

解决方案白皮书

浪潮云海 云操作系统

第四代英特尔® 至强® 可扩展 处理器加速虚拟机热迁移

挑战

为了提高关键业务的服务级别协议 (SLA) 保障能力，越来越多的云端用户强化了虚拟机热迁移方面的能力部署，以缩短停机的窗口时间，保障业务不中断。但同时，虚拟机热迁移也给云数据中心基础设施带来了以下挑战：

高资源开销影响迁移效率

在虚拟机热迁移过程中，需要在源主机上进行内存页的压缩，并在目标主机上对压缩后的内存页进行解压缩，压缩/解压缩过程会带来大量的资源开销。传统的虚拟机热迁移通常采用 CPU 进行压缩/解压缩操作，可能会导致 CPU 负载过高，影响虚拟机迁移的效率。

整体热迁移时间过长

虚拟机热迁移过程需要拷贝大量内存脏页。由于迁移过程中大部分时间源节点虚拟机仍在运行，因此新的内存脏页会不断产生，导致整体热迁移时间过长。

虚拟机迁移过程的停机时间 (Downtime) 需进一步降低

在虚拟机迁移的最后阶段，需要暂停源节点虚拟机，将数据拷贝到目标节点虚拟机，这将不可避免地导致虚拟机出现一定的停机时间。停机时间越长，对于业务响应能力的影响就越大。

解决方案概述

随着数字化转型的加速，越来越多的用户将核心业务部署在云平台。用户通常希望这些云上核心业务能够实现持续运行，即使在服务器升级过程或是发生了硬件故障，也能够实现“零停机”，从而催生了虚拟机热迁移的需求。虚拟机热迁移能够将运行中的虚拟机从一台主机迁移到另一台主机，同时实现业务不中断、用户无感知。此外，数字化创新凸显了虚拟机资源敏捷性的重要性，也在客观上提升了虚拟机热迁移的需求。

为了加速浪潮云海云操作系统 (InCloud OS) 虚拟机热迁移的效率，浪潮采用了内置硬件原生加速器英特尔®

QAT 的第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器，能够将内存页压缩/解压缩操作卸载到 QAT 以加速虚拟机热迁移，并降低 CPU 利用率。测试证明，在 InCloud OS 中，通过启用英特尔® QAT 功能，第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器完成虚拟机热迁移的性能是关闭英特尔® QAT 功能的 8.19 倍¹。

浪潮云海云操作系统 (InCloud OS)

浪潮云海云操作系统 (InCloud OS) 是先进的基于开源开放架构实现自主可控的面向政企场景的一款功能丰富、

安全、支撑工具全面的私有云平台。InCloud OS 集虚拟化云平台、容器云平台和云管理特性于一身，实现了云数据中心底层计算、存储、网络、安全等资源的统一调度管理，实现业务的动态变更，资源的智能管理和服务的自动化交付，通过对大规模硬件资源的有效监控、灵活的调度策略，确保用户数据的安全、可靠，实现资源的动态流转与伸缩。InCloud OS 能够在提高整个数据中心资源利用率的同时，提升 IT 资产价值和提高 IT 运营维护效率，降低数据中心的维护成本。

¹截至 2022 年 10 月由浪潮开展的测试。测试配置：双节点，双路英特尔® 至强® 金牌 8455C 处理器，96 核，启用超线程，启用睿频加速技术，1024 GB 内存 (16 插槽/64 G/4800 MHz)，480 GB + 2 TB 固态硬盘，BIOS: American Megatrends International, LLC. 2A16 (ucode: 0x2b000070)，Inspur K-UX 5.6，Linux kernel 4.18.0-305.10.2.8.kux.x86_64，InCloud OS QEMU 4.2。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。

“浪潮云海云操作系统 (InCloud OS) 采用业界先进的设计理念和技术架构，是一款面向政企应用场景的易用、稳定、安全的企业级云操作系统，提供面向未来智算中心的整体解决方案，全面支撑企业云、行业云、政务云建设。通过与英特尔合作推进英特尔® 至强® 可扩展处理器集成的英特尔® QAT 特性在浪潮云海云操作系统中应用，我们有效解决了热迁移场景下多线程压缩脏页引起的 CPU 占用率高、脏页生成速度快迁移带宽不足等方面的性能瓶颈，充分提升了虚拟机迁移效率和成功率，满足了政务和金融等行业在虚拟机迁移方面的性能需求，加速了企业的智能化转型。”

张东

浪潮数据技术有限公司董事长

inspur 浪潮

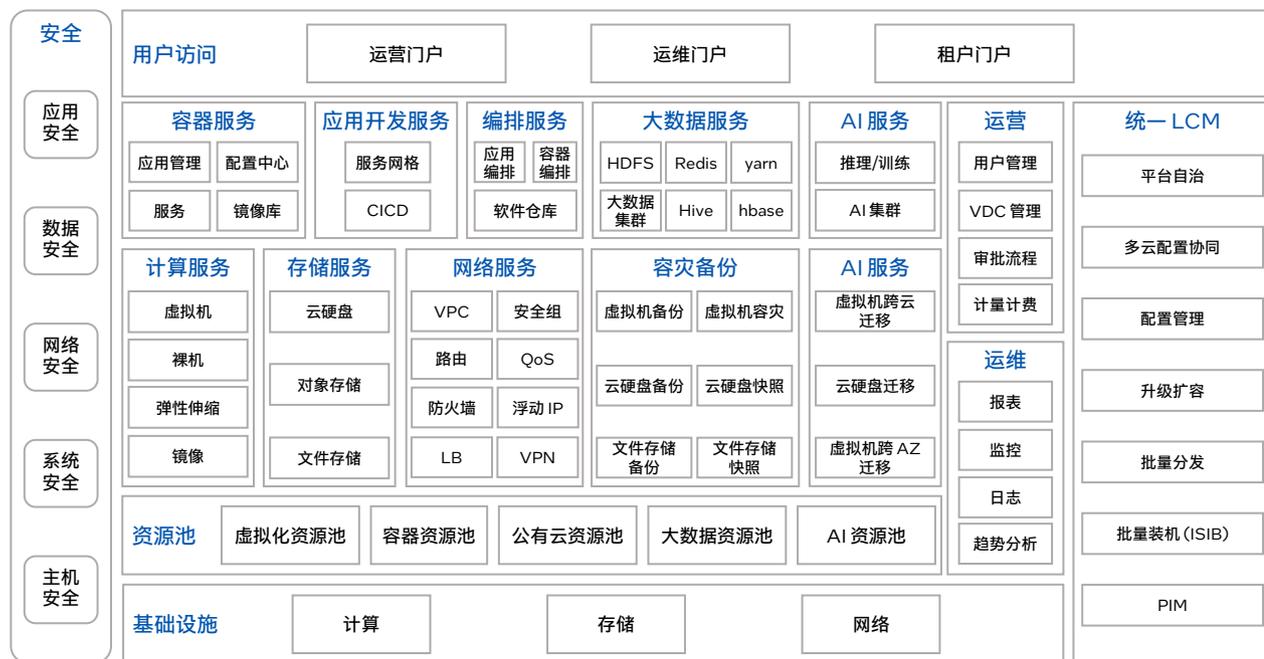


图 1: InCloud OS 产品架构

InCloud OS 提供了虚拟机迁移服务，该服务支持虚拟机 AZ 内冷热迁移、跨资源池迁移，支持将虚拟机从传统的 VMWare 平台迁移到 InCloud OS 平台，迁移过程无侵入、MAC 和 IP 同步迁移，并保证最大限度降低业务风险。

- **虚拟化计算服务**：包括虚拟机、裸金属、弹性伸缩、镜像等。用户可以根据业务类型选择虚拟机或者裸金属，同时结合 VPC、云硬盘存储等能力，打造一个高效、可靠、安全的计算环境，确保业务稳定运行。
- **存储服务**：提供高可靠、高性能、可弹性扩展的云硬盘服务，支持挂载到虚拟机、容器或裸金属上，提供持久化的能力，并提供文件存储、对象存储，支撑数据库、企业应用、开发测试等场景。
- **容灾备份**：通过基本的快照和备份技术，可以实现虚拟机和云硬盘的快照备份功能，保障数据安全性。通过存储的异步/同步复制技术，可以实现业务虚拟机的容灾备份，保证业务高可靠，能够将虚拟机系统盘、数据盘备份至第三方存储设备，并且能够支持新建云平台对备份数据的纳管和还原。
- **运维服务**：实现平台统一的运维管理，提供针对平台资源、系统服务、业务虚拟机、业务容器等的统一监控告警功能，提供系统日志和应用日志的集中索引分析功能，提供基于多种算法的趋势预测、无阈值检测、根因分析等智能运维功能。

“英特尔推出了第四代英特尔®至强®可扩展处理器，该处理器内置了 QAT 加速器——专注于数据压缩/解压缩功能，有效释放了 CPU 资源，优化整体计算性能。英特尔开源云解决方案 4.0 版 (Open Cloud 4.0) 运用了处理器的超强算力，同时利用处理器的高级硬件能力 QAT、AMX 和 SGX，在数据处理、人工智能及安全领域持续满足客户需求，提升产品竞争力。基于该方案，浪潮云海云操作系统运用 QAT 增强算力服务能力，使得虚拟机热迁移的性能和成功率得到了显著提高。”

李亚东

英特尔中国政企及全球 OEM 解决方案事业部总经理

InCloud OS 支持根据主机 CPU、内存负载动态选择热迁移加速策略，在 CPU 负载低的情况下可启用多线程压缩降低迁移内存大小、在内存资源充足的情况下采用 XBZRLE 算法进行内存的增量计算提升有效数据的传输效率，针对大内存规格虚拟机超时不收敛则可执行 CPU 阶梯降频，并支持按主机可用资源量规划压缩线程数、压缩级别、压缩策略、增量内存计算空间、降频梯度等一种或多种加速策略进行动态组合，显著降低虚拟机迁移时间和停机时间，提升效率。

内置英特尔® QAT 的第四代英特尔®至强®可扩展处理器加速虚拟机热迁移

浪潮信息与英特尔基于虚拟化和 OpenStack 层进行深度优化，以加速虚拟机迁移效率，提高虚拟机迁移成功率。该方案架构如图 3 所示，方案采用了英特尔®至强®可扩展处理器，并在 QEMU、Libvirt 和 OpenStack 中集成了 QAT 技术，以实现虚拟机热迁移。

为了进一步提升虚拟机热迁移效率，同时降低资源开销，InCloud OS 采用了第四代英特尔®至强®可扩展处理器

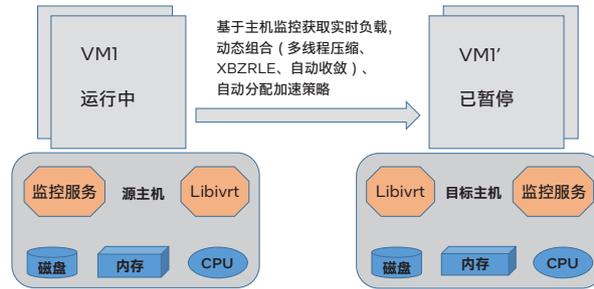


图 2: InCloud OS 基于软件实现虚拟机热迁移

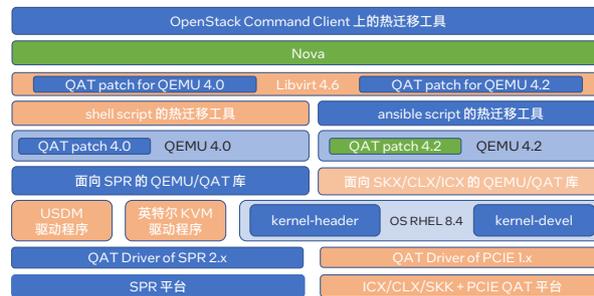


图 3: InCloud OS 在虚拟机热迁移中集成英特尔® QAT 技术

内置的硬件原生加速器英特尔® QAT，将内存页压缩/解压缩操作从 CPU 卸载到 QAT 加速器中。

第四代英特尔®至强®可扩展处理器通过创新架构增加了每个时钟周期的指令，每个插槽多达 60 个核心，支持 8 通道 DDR5 内存，实现了 50% 的内存带宽提升，并通过每 PCIe 5.0 (80 个通道) 实现了 2 倍的 PCIe 带宽提升，整体可实现 60% 的代际性能提升。第四代英特尔®至强®可扩展处理器提供了现代性能和安全性，可根据用户的业务需求进行扩展。借助内置的加速器，用户可以在 AI、分析、云和微服务、网络、数据库、存储等类型的工作负载中获得优化的性能。通过与强大的生态系统相结合，第四代英特尔®至强®可扩展处理器能够帮助用户构建更加高效、安全的基础设施。

英特尔® QAT 面向高性能安全性、私钥保护和压缩/解压缩等场景，能够将相关负载从 CPU 卸载到 QAT 中，有效提升应用程序和平台的性能。在数据路径中，英特尔® QAT 带来的高压比特性，能够广泛用于存储、高性能计算和大数据、文件系统、数据库、下一代防火墙、应用程序交付控制器、无线核心网和边缘、内容交付控制器等场景。

在测试中，浪潮云海团队首先对比了在第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器上关闭/打开英特尔® QAT 特性时，对于虚拟机热迁移效率的影响。测试数据如图 5 所示，启用英特尔® QAT 之后，在 InCloud OS 中进行热迁移的性能是关闭 QAT 的 8.19 倍⁵。

图 5: 启用英特尔® QAT 前后的虚拟机迁移时间比较

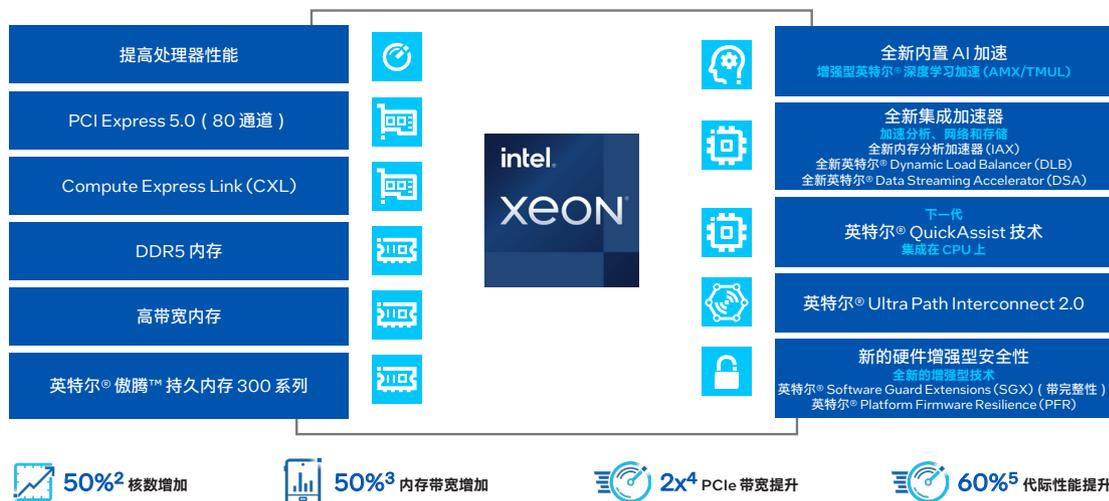
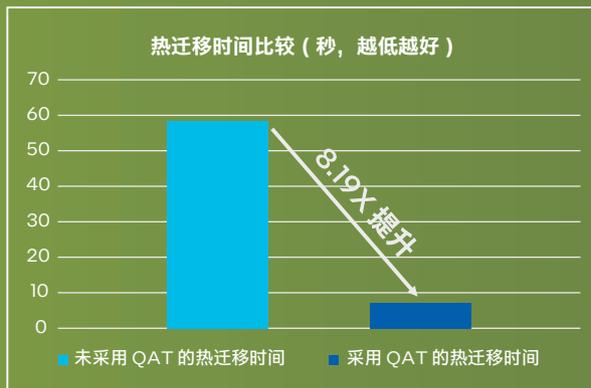


图 4: 第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器能力展示

随后，浪潮云海团队对比了第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器 + 独立 QAT 卡与启用英特尔® QAT 的第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器的性能差异。测试数据如图 6 所示，相比第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器 + 独立 QAT 卡的配置，启用英特尔® QAT 的第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器在 InCloud OS 中完成虚拟机热迁移的性能是前者的 1.89 倍⁶。

⁵截至 2022 年 10 月由浪潮开展的测试。测试配置: 双节点, 双路英特尔® 至强® 铂金 8455C 处理器, 48 核, 启用超线程, 启用睿频加速技术, 1024 GB 内存 (16 插槽/64 G/4800 MHz), 480 GB + 2 TB 固态硬盘, BIOS: American Megatrends International, LLC. 2A16 (ucode: 0x2b000070), Inspur K-UX 5.6, Linux kernel 4.18.0-305.10.2.8.kux.x86_64, InCloud OS QEMU 4.2。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, 并确认提及及数据是否准确。

^{2,3,4,5} 实际性能受使用情况、配置和其他因素的差异影响。更多信息请见 www.Intel.com/PerformanceIndex

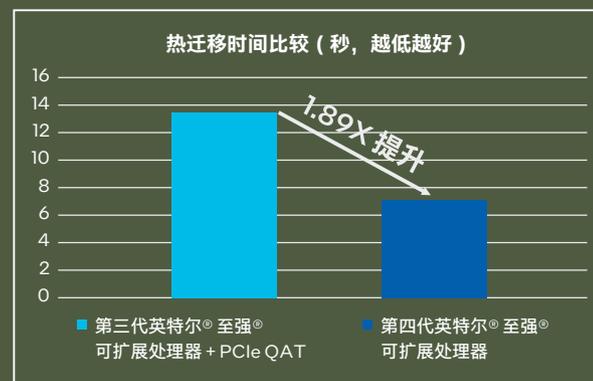


图 6. 第三代/第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器虚拟机热迁移时间比较

⁶截至 2022 年 10 月由浪潮开展的测试。测试配置 1: 双节点, 双路英特尔® 至强® 铂金 8358 处理器, 32 核, 启用超线程, 启用睿频加速技术, 512 GB 内存 (16 插槽/32 GB/3200 MHz), 480 GB + 1.92 TB 固态硬盘, BIOS: American Megatrends Inc. 04.11.00 (ucode: 0xd0001b2), Inspur K-UX 5.6, Linux Kernel 4.18.0-305.10.2.6.kux.x86_64, InCloud OS QEMU 4.2。测试配置 2: 双节点, 双路英特尔® 至强® 铂金 8455C 处理器, 48 核, 启用超线程, 启用睿频加速技术, 1024 GB 内存 (16 插槽/64 GB/4800 MHz), 480 GB + 2 TB 固态硬盘, BIOS: American Megatrends International, LLC. 2A16 (ucode: 0x2b000070), Inspur K-UX 5.6, Linux kernel 4.18.0-305.10.2.8.kux.x86_64, InCloud OS QEMU 4.2。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, 并确认提及及数据是否准确。

英特尔开源云解决方案 (Open Cloud Solution) 助力浪潮云海实现性能提升

基于第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器的英特尔开源云解决方案 (Open Cloud Solution) 不仅释放了第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器与第三代英特尔® 傲腾™ 持久内存的代际性能提升潜力, 还可充分利用处理器内置的英特尔® 高级矩阵扩展 (英特尔® AMX)、英特尔® Quick Assist Technology (英特尔® QAT)、英特尔® Software Guard Extensions (英特尔® SGX) 等高级硬件能力, 加速 AI 处理, 提升云基础架构性能和云端安全保护能力。

得益于基于第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器的英特尔开源云解决方案 (Open Cloud Solution), 浪潮云海将能够实现进一步的性能提升, 助力用户构建面向未来的高性能云基础设施。

收益

- 在热迁移过程中, 将压缩和解压缩操作从 CPU 卸载到 QAT 加速器后, 可以提升虚拟机在线迁移效率, 释放 CPU 资源;
- 提升了大内存页虚拟机的迁移成功率, 避免了因为网络抖动等原因导致虚拟机迁移失败的问题;
- 降低了虚拟机迁移过程中大量内存脏页的拷贝耗时, 从而降低了整体热迁移时间;
- 通过卸载压缩和解压缩负载, 方案能够缩短虚拟机迁移最后阶段的停机时间, 降低对于业务的影响;
- 对于最终用户而言, 虚拟机的热迁移有助于提升业务可用性、敏捷性, 保证业务持续在线。

展望

浪潮与英特尔联合验证了内置英特尔® QAT 的第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器在加速虚拟机热迁移方面的卓越价值。通过将内存页的压缩和解压缩操作从 CPU 卸载到 QAT 加速器, 该方案在助力实现热迁移的同时, 降低了资源占用, 缩短了整体热迁移时间与最后阶段的停机时间。

未来, 浪潮与英特尔将继续探索将第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器的英特尔® QAT 特性, 应用于存储、高性能计算和大数据、文件系统、数据库、下一代防火墙、应用程序交付控制器、无线核心网和边缘、内容交付控制器等场景, 充分释放 QAT 的优势, 并探索利用第四代英特尔® 至强® 可扩展处理器集成的其它高级硬件特性的价值。此外, 双方还将围绕开源云基础设施进行更加密切的合作, 帮助企业用户实现高效、安全、敏捷、稳定的上云, 支撑快速、灵活和大规模的业务创新与部署, 释放数据价值。

实际性能受使用情况、配置和其他因素的差异影响。更多信息请见 www.Intel.com/PerformanceIndex

性能测试结果基于配置信息中显示的日期进行测试, 且可能并未反映所有公开可用的安全更新。详情请参阅配置信息披露。没有任何产品或组件是绝对安全的。

具体成本和结果可能不同。

英特尔技术可能需要启用硬件、软件或激活服务。

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。

© 英特尔公司版权所有。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。其他的名称和品牌可能是其他所有者的资产。