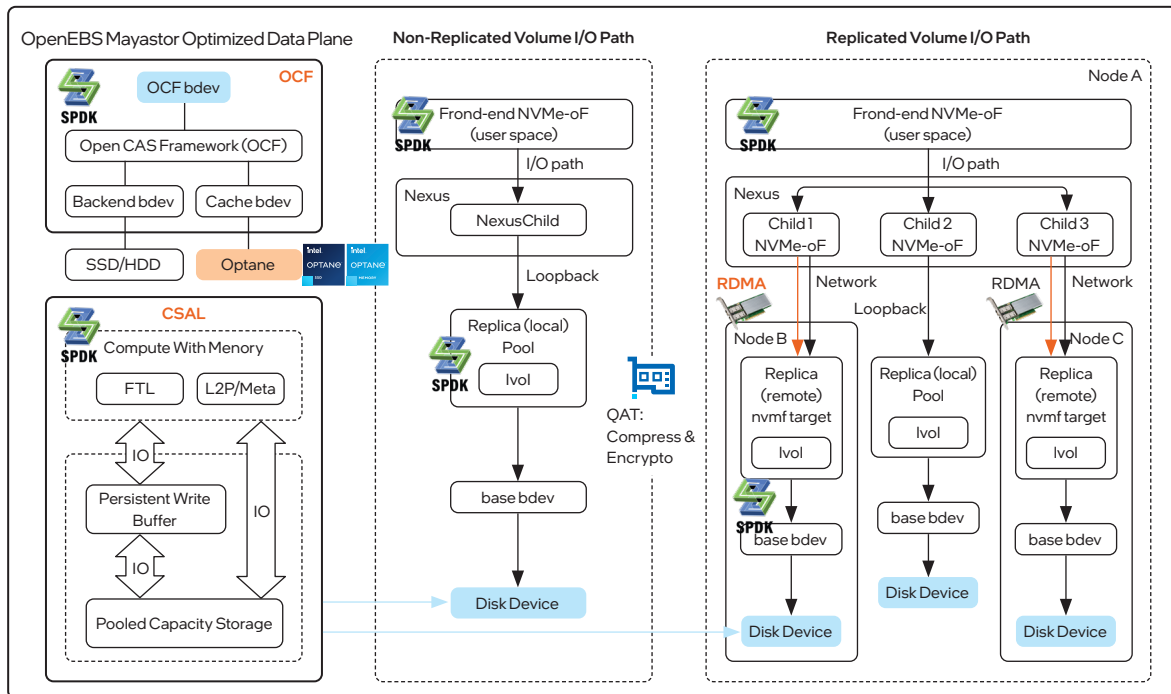


图 11 Mayastor 数据平面的优化

题。英特尔® 傲腾™ 系列硬件结合 SPDK OCF 可以有效缓解这个问题，而英特尔® 傲腾™ 持久内存与 NVMe 高性能非易失性闪存产品，结合 Cloud Storage Acceleration Layer (简称 CSAL，之前叫 WSR) 这一介质感知的混合存储软件框架，可以更好解决随机存取的性能瓶颈问题。

另外，英特尔® 以太网网络适配器 E810 网卡支持的 RDMA 可以帮助 Mayastor 基于 NVMe-oF 远端复制数据实现高效传输，提升读写访问性能。

第四章 云原生边缘算力平台未来展望

■ 4.1 构建新生态，布局现场边缘计算

当前，边缘计算还处在起步阶段，发展也面临一些问题，比如多种体系架构并存、平台与应用的接口不够标准化、产业协作方式不明确、平台缺乏规模化推广能力，以及产业总体呈现碎片化等等。移动云轻量级边缘算力平台秉持打造全栈服务、开放生态合作、促进应用繁荣的发展理念，为边缘计算产业发展做出积极贡献。

针对现场边缘云场景，移动云基于边缘算力平台推出了边缘云智能小站 (EIS) 产品，提供虚拟机、容器、存储、网络、镜像等多种边缘云服务，满足用户数据不出本地、资源专项独占等需求，实现超低时延接入和低成本运营。同时，还能够为用户提供中心云端和用户本地两级控制台，实现云边协同管理。

边缘智能小站 EIS 可广泛应用于企业传统业务上云及智慧园区场景，适用于医疗、园区、工厂、矿山、港口等现场边缘业务。以智慧园区场景为例，其存在大量的视频监控、停车管理、设备管理等需求，涉及大量异构数据的接入和数据场内控制要求，而边缘智能小站 EIS 可部署在园区客户现场，支撑园区内的边缘计算和存储等业务实现本地闭环运营。

■ 4.2 赋能算力网络，打造算力新基石

在行业数字化转型过程中，个人及行业对信息网络的主要需求已从以网络为核心的信息交换，逐渐转变为以算力为核心的信息数据处理，使提升算力成为信息技术发展的核心方向之一。

中国移动强化算力网络建设，将秉承“算为中心，网为根基，以

网强算”策略，基于广泛的网络分布和组网能力，为用户提供低时延、高可靠的算力连接，让用户享受更优质的算力服务。

未来，移动云轻量级边缘算力平台将基于算力网络技术，承载人工智能、物联网、5G、边缘计算、数字孪生等应用场景，推动低时延、高算力、大带宽的新产品演进；而通过对云边协同服务的升级，构建云边端多层次分布、一体化算力调度的算力网络，满足个人、家庭以及企业在不同业务场景中的差异化算力需求，全面助力行业数字化转型。移动云将为算力网络提供跨域混合调度、算力封装等能力，助力打破算力壁垒，盘活算力资源，实现算力泛在化，以智能、绿色的新型服务模式满足客户多样化需求。

移动云和英特尔将在边缘云领域持续合作，进一步提升边缘融合算力平台和用户体验：

- 基于英特尔® Smart Edge PWEK (Private Wireless Experience Kit)，支持 5G 接入网 (FlexRAN)、5G 核心网、数据网等服务，推进 5G 边缘侧应用。
- 基于全新一代英特尔® 至强® 可扩展处理器更多的处理核心、更优的架构设计，为边缘融合算力云平台的存储带来强劲的性能助力；采用英特尔® IPU 产品卸载边缘计算、安全、网络、存储等 CPU 的软件栈，提高边缘云平台的利用率。

此外，中国移动将与英特尔携手，继续协力将最新的技术应用到边缘云平台产品的演进中，为边缘业务应用提供澎湃动能，更好惠及广泛的移动边缘用户。

附录 1: 缩略语

缩略语	英文展开	中文解释
4G	4 th Generation Mobile Network	第四代移动通信
5G	5 th Generation Mobile Network	第五代移动通信
ARM	Advanced RISC Machines	一种 RISC 指令集处理器
CAS	Container Attached Storage	容器附加存储
CNI	Container Network Interface	容器网络接口
COCA	Compute On Chip Architecture	一种系统级芯片算力框架
CRD	Custom Resource Definition	自定义资源的定义
CSAL	Cloud Storage Acceleration Layer	云存储加速层
CSI	Container Storage Interface	容器网络接口
DPDK	Data Plane Development Kit	数据平面开发套件
HDD	Hard Disk Drive	机械硬盘
IaaS	Infrastructure as a service	基础设施服务
IOPS	Input/Output Operations Per Second	每秒钟处理的 IO 操作数
NVMe	Non-Volatile Memory Express	非易失型内存主机控制器接口规范
NVMe-oF	NVMe Over Fabrics	NVMe 标准在网络和总线上的扩展
OCF	Open CAS Framework	Open CAS 缓存框架
OVN	Open Virtual Network	OVS 的控制平面
OVS	Open vSwitch	虚拟交换机
PaaS	Platform as a-service	平台服务
PMem	Persistent Memory	非易失性内存
QEMU	Quick Emulator	C 语言编写的开源虚拟化软件
SPDK	Storage Performance Development Kit	存储性能开发套件
SRIOV	Single Root I/O Virtualization	单根 I/O 虚拟化
SSD	Solid State Drive	固态硬盘
Subnet	Sub network	IP网络的逻辑细分
VMI	Virtual Machine Instance	虚拟机的一个实例
VPC	Virtual Private Cloud	自定义的逻辑隔离网络空间
WSR	Write Shaping RAID	一种分层存储加速方案



¹数据援引自 SPDK 公开的性能数据报告, https://spdk.io/doc/performance_reports.html

²三节点配置, 测试基准和对比组硬件相同: 处理器: 双路英特尔® 至强® 金牌 6338N 处理器, 2 Sockets, 每个 socket 32 内核 / 64 线程, 主频 2.20GHz, 最大睿频 3.50GHz, 超线程开启, 睿频关闭; 内存: 256GB (8 * 32GB 2666MHz DDR4); 网络适配器: 100GbE 英特尔® 以太网适配器 E810-CQDA2; 存储: 5 * 英特尔® 固态硬盘 D3-S4610 480/960 GB, 操作系统: Ubuntu 20.04.4 LTS, 内核版本: 5.4.0-100-generic;

英特尔未做出任何明示和默示的保证, 包括但不限于, 关于适销性、适合特定目的及不侵权的默示保证, 以及在履约过程、交易过程或贸易惯例中引起的任何保证。

英特尔并不控制或审计第三方数据。请您审查该内容, 咨询其他来源, 并确认提及数据是否准确。

描述的成本降低情景均旨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。没有任何产品或组件是绝对安全的。更多信息请从原始设备制造商或零售商处获得, 或请见 intel.com。

英特尔、英特尔标识以及其他英特尔商标是英特尔公司或其子公司在美国和/或其他国家的商标。

©英特尔公司版权所有