

openEuler 22.03 LTS SP1 技术白皮书

1. 概述

欧拉开源操作系统（openEuler，简称“欧拉”）从服务器操作系统正式升级为面向数字基础设施的操作系统，支持服务器、云计算、边缘计算、嵌入式等应用场景，支持多样性计算，致力于提供安全、稳定、易用的操作系统。通过为应用提供确定性保障能力，支持 OT 领域应用及 OT 与 ICT 的融合。

欧拉开源社区通过开放的社区形式与全球的开发者共同构建一个开放、多元和架构包容的软件生态体系，孵化支持多种处理器架构、覆盖数字设施全场景，推动企业数字基础设施软硬件、应用生态繁荣发展。

2019 年 12 月 31 日，面向多样性计算的操作系统开源社区 openEuler 正式成立。

2020 年 3 月 30 日，openEuler 20.03 LTS（Long Term Support，简称为 LTS，中文为长生命周期支持）版本正式发布，为 Linux 世界带来一个全新的具备独立技术演进能力的 Linux 发行版。

2020 年 9 月 30 日，首个 openEuler 20.09 创新版发布，该版本是 openEuler 社区中的多个公司、团队、独立开发者协同开发的成果，在 openEuler 社区的发展进程中具有里程碑式的意义，也是中国开源历史上的标志性事件。

2021 年 3 月 31 日，发布 openEuler 21.03 内核创新版，该版本将内核升级到 5.10，还在内核方向实现内核热升级、内存分级扩展等多个创新特性，加速提升多核性能，构筑千核运算能力。

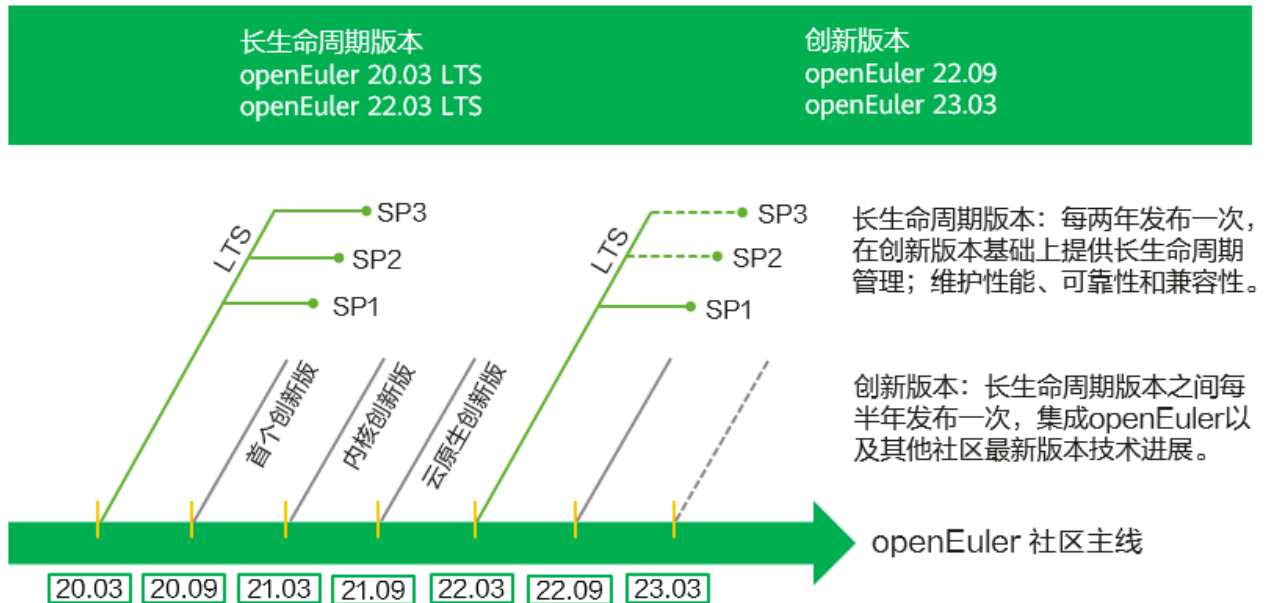
2021 年 9 月 30 日，全新 openEuler 21.09 创新版如期而至，这是欧拉全新发布后的第一个社区版本，实现了全场景支持。增强服务器和云计算的特性，发布面向云原生的业务混部 CPU 调度算法、容器化操作系统 KubeOS 等关键技术；同时发布边缘和嵌入式版本。

2022 年 3 月 30 日，基于统一的 5.10 内核，发布面向服务器、云计算、边缘计算、嵌入式的全场景 openEuler 22.03 LTS 版本，聚焦算力释放，持续提升资源利用率，打造全场景协同的数字基础设施操作系统。

2022 年 9 月 30 日，发布 openEuler 22.09 创新版本，持续补齐全场景的支持。

2022 年 12 月 30 日，发布 openEuler 22.03 LTS SP1 版本，打造最佳迁移工具实现业务无感迁移，性能持续领先。

openEuler 版本管理

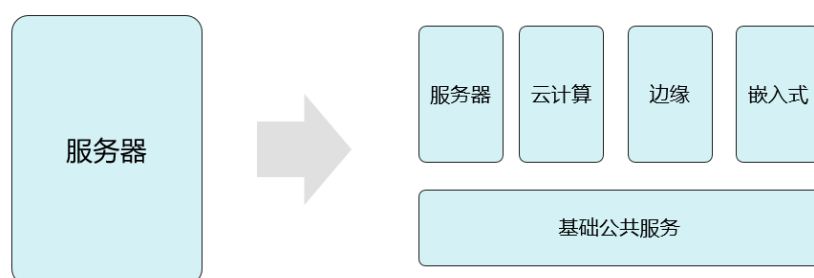


openEuler 作为一个操作系统发行版平台，每两年推出一个 LTS 版本。该版本为企业级用户提供一个安全稳定可靠的操作系统。

openEuler 也是一个技术孵化器。通过每半年发布一次的创新版，快速集成 openEuler 以及其他社区的最新技术成果，将社区验证成熟的特性逐步回合到发行版中。这些新特性以单个开源项目的方式存在于社区，方便开发者获得源代码，也方便其他开源社区使用。

社区中的最新技术成果持续合入发行版，发行版通过用户反馈反哺技术，激发社区创新活力，从而不断孵化新技术。发行版平台和技术孵化器互相促进、互相推动、牵引版本持续演进。

openEuler 覆盖全场景的创新平台



openEuler 已支持 X86、ARM、SW64、RISC-V、LoongArch 多处理器架构，逐步扩展 PowerPC 等更多芯片架构支持，持续完善多样化算力生态体验。

openEuler 社区面向场景化的 SIG 不断组建，推动 openEuler 应用边界从最初的服务器场景，逐步拓展到云计算、边缘计算、嵌入式等更多场景。openEuler 正成为覆盖全场景的操作系统，新增发布面向边缘计算的版本 openEuler Edge、面向嵌入式的版本 openEuler Embedded。

openEuler 希望与广大生态伙伴、用户、开发者一起，通过联合创新、社区共建，不断增强场景化能力，最终实现统一操作系统支持多设备，应用一次开发覆盖全场景。

openEuler 开放透明的开源软件供应链管理

开源操作系统的构建过程，也是供应链聚合优化的过程。拥有可靠开源软件供应链，是大规模商用操作系统的基础。openEuler 从用户场景出发，回溯梳理相应的软件依赖关系，理清所有软件包的上游社区地址，源码和上游对应验证。完成构建验证、分发、实现生命周期管理。开源软件的构建、运行依赖关系、上游社区，三者之前形成闭环且完整透明的软件供应链管理。

2. 平台架构

系统框架

openEuler 是覆盖全场景的创新平台，在引领内核创新，夯实云化基座的基础上，面向计算架构互联总线、存储介质发展新趋势，创新分布式、实时加速引擎和基础服务，结合边缘、嵌入式领域竞争力探索，打造全场景协同的面向数字基础设施的开源操作系统。

openEuler 22.03 LTS SP1 发布面向服务器、云原生、边缘和嵌入式场景的全场景操作系统版本，统一基于 Linux Kernel 5.10 构建，对外接口遵循 POSIX 标准，具备天然协同基础。同时 openEuler 22.03 LTS SP1 版本集成分布式软总线、KubeEdge+边云协同框架等能力，进一步提升数字基础设施协同能力，构建万物互联的基础。

面向未来，社区将持续创新、社区共建、繁荣生态，夯实数字基座。

引领内核创新：

- 云原生调度增强：针对云场景在线和离线业务混合部署场景，创新 CPU 调度算法保障在线业务对 CPU 的实时抢占及抖动抑制，创新业务优先级 OOM 内存回收算法保障在线业务安全可靠运行。
- 新文件系统 EulerFS：面向非易失性内存的新文件系统，采用软更新、目录双视图等技术减少文件元数据同步时间，提升文件读写性能。
- 内存分级扩展 etMem：新增用户态 swap 功能，策略配置淘汰的冷内存交换到用户态存储，用户无感知，性能优于内核态 swap。
- 内存 RAS 增强：内存可靠性分级技术，可以指定内核、关键进程等对内存故障敏感的数据优先使用高可靠内存，降低宕机率，提升可靠性。

夯实云化基座：

- 容器操作系统 KubeOS：云原生场景，实现 OS 容器化部署、运维，提供与业务容器一致的基于 K8S 的管理体验。
- 安全容器方案：iSulad+shimv2+StratoVirt 安全容器方案，相比传统 Docker+Qemu 方案，底噪和启动时间优化 40%。
- 双平面部署工具 eggo：ARM/X86 双平面混合集群 OS 高效一键式安装，百节点部署时间 <15min。

新场景：

- 边缘计算：发布面向边缘计算场景的版本 openEuler 22.03 LTS SP1 Edge，支持 KubeEdge+边云协同框架，具备边云应用统一管理和发放等基础能力。
- 嵌入式：发布面向嵌入式领域的版本 openEuler 22.03 LTS SP1 Embedded，镜像大小 <5M，启动时间 <5s。

繁荣社区生态：

- 友好桌面环境：UKUI、DDE、Xfce、Kiran-desktop、GNOME 桌面环境，丰富社区桌面

环境生态。

- 欧拉 DevKit：支持操作系统迁移、兼容性评估、简化安全配置 secPaver 等更多开发工具。

平台框架

openEuler 社区与上下游生态建立连接，构建多样性的社区合作伙伴和协作模式，共同推进版本演进。



硬件支持

openEuler 社区当前已与多个设备厂商建立丰富的南向生态，Intel、AMD 等主流芯片厂商的加入和参与，openEuler 全版本支持 X86、ARM、申威、龙芯、RISC-V 五种架构，并支持多款 CPU 芯片，包括 LoongArch NewWorld system、兆芯 开先/开胜系列、Intel IceLake/Sapphire Rapids、AMD EPYC Milan/Genoa 等芯片系列，支持多个硬件厂商发布的多款整机型号、板卡型号，支持网卡、RAID、FC、GPU&AI、DPU、SSD、安全卡七种类型的板卡，具备良好的兼容性。

支持的 CPU 架构如下：

硬件类型	X86	ARM	申威	龙芯	RISC-V
CPU	Intel、AMD、兆芯、海光	鲲鹏、飞腾	申威	龙芯	芯来、赛昉、优矽

支持的整机如下：

硬件类型	X86	ARM	申威	龙芯
------	-----	-----	----	----

整机	<ul style="list-style-type: none"> •Intel: 超聚变、华三、浪潮、联想、宁畅、超云、宝德、超微、中兴, 浙江大华, 云豹智能 •AMD: 华三、联想、超微 •海光: 华三、曙光/中科可控 •兆芯: 兆芯 	<ul style="list-style-type: none"> •鲲鹏: 泰山、同方、华三、宝德、神舟数码、长江计算、黄河科技、四川虹信、湘江鲲鹏、百信、天宫, 长城超云 •飞腾: 青松、华三、宝德、联想、同方、天固信安 	申威	龙芯

支持的板卡类型如下：

硬件类型	X86	ARM
网卡	华为、Mellanox、Intel、Broadcom、Marvell、网讯	华为、Mellanox、Broadcom、Marvell、网讯、Intel
Raid	华为、Avago、PMC	华为、Avago、PMC
FC	华为、Marvell、Qlogic、Emulex	华为、Marvell、Qlogic、Emulex
GPU&AI	华为、Nvidia、AMD、天数智芯、Intel, 天垓	华为、Nvidia、AMD、天数智芯、Intel
DPU	云豹智能	-
SSD	华为、三星、Intel, Dera	华为、三星、Intel, Dera
安全卡	三未信安	三未信安, Xilinx

全版本支持的硬件型号可在兼容性网站查询：<https://www.openeuler.org/zh/compatibility/>

3. 运行环境

服务器

若需要在物理机环境上安装 openEuler 操作系统，则物理机硬件需要满足以下兼容性和最小硬件要求。

硬件兼容支持请查看 openEuler 兼容性列表：<https://openeuler.org/zh/compatibility/>

部件名称	最小硬件要求
架构	ARM64、x86_64
内存	为了获得更好的体验，建议不小于 4GB
硬盘	为了获得更好的体验，建议不小于 20GB

虚拟机

openEuler 安装时，应注意虚拟机的兼容性问题，当前已测试可以兼容的虚拟机及组件列表如下：

1. centos-7.9 qemu 1.5.3-175.el7 libvirt 4.5.0-36.el7 virt-manager 1.5.0-7.el7
2. centos-8 qemu 2.12.0-65.module_el8.0.0+189+f9babebb.5
libvirt 4.5.0-24.3.model_el8.0.0+189+f9babebb virt-manager 2.0.0-5.el8
3. fedora 32 qemu 4.2.0-7.fc32 libvirt 6.1.0-2.fc32 virt-manager 2.2.1-3.fc32
4. fedora 35 qemu 6.1.0-5.fc35 libvirt 7.6.0-3.fc35 virt-manager 3.2.0-4.fc35

部件名称	最小虚拟化空间要求
架构	ARM64、x86_64
CPU	2 个 CPU
内存	为了获得更好的体验，建议不小于 4GB
硬盘	为了获得更好的体验，建议不小于 20GB

边缘设备

若需要在边缘设备环境上安装 openEuler 操作系统，则边缘设备硬件需要满足以下兼容性和最小硬件要求。

部件名称	最小硬件要求
架构	ARM64、x86_64
内存	为了获得更好的体验，建议不小于 4GB
硬盘	为了获得更好的体验，建议不小于 20GB

嵌入式

若需要在嵌入式环境上安装 openEuler 操作系统，则嵌入式硬件需要满足以下兼容性和最小硬件要求。

部件名称	最小硬件要求
架构	ARM64、ARM32

内存	为了更好的体验，建议不小于 512MB
硬盘	为了更好的体验，建议不小于 256MB

4. 场景创新

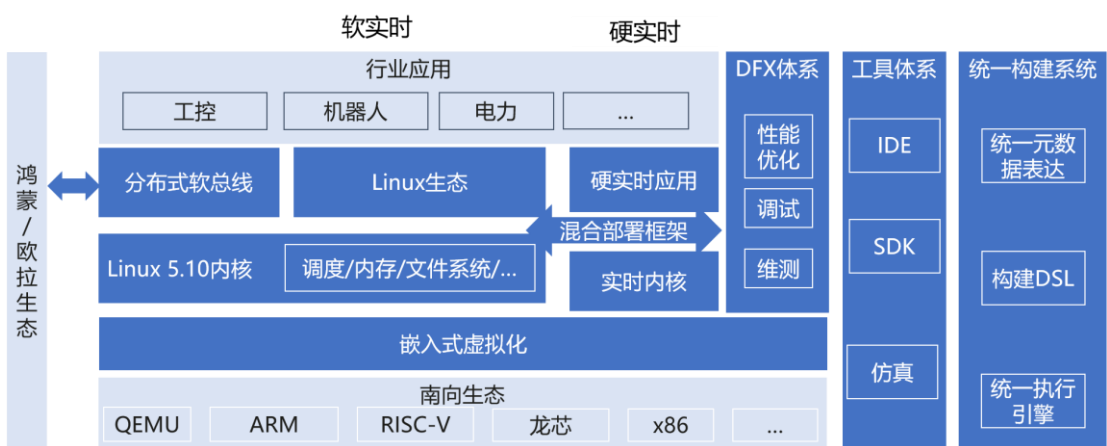
22.03 LTS SP1 首次发布面向边缘计算的 openEuler 22.03 LTS SP1 Edge 版本和面向嵌入式的 openEuler 22.03 LTS SP1 Embedded 版本，构建全场景协同的数字基础设施操作系统。

嵌入式

在中国制造 2025 及工业化和信息化融合进程加快的大背景下，我国工业软件以及信息化服务的需求持续增加，嵌入式软件作为工业软件行业最大的细分产品，其市场份额占比达到 57.4%，发展日渐壮大。

openEuler 发布面向嵌入式领域的版本 openEuler 22.03 LTS SP1 Embedded，提供更加丰富的嵌入式软件包构建能力，支持实时/非实时平面混合关键部署，并集成分布式软总线。同时，将协同 openEuler 社区生态伙伴、用户、开发者，逐步扩展支持 PowerPC、RISC-V 等芯片架构，增加确定性时延、工业中间件、仿真系统等能力，打造嵌入式领域操作系统解决方案。

功能描述



版本功能如下：

- 1) 轻量化能力：开放 yocto 小型化构建裁剪框架，支撑 OS 镜像轻量化定制，提供 OS 镜像 <5M，以及 <5s 快速启动等能力；

- 2) 多硬件支持：新增支持树莓派作为嵌入式场景通用硬件；
- 3) 软实时内核：基于 linux 5.10 内核提供软实时能力，软实时中断响应时延微秒级；
- 4) 混合关键性部署：基于树莓派实现 soc 内实时 (uniProton/zephyr) 和非实时多平面混合部署和实时系统生命周期管理；
- 5) 分布式软总线基础能力：集成 OpenHarmony 的分布式软总线和 hichain 点对点认证模块，实现欧拉嵌入式设备之间互联互通、欧拉嵌入式设备和 OpenHarmony 设备之间互联互通；
- 6) 嵌入式软件包支持：140+嵌入式领域常用软件包的构建；
- 7) 硬实时内核：开源 RTOS 内核 uniProton，支持 POSIX 接口（75 个），上下文切换时延 2us、中断延迟 1us。

未来还将提供：

- 1) 统一 API：硬实时内核 POSIX 接口支持更加完善，方便应用开发；
- 2) 行业安全认证：逐步支持面向行业安全认证，如面向 IEC61508、EC62443 等。

应用场景

嵌入式系统可广泛应用于航空航天、工业控制、电信设备、汽车及医疗等领域。随着 5G、AI 新型技术的成熟，还可应用于物联网 IOT 设备，边缘智能计算设备等。

5. 内核创新

openEuler 内核中的新特性

openEuler 22.03 LTS SP1 基于 Linux Kernel 5.10 内核构建，在此基础上，同时吸收了社区高版本的有益特性及社区创新特性：

- 内存 RAS - 高可靠内存：可以支持内核、关键进程、内存文件系统、文件缓存使用高可靠内存，避免内存多 bit 故障引起内核复位。改进了对高可靠内存的支持，对高可靠内存支持更加完善。
- 内存 RAS - UCE 容错增强：支持 copy_from_user 读操作时，发生内存多 bit 错误，可以通过杀掉受影响的进程，而避免内核复位。

- 可编程内核：支持内核调度器动态扩展调度策略，以满足不同场景的诉求。
- 资源隔离：在 cgroup v1 中支持 iocost，用户可以通过配置权重对 io 资源进行分配。
- CXL 支持：增加 PCIe/AER 的 RCEC(Root Complex Event Collectors)处理。
- 调测：基于 ARM 64 SPE，实现 perf c2c，更方便的检测 Cache 伪共享，定位性能瓶颈。
- AF_UNIX socket 性能优化：大幅降低多并发场景下，连接时延和 CPU 占用率。

内存可靠性分级

服务器支持的内存增多，内存硬件故障成为不可忽视的存在。内存不可纠正的多 Bit 错误，如果影响到操作系统内核、关键业务进程，则会导致系统复位，导致业务较长时间的中断。

另一方面，硬件技术的发展，服务器系统中可能会配置不同可靠性规格的内存，比如 HMB、NVDIMM、以及 Address Range Mirror。即系统中可以同时存在可靠性更高的内存，和可靠性较低的内存。基于此，操作系统可以管理两种不同等级的内存，让内核及对内存错误更敏感的进程使用可靠性更高的内存，以减少内存故障带来的系统复位，提升系统可用性。

功能描述



内存可靠性分级：

1. 内核核心数据高可靠：支持内核核心数据在高可靠内存区域分配，避免内核数据的读写触发内存故障，提升系统可靠性。
2. 支持进程使用高可靠内存：通过进程属性，将进程设置为高可靠进程，指定进程从高可靠内存区域分配内存。
3. 支持内存文件系统使用高可靠内存：内存文件系统（tmpfs）的读操作发生在内核态，如果触发内存故障，会触发系统复位。Tmpfs 设置使用高可靠内存，有助于减少系统复位，提升系统可靠性。
4. 支持文件缓存使用高可靠内存：文件缓存的（pagecache）的读操作发生在内核态，如果触发内存故障，会触发系统复位。将文件缓存设置使用高可靠内存，有助于减少系统复位，提升系统可靠性。
5. 优化高可靠内存不足时的处理，支持设置文件缓存、用户态进程、内存文件系统使用上限。
6. 支持高可靠、低可靠内存（内核态、用户态）拷贝内存时 UCE 故障恢复。

应用场景

对系统可靠性要求较高的半封闭场景，如某些嵌入式场景。上述特性，要求内核、tmpfs、文件缓存等使用的内存大小可控，可预估。如果超过预先设置的大小，会导致内存分配失败。

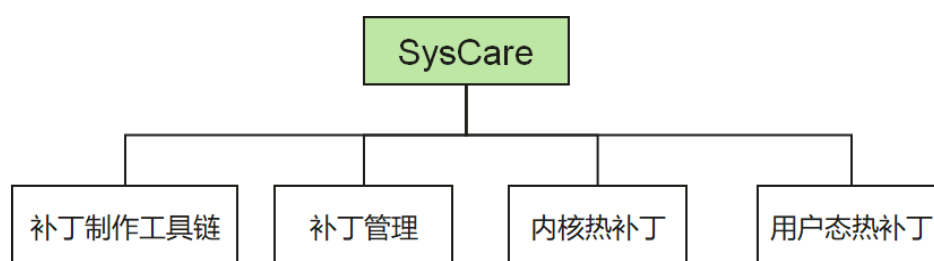
SysCare 热补丁能力

统一的操作系统热服务，为操作系统提供在线的热修复能力，可以自动化、无感知地在线修复内核、用户态服务、动态库等系统基础组件 bug 和漏洞。具备以下优势：

1. SysCare 归一化补丁制作，对用户屏蔽补丁制作的细节及差异，提供统一的补丁管理工具，提升运维效率。
2. SysCare 提供的用户态热补丁在用户态多进程/多线程业务热修复，修复简单、提升运维效率；在进程/线程新拉起、重启均生效。

3. 热补丁 lazy 机制，克服 ptrace 缺陷(需全部退出内核调用)，提升修复成功率；

功能描述



SysCare（补丁制作/补丁激活/补丁卸载），支持内核热补丁、用户态热补丁。

1、一键式补丁制作能力

目前 SysCare 统一内核热补丁和用户态热补丁的制作流程，提供一键制作补丁能力，对用户屏蔽制作补丁细节及用户态、内核态补丁制作差异。

2、补丁安装、激活、卸载

SysCare 提供统一补丁管理接口，用户在补丁安装、激活、卸载查询时使用。

3、内核热补丁商用支持

系统版本：openEuler 22.03 LTS SP1

上层应用：redis、nginx

4、用户态热补丁有限支持

- 当前支持 ELF 格式的热修复，解释型语言不支持；
- 支持 debug 信息格式为 DWARF，且不支持 g3 等级的调试信息；
- 当前暂不支持交叉编译；

应用场景

内核、库、用户态等需要通过热补丁解决 bug、cve 等场景，均可使用 SysCare。

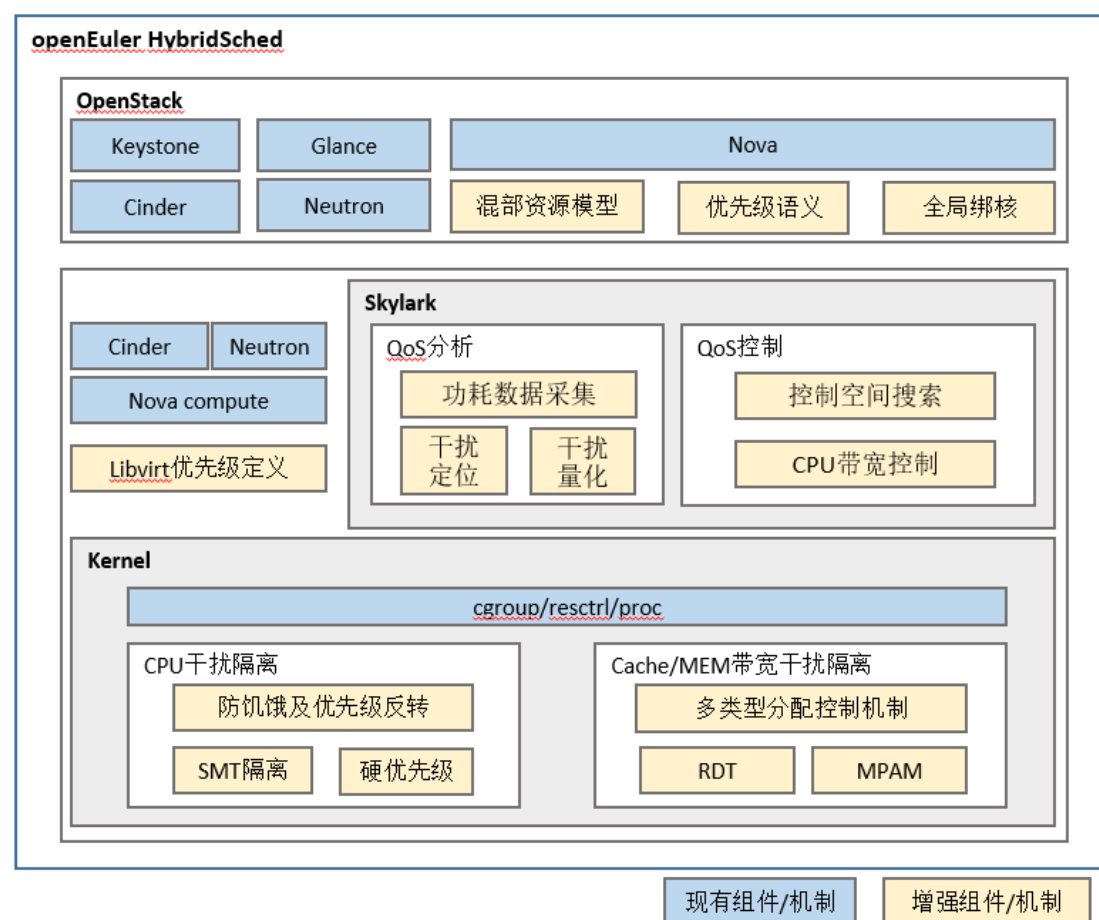
6. 云化基座

HybridSched 虚拟化混合调度

云数据中心资源利用率低是行业普遍存在的问题,提升资源利用率已经成为了一个重要的技术课题。将业务区分优先级混合部署(简称混部)运行是典型有效的资源利用率提升手段。混部的核心技术是资源隔离控制。

HybridSched 是虚拟机混部全栈解决方案,包括增强的 OpenStack 集群调度能力、全新的单机 QoS 管理组件 Skylark、以及内核态基础资源隔离能力。其中 Skylark 是一种高低优先级虚拟机混部场景下的 QoS 感知的资源调度器,在保障高优先级虚拟机 QoS 前提下提升物理机资源利用率。

功能描述



1. 集群调度增强: 增强 OpenStack Nova 能力, 支持优先级语义调度。

2. 功耗控制：通过对低优先级虚拟机的 CPU 带宽进行限制，以此达到降低整机功耗的同时保障高优先级虚拟机 QoS。
3. Cache 及内存带宽控制：支持对低优先级虚拟机的 LLC 和内存带宽进行限制，当前仅支持静态分配。
4. CPU 干扰控制：支持 CPU 时间片 us 级抢占及 SMT 干扰隔离，同时具有防优先级反转能力。

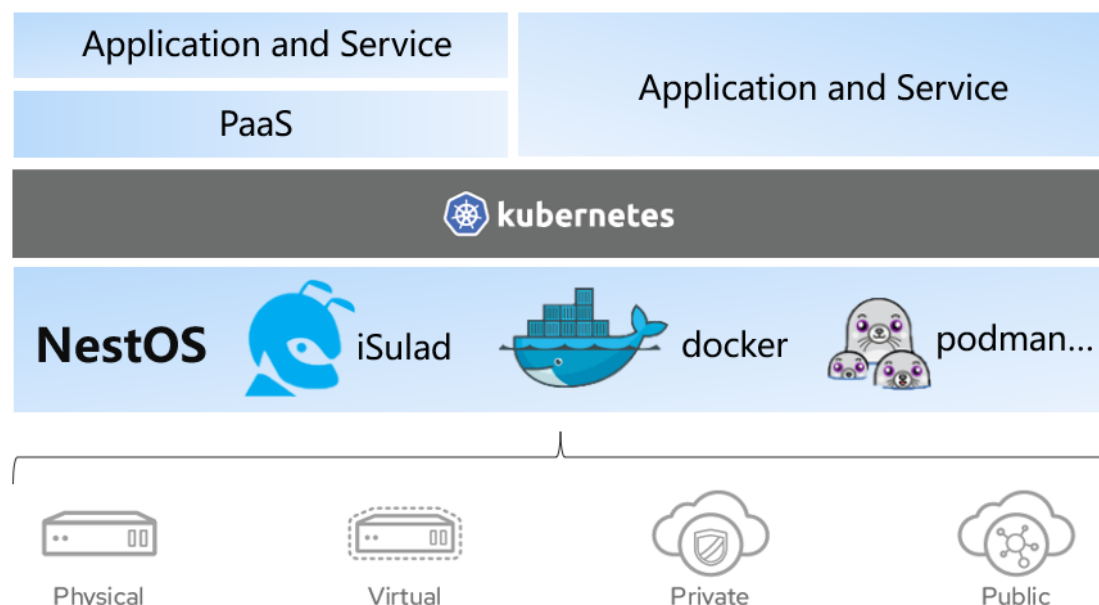
应用场景

业务可根据时延敏感性分为高优先级业务和低优先级业务，将业务区分优先级混合部署以提高资源利用率。高优先级虚拟机业务推荐：时延敏感类业务，如 web 服务、高性能数据库、实时渲染、机器学习推理等。低优先级虚拟机业务推荐：非时延敏感类业务，如视频编码、大数据处理、离线渲染、机器学习训练等。

NestOS 容器操作系统

NestOS 是在 openEuler 社区孵化的云底座操作系统，集成了 rpm-ostree 支持、ignition 配置等技术，采用双根文件系统、原子化更新的设计思路，使用 nestos-assembler 快速集成构建。并针对 K8S、OpenStack 等平台进行适配，优化容器运行底噪，使系统具备十分便捷的集群组件能力，可以更安全的运行大规模的容器化工作负载。

功能描述



- **开箱即用的容器平台：**NestOS 集成适配了 iSulad、Docker、Podman 等主流容器引擎，为用户提供轻量级、定制化的云场景 OS。
- **简单易用的配置过程：**NestOS 通过 ignition 技术，可以以相同的配置方便地完成大批量集群结点的安装配置工作。
- **安全可靠的包管理：**NestOS 使用 rpm-ostree 进行软件包管理，搭配 openEuler 软件包源，确保原子化更新的安全稳定状态。
- **友好可控的更新机制：**NestOS 使用 zncati 提供自动更新服务，可实现节点自动更新与重新引导，实现集群节点有序升级而服务不中断。
- **紧密配合的双根文件系统：**NestOS 采用双根文件系统的设计实现主备切换，确保 NestOS 运行期间的完整性与安全性。

应用场景

NestOS 适合作为以容器化应用为主的云场景基础运行环境，解决了在使用容器技术与容器编排技术实现业务发布、运维时与底层环境高度解耦而带来的运维技术栈不统一，运维平台重复建设等问题，保证了业务与底座操作系统运维的一致性。

7. 特性增强

国密全栈支持

openEuler 操作系统国密支持旨在对操作系统的关键安全特性进行国密算法使能，并为上层应用提供国密算法库、国密证书、国密安全传输协议等密码服务。支持的国密算法主要有 SM2、SM3、SM4。

功能描述

openEuler 支持国密算法，包含如下功能：

1. openssl、libgcrypt 等用户态算法库支持国密 SM2/SM3/SM4 算法；
2. openssh 支持国密 SM2/SM3/SM4 算法套件；
3. openssl 支持国密 TLCP 协议栈；
4. 磁盘加密（dm-crypt/cryptsetup）支持 SM3/SM4 算法；
5. 用户身份鉴别（pam/libuser/shadow）支持 SM3 口令加密；
6. 入侵检测（AIDE）支持 SM3 摘要算法；
7. 内核加密框架（crypto）支持 SM2/SM3/SM4 算法，以及 AVX/CE/NEON 等算法优化；
8. 内核完整性度量架构（IMA/EVM）支持 SM3 摘要算法和 SM2 证书；
9. 内核模块签名/验签支持 SM2 证书；
10. 内核 KTLS 支持 SM4-CBC 和 SM4-GCM 算法；
11. 鲲鹏 KAE 加速引擎支持 SM3/SM4 算法加速；
12. shim 组件支持基于 SM2/SM3 算法的操作系统安全启动。

应用场景

用户可基于 openEuler 操作系统提供的国密基础能力进行业务侧国密使能。如调用 openssl 加密接口，完成业务数据的 SM3 算法加密。如使用 dm-crypt 进行磁盘加密时，指定用 SM3/SM4 算法等。

GCC for openEuler

GCC 编译器基于开源 GCC 10.3 版本开发, 支持自动反馈优化、软硬件协同, 内存优化、SVE 向量化、数学库等特性。

1. 充分发挥 ARM 架构的硬件特性, 运行效率更高, 在 SPEC CPU 2017 等基准测试中性能大幅优于上游社区的 GCC 10.3 版本;
2. 支持 mcmmodel=medium、fp-model、四精度浮点、矢量化数学库等功能;
3. 支持自动反馈优化特性, 实现数据库等场景性能倍增;

多版本 GCC 共存支持: 提供以 GCC 12.2.0 为基线的 gcc-toolset-12 系列软件包, 增强 Intel SPR 相关特性。

功能描述

- 支持 ARM 架构下 mcmmodel=medium 的寻址方式, 可以正确访问体积超过 4GB 的符号, 解决程序地址溢出导致的错误。
- 支持 ARM 架构下 128 位四精度浮点数库, 有效提升浮点数运算的精度。
- 支持矢量化 mathlib 数学库使能, 在矢量化阶段自动寻找可以使用矢量化版本数学库的机会。
- 支持 ARM 架构下 SVE 矢量化优化, 在支持 SVE 指令的机器上启用此优化后能够提升程序运行的性能。
- 支持 SLP 矢量化优化, 进行 reduction chains group 和 grouped_stores 转置的分析以及矢量化, 提升程序运行的性能。
- 支持 fp-model 精度控制选项, 精细化控制浮点数计算精度。
- 支持内存布局优化, 通过重新排布结构体成员的位置, 使得频繁访问的结构体成员放置于连续的内存空间上, 提升 Cache 的命中率, 提升程序运行的性能。
- 支持冗余成员消除优化, 消除结构体中从不读取的结构体成员, 同时删除冗余的写语句, 缩小结构体占用内存大小, 降低内存带宽压力, 提升性能。
- 支持指针压缩优化, 将结构体域成员中的结构体指针由 64bits 压缩至可选的 8、16 和 32bits 整型, 缩小结构体占用内存大小, 降低内存带宽压力, 提升性能。
- 支持数组比较优化, 实现数组元素并行比较, 提高执行效率。

- 支持 ARM 架构下指令优化：增强 ccmp 指令适用场景，简化指令流水。
- 支持自动反馈优化，使用 perf 收集程序运行信息并解析，完成编译阶段和二进制阶段反馈优化，提升数据库 MySQL 等主流应用场景的性能。

应用场景

例如：高性能计算领域，运行 WRF、NEMO 应用，相比于上游社区的 GCC 10.3 版本能够获得 10% 左右的性能收益。

毕昇 JDK

毕昇 JDK 是基于 OpenJDK 开发的增强版本，具备高性能、高可用等优点，可用于生产环境。毕昇 JDK 积累了大量使用场景，并针对 ARM 进行性能优化。支持 JDK8、JDK 11 和 JDK17 三个版本，其中毕昇 JDK 8 与 Java SE 标准兼容，毕昇 JDK 具备如下优势：

1. 稳定高效：在 SPECjbb2015 等基准测试中性能优于 OpenJDK。
2. 软硬结合：充分发挥鲲鹏服务器硬件特性，运行效率更高。
3. 安全有保障：毕昇 JDK 和 OpenJDK 社区版本同步更新，同时针对安全问题做更为严格的分析和把控，及时合入 CVE 安全漏洞补丁。
4. 开源贡献：毕昇 JDK 提供发行包和开源代码，并持续贡献上游社区。

功能描述

- 支持 Dynamic CDS 技术（毕昇 JDK 8）：该技术是 AppCDS 的扩展版本，可以将 Custom Classloader 加载的 class 类转储为 jsa 文件，增加类共享范围，提升应用启动加载速度。
- 提供 ARM 版 ZGC TBI 优化（毕昇 JDK17）：TBI（Top Byte Ignored）是 ArmV8A 的一个硬件特性。该特性可以在指针寻址时忽略指针的最高八位的值。毕昇 JDK17 将 TBI 特性运用到 Aarch64 平台的 ZGC 的 Colored Pointer 实现上（替换原本的 Multi Mapping 方案），有效提升 Java zgc 运行性能，降低 dTLB Load Misses。

应用场景

应用场景 1：大数据应用

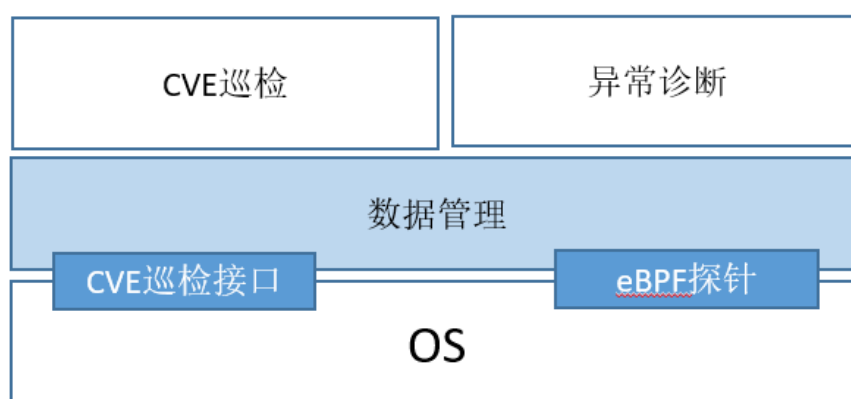
针对大数据优化 GC 内存的分配和回收，消除 JIT 代码中冗余内存屏障等。在大数据应用的基准测试性能较 OpenJDK 有 5%~20% 的性能提升。

应用场景 2：常见 Java 应用

针对鲲鹏服务器的弱内存模型进行优化，无效内存屏障，软硬结合使能 NUMA-Aware 特性，提高应用访问内存的效率，提升应用性能。增强 Java 开发者工具、引入 JFR 支持和 JMap 优化等功能帮助开发者快速分析性能、定位故障。

A-Ops 智能运维

IT 基础设施和应用产生的数据量快速增长（每年增长 2~3 倍），应用大数据和机器学习技术日趋成熟，驱动高效智能运维系统产生，助力企业降本增效。openEuler 智能运维提供智能运维基本框架，支持 cve 管理、异常检测（数据库场景）等基础能力，支持快速排障和运维成本降低。



功能描述

- cve 在线巡检

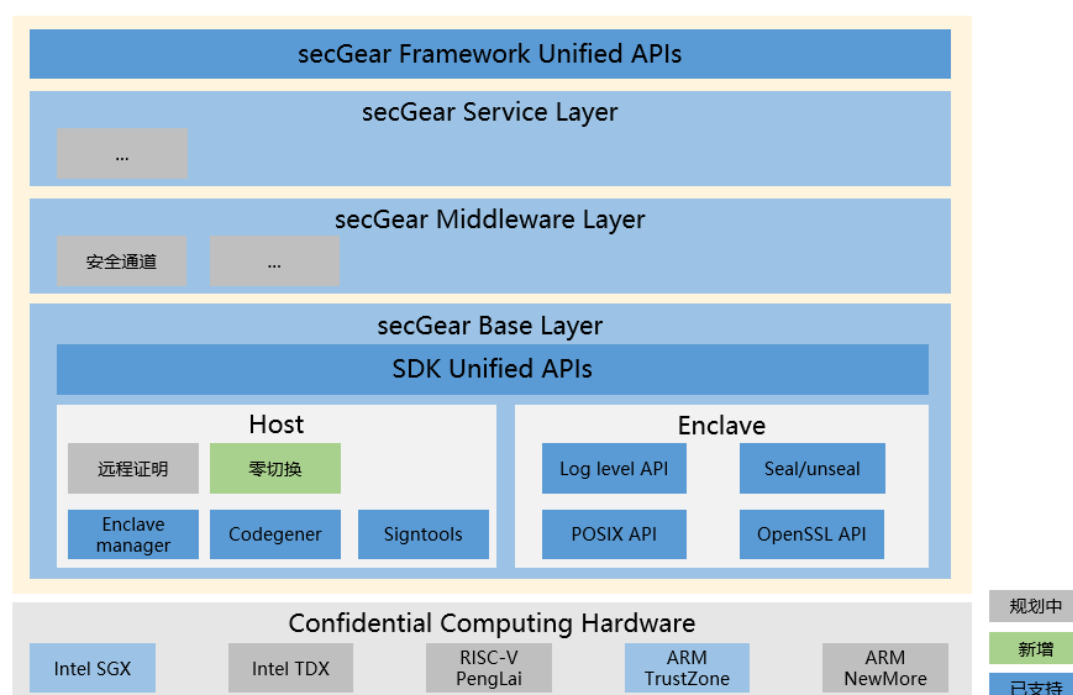
提供 CVE 集训扫描能力，支持漏洞库在线更新，方便用户快速扫描未修复漏洞，一键修复，保障集群安全，提升漏洞修复效率。

- 异常检测

提供 mysql、openGauss 业务场景中出现的网络 I/O 时延、丢包、中断等故障以及磁盘 I/O 高负载故障检测能力

secGear 机密计算统一开发框架

secGear 是 openEuler 机密计算统一开发框架，致力于兼容业界主流 TEE，屏蔽 TEE 及 SDK 差异，对开发者提供统一、简易的开发接口，实现不同架构共源码，使开发者聚焦业务，降低机密计算应用开发维护成本，打通各 TEE 应用生态，助力机密计算生态建设。



secGear 从逻辑上分为三层，共同组成 openEuler 机密计算软件生态底座。

- Base Layer：机密计算 SDK 统一层，屏蔽 TEE 及 SDK 差异，实现不同架构共源码。
- Middleware Layer：通用组件层，机密计算软件货架，无需从头造轮子，帮助用户快速构建机密计算解决方案。
- Server Layer：机密计算服务层，提供典型场景机密计算解决方案。

本次版本新增支持零切换特性是一种通过共享内存减少 REE 与 TEE 上下文切换及数据拷贝次数，优化 REE 与 TEE 交互性能的技术。

传统应用做机密计算改造拆分成非安全侧(CA)与安全侧(TA)后：

- 1) 当 CA 业务逻辑中存在频繁调用 TA 接口时，调用中间过程耗时占比较大，严重影响业务性能；
- 2) 当 CA 与 TA 存在频繁大块数据交换时，普通 ECALL 调用底层会有多次内存拷贝，

导致性能低下。

针对以上两种典型场景，可以通过零切换特性优化交互性能，降低机密计算拆分带来的性能损耗。

功能描述

零切换特性支持的功能：

- 支持零切换 ECALL 调用，提高函数调用效率。
- 支持共享内存，REE 与 TEE 数据交换零拷贝，提高数据交换速度。
- 支持异步零切换 ECALL 调用。
- 支持 TEE 侧线程调度策略可配置，用户可以根据软硬件资源灵活配置资源使用方式。

应用场景

应用场景 1：密态数据库

密态数据库在 TEE 中提供 SQL 查询和计算能力，当数据库客户端请求查询时会将密文传入 TEE 中执行查询，当密文数据较大时需要分多次传入 TEE 中，当存在大量查询请求时，会频繁触发 REE 与 TEE 之间的调用及数据拷贝，性能下降明显。引入零切换特性后，利用零切换调用以及数据零拷贝，查询场景端到端性能提升明显。

应用场景 2：BJCA 密码模块

BJCA 密码模块在 TEE 中支持 SM2、SM3、SM4 算法，对外提供密码服务，在实际业务中经常需要应对海量请求，导致频繁 REE 与 TEE 之间上下文切换。

边云协同加速

边缘计算是未来 10 大战略技术趋势。随着智慧城市、自动驾驶、工业互联网等应用落地，海量数据将在边缘产生，IDC 预测中国 2025 年产生的数据将达 48.6ZB，集中式云计算在带宽负载、网络延时、数据管理成本等方面愈发显得捉襟见肘，难以适应数据频繁交互需求，边缘计算价值凸显。

功能描述

完整的边缘计算系统应该包括几大协同能力：

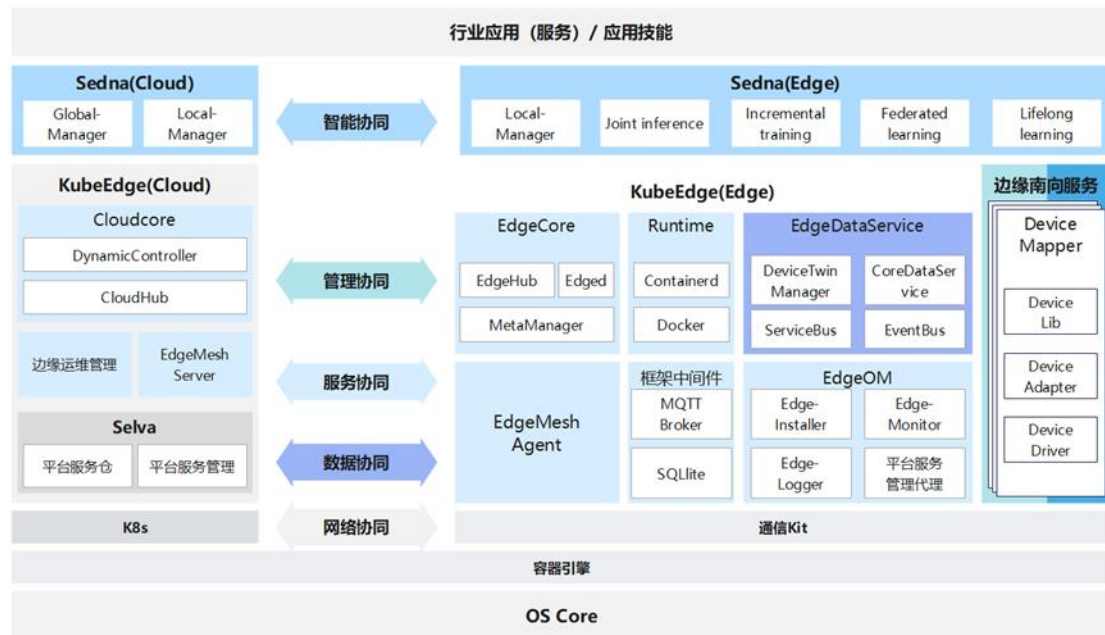
网络协同：主要满足智能边缘计算的**网络协同**，通过跨子网数据通信机制，连接边缘节点与边缘节点以及边缘节点和中心的通信网络。

服务协同：主要满足智能边缘计算的**服务协同**，通过分布式服务发现机制、丰富的边缘流量治理策略，将打通云边服务协同的能力。

数据协同：主要满足智能边缘计算的**数据协同**，通过边缘数据采集、数据清洗与缓存以及数据传输与同步，在中心实现统一数据管理、统一数据处理和统一数据运营。

管理协同：主要满足智能边缘计算的管理协同，在中心实现统一资源管理视图、统一应用管理视图以及统一运维监控视图。

智能协同：主要满足智能边缘计算的**智能协同**，通过协同训练、协同推理、增量学习等能力，支持现有 AI 类应用无缝下沉到边缘。



openEuler 作为国内领先的开源操作系统，从 openEuler 22.03 LTS 版本开始，通过集成 KubeEdge，原生支持边缘计算场景。

KubeEdge 是由华为云发起的云原生边缘计算平台开源项目，当前有近 50 家企业、组织、科研院校参与其中，已经成为 CNCF 首个孵化级边缘计算项目。作为云原生边缘计算的引领者，KubeEdge 从资源管理、数据协同、AI 使能等方面，提供全栈是云边协同边缘计算能力，KubeEdge 及其生态组件能够满足边缘计算场景下的全量需求。

KuebEdge：作为边缘计算平台基础脚手架，100% 兼容 Kubernetes 原生能力，支持用户使用 Kubernetes 原生 API 统一管理边缘应用、支持海量边缘设备管理、应用/数据边缘自治等等。

EdgeMesh：作为 KubeEdge 集群数据面工具，打通割裂的边缘网络环境，负责应用的云边服务发现与流量转发；屏蔽复杂的边缘网络拓扑结构，简化网络配置，使用与云原生一致的服务发现机制，且通过极轻的代理组件完成云边服务协同。

Sedna：作为业界首款分布式边云协同 AI 框架，提供协同推理、联邦学习、增量学习和终身学习等等，打通 AI 应用和云边协同计算能量通路，降低了分布式协同机器学习服务构建与部署成本、提升模型性能、保护数据隐私等。

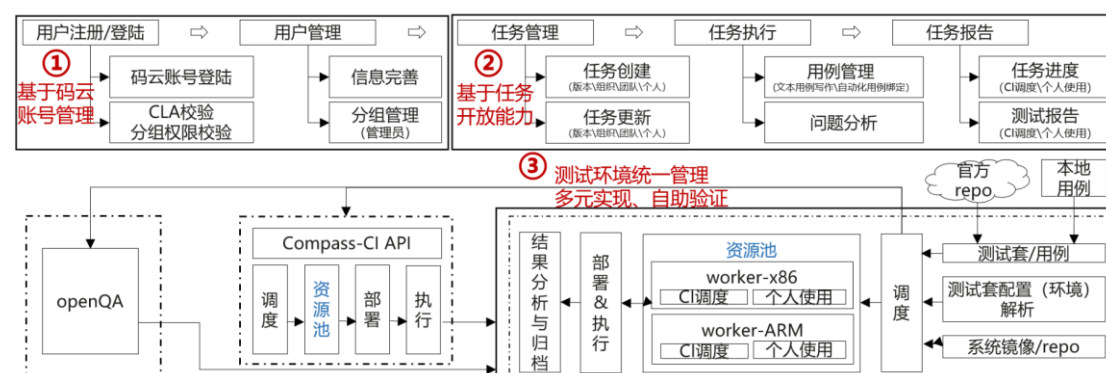
应用场景

可应用智能制造、城市交通、高速收费稽查、智慧加油站、医疗影像识别、智慧园区等广泛的边云协同场景。

radiaTest 社区测试平台

radiaTest 是一个 openEuler 社区孵化的用以承载社区全流程测试活动的管理平台。该平台核心为 web 端数据中台，帮助社区版本测试高效运作，使能社区版本测试可跟踪可追溯。同时对于资源管理和自动化测试而言，自建有支持调度执行的 worker 端，并支持各类不同平台下的 worker 集群接入，为社区开发者提供多元化资源借用、自动化测试执行入口。

功能描述



- 支持对物理机进行静态资源管理，包括资源的密钥修改、占用释放和系统重装；支持对虚拟机进行动态管理，以及基于物理宿主资源创建虚机资源，提供网卡磁盘热插拔修改以及 web 控制台等功能。
- 支持对文本用例的数据管理，提供测试用例评审合入的功能。支持根据版本圈定版本用例基线。
- 支持对产品和里程碑进行数据管理，支持和码云企业仓进行数据同步管理，提供版本质量看板，使能测试可信。
- 支持管理测试任务数据，支持自动化测试触发执行，以及支持手工用例 IT 化管理。归一存储测试日志，具备日志按步分割和分析标注的功能。

应用场景

应用场景 1：开发者测试

面向生态伙伴与社区开发者开放测试环境与用例，社区测试环境统一管理，含镜像、虚拟机、容器，实现并发测试调度与执行。对接多元测试服务，支持伙伴自有环境接入，自定义任务与自助任务执行。

应用场景 2：版本质量看护

面向社区正式 release 版本，时间检测构建、AT 执行、软件范围变更、测试执行、问题闭环、需求进展等多项过程质量，将质量标准 IT 化看护。

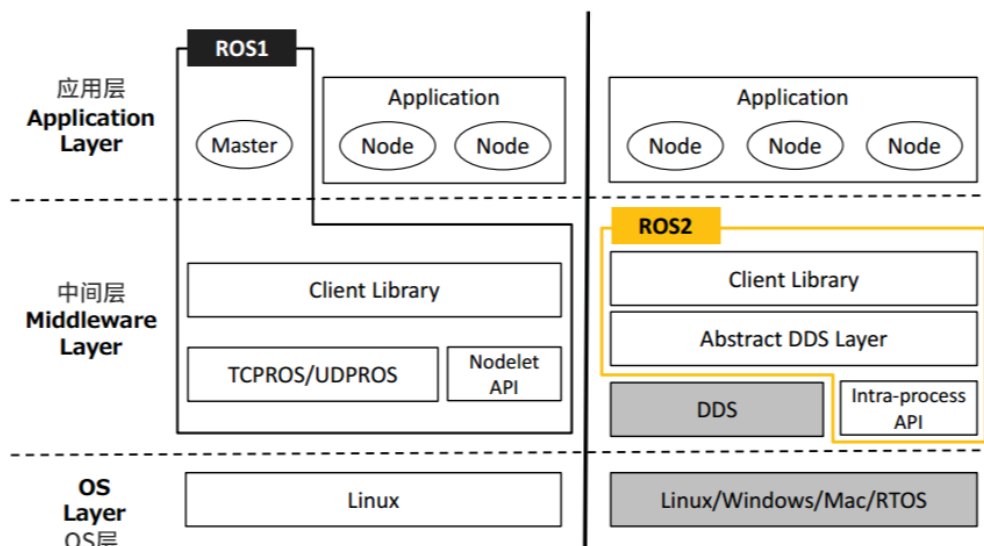
ROS 组件支持

ROS (Robot Operating System) 是一组软件库和工具，可帮助开发者构建机器人应用程序。从驱动程序到算法，开发工具，ROS 把原本松散的零部件耦合在了一起，为开发者们提供了通信架构。ROS 虽然叫做操作系统，但并非传统意义的操作系统，它只是连接了操作系统和开发者的 ROS 应用程序，所以它是一个中间件，基于 ROS 的应用程序之间建立起了沟通的桥梁，所以也是运行在 Linux 上的运行时环境，在这个环境上，机器人的感知、决策、控制算法可以更好的组织和运行。

本特性提供了基于 ROS1 和 ROS2 的基础核心 ROS 组件，包括通信架构、编译工具，填补了在 openEuler 上使用 ROS 的空白。

功能描述

ROS 功能架构图：



本次基础版本 ROS 特性主要提供两个关键组件：

- 编译工具；
- 通信交互。

应用场景

适用于基于 ROS 的机器人基本软件功能开发，如通信交互和消息处理，用户可根据自己的需求自定义实现话题通信、服务通信等同步或者异步的通信方式函数，实现机器人基本通信框架的搭建。

openEuler WSL package 支持

Windows Subsystem for Linux (WSL) 是支持在 Windows 上运行 Linux 用户态软件的适配层，通过在微软应用商店，用户可以快速在 Windows 中获得原生的 openEuler 体验。

功能描述

- 一键安装，开箱即用：在支持 WSL 的 Windows 设备上，通过 Windows Store 即可一键下载体验最新的 openEuler LTS 版本。

- 全生命周期支持：所有仍在支持周期的 openEuler 的 LTS 版本都将上架微软应用商店，并且跟随社区版本节奏一同获得版本更新。
- 自定义友好：用户既可以通过微软商店下载已经打包的 openEuler WSL 应用，也可以基于 openEuler WSL 仓库的开源代码构建自己的 WSL 应用。
- 持续的功能更新：随着微软 WSL 特性的持续迭代，Linux 原生 GUI 应用，systemd 和更多功能会在后续的 openEuler WSL 版本中获得支持。

应用场景

1. 在 Windows 中快速部署和体验 openEuler LTS 版本；
2. 利用 vs code 和 openEuler WSL 打造流畅跨平台开发体验；
3. 在 openEuler WSL 中搭建 K8S 集群；
4. 使用你喜爱的 openEuler command-line 程序或脚本处理 Windows 或 WSL 中的文件和程序；

发布 kiran-desktop 2.4 版本

Kiran 桌面今年发布了两个版本，分别为：

- 基于 openEuler 22.09 发布的 kiran v2.3 版本
- 基于 openEuler 22.03 LTS SP1 发布的 kiran v2.4 版本

kiran v2.3~v2.4 主要功能变更如下：

1. 控制中心前端
2. 会话管理
3. Qt 主题

LoongArch 架构支持

openEuler 社区协同龙芯中科等伙伴联合攻关，移植 openEuler-2203-LTS 版本到 LoongArch 架构，累计合入 PR 124 个，已构建软件源码包 3532 个、二进制包 14378 个，解决构建与测试问题上百个，完成了 CLFS、RootFS、Docker 镜像及 Beta4 版本 ISO 制作，

正在进行正式版本 ISO 发布构建工作。

申威架构支持

目前申威已提供 BIOS、VMM、操作系统功能，可高效管理调度 CPU、内存、进程等个软硬件资源，可创建、管理虚拟机并服务于安全虚拟终端。关键特性已社区合入，版本支持服务器场景、workstations 场景并提供虚拟化能力。

开发人员、用户可使用 openEuler sw64 版本作为全面自主可控安全的服务器、操作系统平台。

Power 架构支持

合芯科技以开源 RISC 架构 CPU 研发为中心，当前已基于 HX-C1000 芯片平台上完成 openEuler Power 版本验证，系统组件可满足基础开发试用，社区发布预览版 ISO 版本供社区开发者、爱好者体验，并将关键特性逐步合入社区。

Intel SPR 适配支持

Intel Sapphire Rapids 在 openEuler 22.03 LTS SP1 版本中实现完整支持，关键特性已社区合入，如：

Intel Advanced Matrix Extensions (AMX)及其虚拟化支持；

Intel Software Guard Extensions (Intel SGX)及其虚拟化支持；

Intel Data Streaming Accelerator (Intel DSA)；

Sapphire Rapids 新指令以及虚拟化的支持；

Intel Platform Monitoring Technology (PMT) 支持；

系统总线锁检测和限流 (Bus lock detection and ratelimit)；

Sapphire Rapids 平台 HBM EDAC 支持和 MCA 故障恢复功能增强；

Intel 的 PCIe 非透明桥的驱动支持；

AMD EPYC Genoa 适配支持

AMD EPYC Genoa 处理器在 openEuler 22.03 LTS SP1 版本中实现完整支持，关键特性已社区合入，如：

特性	是否必须	是否计划合入
crypto	essential	已合入
sme	essential	已合入
hwmon	essential	已合入
RAS(edac/mce)	essential	已合入
kvm 5-level pagetable	essential	已合入
kvm support > 255 cpus	essential	已合入
idle driver update	essential	已合入
PerfMon V2-core events	essential	已合入
PerfMon V2-uncore events	essential	已合入
PerfMon V2-IBS	essential	已合入
Perf BRS	Consider	已合入
Perf mem/c2c	Consider	已合入

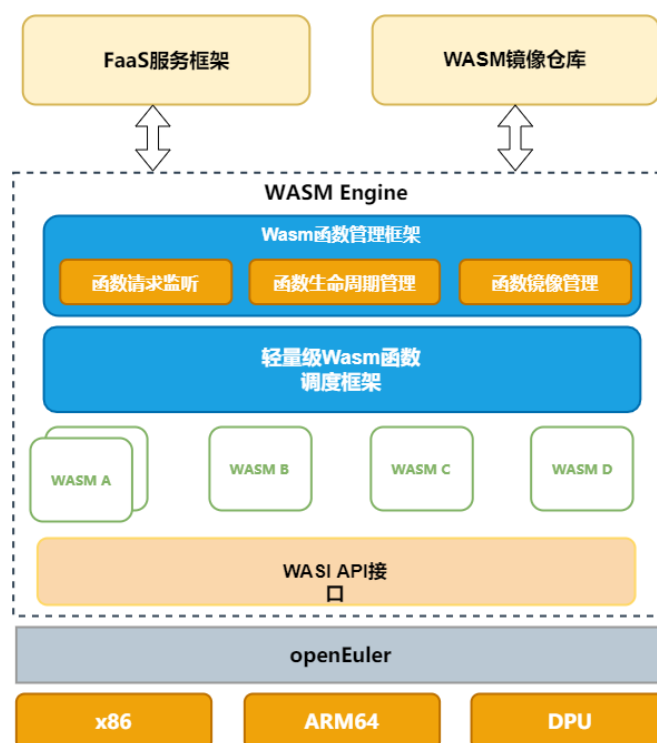
8. 技术预览

WASM 安全沙箱引擎

FaaS 函数计算是云计算新型的计算范式，通过 FaaS 用户可以快速地构建任何类型的应用和服务，具有开发敏捷、自动弹性伸缩、按需付费、免运维的特点。传统基于容器的 FaaS 方案虽然可以解决客户定制化计算处理能力与 CDN 自有服务解耦和快速迭代更新的问题，但是在面对高并发大流量的场景下，容器的冷启动速度和底噪开销无法满足业务场景单节点上万实例的快速执行和处理诉求。

本特性提供了基于 WebAssembly 技术的安全沙箱能力，将函数部署在 Wasm 安全沙箱中，实现函数隔离的前提下，解决了高并发场景下容器冷启动速度慢和内存底噪开销大的问题。

功能描述



轻量级 Wasm 沙箱引擎整体功能主要由以下两个关键组件提供：

1. Wasm 函数管理框架

- 支持监听处理高并发量函数请求
- 函数的生命周期管理
- 兼容 OCI 格式容器镜像，管理本地函数镜像资源

2. Wasm 轻量级协程调度框架

抽象 Wasm 实例的执行上下文，支持轻量级高性能的用户态协程调度模型，并支持 JIT/AOT 多种 Wasm 实例执行模型。

应用场景

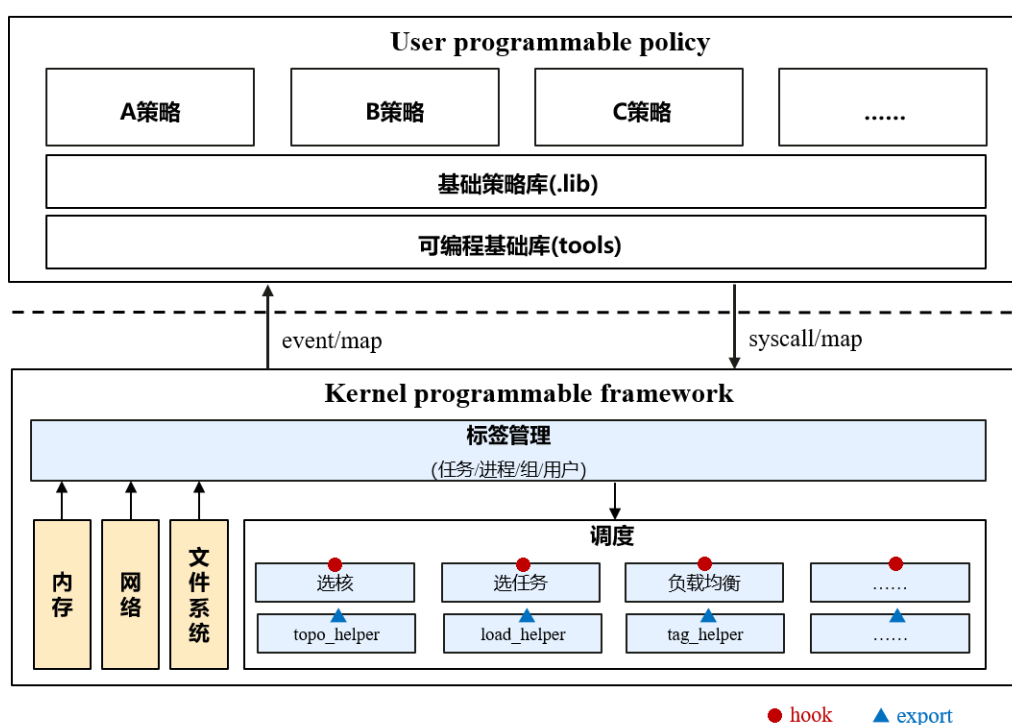
适用于按需启动短时运行时的无状态 FaaS 函数任务，例如在 CDN 边缘计算场景下，可以部署客户自定义实现的请求的预处理函数，实现按需拉取、快速响应。

基于 eBPF 的可编程调度框架

基于 eBPF 的可编程调度框架，支持内核调度器动态扩展调度策略，以满足不同负载的性能需求，具备以下特点：

- 1) 标签管理机制，开放对任务和任务组进行标签标记的能力，用户和内核子系统可通过接口对特定工作负载进行标记，调度器通过标签可以感知特定工作负载的任务。
- 2) 支持抢占、选核、选任务等功能点的策略扩展，可编程调度框架支持 CFS 调度类抢占，选核，选任务等功能的策略扩展，提供精心设计的扩展点和丰富的辅助方法，帮助用户简单，高效的扩展策略。

功能描述



- 1) 基础库函数与策略库，提供编写用户态策略的基础库函数与可配置的调度策略模板，支持用户快速编排和扩展，对用户编程友好。
- 2) 标签管理机制，支持对任务/进程/组/用户等对象的自定义扩展标签，承载用户态与内核态，内核态组件之间的协同调度的语义。
- 3) 调度组件 hook 点与 helper 函数，支持对 CFS 调度类的选核，选任务，抢占流程的自定义策略注入。

应用场景

开发人员、系统管理人员基于可编程内核框架针对不同应用场景，开发自定义策略，动态加载到内核执行。

EulerMaker 构建系统

EulerMaker 构建系统是一款软件包构建系统，完成源码到二进制软件包的构建，并支持开发者通过搭积木方式，组装和定制出适合自己需求的场景化 OS。主要提供增量/全量构建，门禁构建，分层定制与镜像定制的能力。

功能描述



1. 增量/全量构建：基于软件包变化，结合软件包依赖关系，分析影响范围，得到待构建软件包列表，按照依赖顺序下发并行构建任务。
2. 门禁构建：监听 PR 请求，对涉及的软件包进行构建与安装验证，并基于依赖分析，得到受变化影响的软件包范围，并对这些软件包进行构建及安装验证，保障 PR 合入质量。
3. 分层定制：支持在构建工程中，通过选择与配置层模型，实现对软件包的 patch，构建依赖，安装依赖，编译选项等内容的定制，完成针对软件包的场景化定制。
4. 镜像定制：支持开发者通过配置 repo 源，生成 iso、嵌入式、容器等 OS 镜像，并支持对镜像进行软件包列表，用户登录密码等定制。

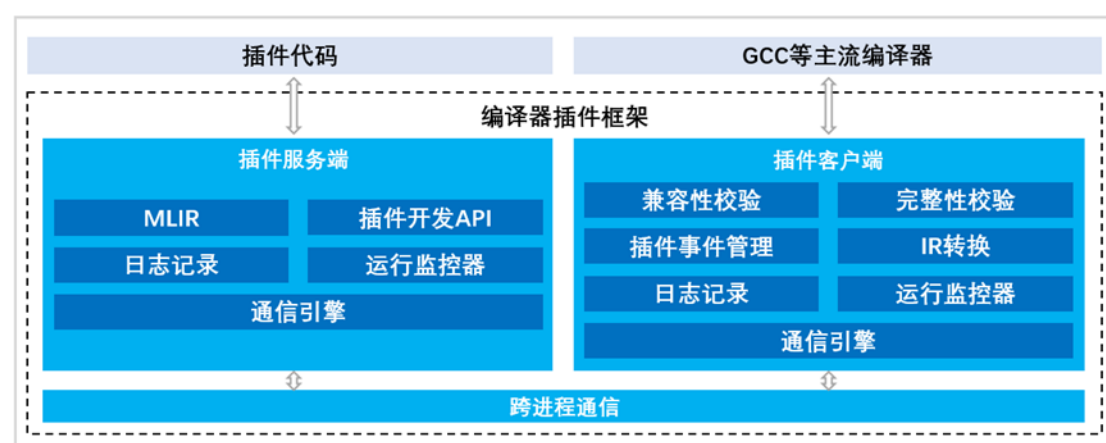
应用场景

社区开发者及合作伙伴基于统一构建系统建设自己的用户个人仓，OS 核心仓，定制出适合自己需求的场景化 OS。

编译器插件框架

编译器插件框架提供面向 MLIR 的插件开发接口，以实现一次开发和多编译器落地为目标，避免编译工具的重复开发。编译器插件框架作为插件工具开发平台，提供对工具兼容性、完整性校验等公共能力的支持与维护，帮助用户以插件的形式提高优化特性的开发效率。

功能描述



- 提供基于 MLIR 的插件开发能力，支持与 GIMPLE 等编译器中间表示的转换。
- 支持兼容性检测、二进制完整性校验等公共能力。
- 支持安全编译选项校验、操作合法性校验等插件运行监控校验功能。
- 支持插件客户端作为 GCC 插件加载，可以在完全不需要修改 GCC 编译器代码的情况下实现插件功能。

应用场景

有多编译器落地需求的工具开发者，可以使用编译器插件框架作为开发平台，基于 MLIR 进行一次工具开发，即能以插件的形式运行在 GCC 等主流编译器上。无需对编译器进行改动，提高开发效率。

9. 著作权说明

openEuler 白皮书所载的所有材料或内容受版权法的保护，所有版权由 openEuler 社区拥有，但注明引用其他方的内容除外。未经 openEuler 社区或其他方事先书面许可，任何人不得将 openEuler 白皮书上的任何内容以任何方式进行复制、经销、翻印、传播、以超级链路连接或传送、以镜像法载入其他服务器上、存储于信息检索系统或者其他任何商业目的的使用，但对于非商业目的的、用户使用的下载或打印（条件是不得修改，且须保留该材料中的版权说明或其他所有权的说明）除外。

10. 商标

openEuler 白皮书上使用和显示的所有商标、标志皆属 openEuler 社区所有，但注明属于其他方拥有的商标、标志、商号除外。未经 openEuler 社区或其他方书面许可，openEuler 白皮书所载的任何内容不应被视作以暗示、不反对或其他形式授予使用前述任何商标、标志的许可或权利。未经事先书面许可，任何人不得以任何方式使用 openEuler 社区的名称及 openEuler 社区的商标、标记。

11. 附录

附录 1：搭建开发环境

环境准备	地址
下载安装 openEuler	https://openeuler.org/zh/download/
开发环境准备	https://gitee.com/openeuler/community/blob/master/zh/contrib

	utors/prepare-environment.md
构建软件包	https://gitee.com/openeuler/community/blob/master/zh/contributors/package-install.md

附录 2：安全处理流程和安全批露信息

社区安全问题披露	地址
安全处理流程	https://gitee.com/openeuler/security-committee/blob/master/security-process.md
安全披露信息	https://gitee.com/openeuler/security-committee/blob/master/security-disclosure.md