

目录页

寄语	5
序	8
社区伙伴风采展	10
3.1 同心协力，打造龙蜥繁荣生态	10
3.1.1 社区合作	11
3.1.2 年度贡献	14
3.1.3 年度明星方案/产品	15
3.2 “潮”“蜥”共振 筑基智算	16
3.2.1 社区合作	16
3.2.2 年度贡献	16
3.2.3 年度明星方案/产品	18
3.3 “芯”有灵“蜥” 融合创新	19
3.3.1 社区合作	20
3.3.2 年度贡献	21
3.4 双龙携手 共创未来	25
3.4.1 社区合作	26
3.4.2 年度贡献计划	26
3.4.3 年度明星方案/产品	27
3.5 德“蜥”有邻，共创开源生态	28
3.5.1 社区合作	29
3.5.2 年度贡献	29
社区技术演进	31
4.1 社区技术布局	32
4.2 技术生态与产业协作	35
4.3 未来技术演进与展望	37
原生技术概览	41
5.1 通用计算场景	41
5.1.1 可预期的发行版路线图和基础能力	41
5.1.2 基于上游独立演进的内核基础能力	49

5.1.3 实现软硬件兼容性验证的自提交能力	53
5.2 云原生场景	58
5.2.1 云原生场景下的计算核心 RunD	58
5.2.2 跨云-边-端的只读文件系统 EROFS	60
5.3 智能计算场景	64
5.3.1 AI 容器镜像	64
5.3.2 AI 框架	65
5.4 一云多芯硬件生态	67
5.4.1 Intel SPR 平台支持	67
5.4.2 龙芯自主指令集的支持	69
5.4.3 申威自主指令集的支持	71
5.5 运维与性能	73
5.5.1 SysOM : 一站式运维管理平台	73
5.5.2 Coolbpf: 基于 libbpf 跨平台的跟踪诊断增强框架	74
5.5.3 KeenTune: 智能化全栈调优&容量评估工具	76
5.6 软硬件协同	78
5.6.1 多平台全链路 RAS 能力	78
5.6.2 面向 DPU 场景的软硬协同协议栈	81
5.7 安全可靠	83
5.7.1 商密软件栈	83
5.7.2 龙蜥软件物料清单/SBOM	85
5.7.3 机密计算技术	88
5.8 编程语言	94
5.8.1 Alibaba Cloud Compiler(LLVM) 和 C++ 基础库	94
5.8.2 Alibaba Dragonwell	97
5.9 社区基础设施	104
5.9.1 T-One: 全场景质量协作平台	104
5.9.2 ABS: 一站式构建服务	107
龙蜥+精选方案与案例	110
6.1 方案	110
6.1.1 统信软件“3+3+6” CentOS 替换解决方案	110
6.1.2 英特尔基于阿里云八代 SPR 实例的 DLB 最佳实践	112
6.1.3 浪潮信息云峦 KeyarchOS 低延迟网络通信解决方案	112
6.2 案例	113

6.2.1 统信软件助力中国联通集中业务支撑、计费等系统创新应用	113
6.2.2 统信软件支撑国网信通产业集团国产操作系统替换	116
6.2.3 浪潮信息云峦 KeyarchOS 助力百视通 IPTV 业务底层系统完美切换 ...	120

社区风采 123

7.1 明星 IP	123
7.1.1 龙蜥+超级探访	123
7.1.2 人人都可以参与开源	124
7.1.3 龙蜥大讲堂	125
7.1.4 龙蜥开发者说	126
7.2 特色活动	127
7.2.1 年度重点活动	127
7.2.2 龙蜥社区走进“合作伙伴系列” MeetUp	137
7.2.3 LLUG 城市站点沙龙系列·2023	140
7.2.4 龙蜥高校行	141
7.2.5 年度龙蜥社区优秀榜单评选	142

社区年鉴 146

合作伙伴说 150

01

寄语

作为国内领先的开源社区，龙蜥社区生态实现快速度、高质量发展，生态合作伙伴已发展至 600 余家，服务了金融、通信、政务、能源、交通等众多行业超过 70 多万用户。开源生态建设是发展开源事业的重中之重，《2023 龙蜥社区白皮书》聚焦开源生态发展路径，汇集诸多龙蜥生态的创新成果，为我国操作系统发展提供了更多龙蜥方案。开源事业发展离不开每一位为之无私奉献的开源人，也离不开认可开源价值的用户及产学研各方。未来，开放原子开源基金会将协同各界志愿贡献开源事业的企业、机构、开发者，为龙蜥社区做好支持服务，积极推进开源事业发展，共建、共享开源项目，共拓、共筑开源生态。

开放原子开源基金会理事长 | 孙文龙



龙蜥社区作为国内优秀的开源操作系统根社区，始终与生态合作伙伴携手，持续推动社区高质量发展。为更好满足用户需求，龙蜥积极协同产业上下游的创新技术能力，持续提升龙蜥操作系统性能，不仅实现了智能计算能力的突破，还积极拥抱云时代的发展趋势，为各行各业数智化转型提供了坚实可信的底部支撑。未来，随着千行百业数智化转型步入纵深阶段，龙蜥社区将持续同上下游伙伴携手，推动开源技术与产业发展的深度融合，夯实数字化、智能化的基础！

龙蜥社区副理事长 统信软件副总经理 | 朱建忠

操作系统是基础软件和系统软件稳定运行的基础，浪潮信息坚持以应用为导向，以系统设计为中心，建立多元异构算力融合、软硬协同优化的技术发展路线，协同龙蜥社区在云原生、eBPF、安全等方面都孵化出了新的成果。秉承中立、平等、开放、协作、创新理念的龙蜥社区已然站在了中国开源操作系统社区的潮头，未来浪潮信息将与龙蜥共同建设社区，推动开源操作系统技术创新，打造操作系统新生态。

龙蜥社区理事 浪潮信息副总裁 | 张东





龙蜥社区经过三年的发展，社区生态成长迅速，龙蜥操作系统也成为国产操作系统的主流，在企业和用户中得到广泛认可。Intel 在龙蜥社区中贡献了全球领先的第四代至强平台支持，以及龙蜥操作系统在 Intel 平台上的全面优化。开发者是龙蜥社区的基石，新版龙蜥白皮书的发布，能够帮助广大开发者迅速了解龙蜥操作系统的核心技术，包括 Intel 平台的最新特性，为参与龙蜥社区开发提供了非常好的指导。

2022 龙蜥社区卓越贡献奖获得者
龙蜥社区理事 Intel 技术总监 | 杨继国

龙芯深厚的技术积累，为龙蜥社区在构建 Linux 开源发行版及开源创新技术，推动软硬件技术协同及应用生态繁荣发展方面做出了重要贡献。龙蜥社区经过成果丰硕的三年历程，呈现出生机勃勃的发展态势，新征程的愿景蕴含着机遇与精彩，携手同行，共创未来。

2022 龙蜥社区卓越贡献奖获得者 龙蜥社区理事
龙芯中科副总裁 | 高翔



作为核心贡献来源于中国的开源操作系统，龙蜥在当前的操作系统领域撑起了一杆耀眼的旗帜。无论在技术上的卓越表现，还是在操作系统基础理论方面的思考和探讨，龙蜥都是非常值得尊重和肯定的。龙蜥社区实力强劲而又充满活力，相信未来会吸引更多来自于世界各地的开源爱好者，使得龙蜥在继续保持业内引领地位的基础上，不断实现技术创新，自我超越。

2022 年龙蜥社区产学研合作促进奖获得者
北京大学 | 荆琦教授

推动国内操作系统生态繁荣，支撑和服务好中国数字基础设施，是龙蜥社区的重要使命，中兴通讯全力支持社区发展，愿意和社区伙伴一起，为中国基础软件创新突破贡献自己的力量。

龙蜥社区理事 中兴通讯操作系统技术总工 | 徐立锋





龙蜥社区是国内知名的操作系统开源社区之一，在国产 CPU 支持、机密计算、虚拟化等关键技术领域持续创新，中科方德作为国产操作系统厂商，积极参与龙蜥社区工作，与社区伙伴一起推进国产操作系统生态繁荣，为我国信息化基础平台安全和持续发展做出贡献。

龙蜥社区理事 中科方德高级副总裁 | 龚文

Arm 作为全球最广泛的计算生态系统的核心，在全球拥有超过 1,000 家技术合作伙伴，其低功耗处理器设计和软件平台已应用于超过 2,500 亿颗芯片的高级计算。目前，Arm 在国内的授权客户已超过 300 家。支持开源软件社区及其驱动的创新是 Arm 生态系统发展的重要一环，Arm 持续投入开源项目，使全球上千万的开发者能够在 Arm 平台上测试、创建高效和安全的高性能软件。作为龙蜥社区的理事成员单位，Arm 将一如既往地与合作伙伴共同助力龙蜥社区发展，携手推进 Arm 架构的软件生态共建与推广，使这一社区更加繁荣、充满活力！

安谋科技全球服务市场部总经理 | 谢伟



02

序

2021 年我们发布了《OpenAnolis 龙蜥操作系统开源社区技术创新白皮书》，2022 年我们发布了《龙蜥社区全景白皮书》，分别对龙蜥社区在技术突破和创新、业务发展和实践、社区壮大和演进做了全面的系统性的展示，收到了很多的反馈，也得到了很多赞誉。感谢所有社区的所有参与者，我们的理事单位、合作伙伴以及千千万万的开发者和用户。

过去的一年龙蜥社区的发展仍然强劲有力。目前我们已经拥有二十四家理事单位和六百多家合作伙伴，涵盖了主流的操作系统厂商、芯片厂商、整机厂商、云计算厂商和应用厂商。秉承着“开放、平等、协作、创新”的信念与准则，所有社区的伙伴们一起共创数字化发展开源新基建，并希望在未来将龙蜥社区打造成为全球数字创新的基石。这里必须重点感谢浪潮信息、Intel、中兴通讯 | 新支点、统信软件、龙芯中科等理事单位的贡献和付出，是他们的参与和投入让技术更加多样，让社区更加开放，让生态更加繁荣。我也很荣幸的看到他们的贡献也在本书里得到了充分的体现。

过去的一年也是智算、人工智能技术快速发展的一年。从 2022 年 11 月 30 日 ChatGPT 首次发布以来，机器学习、大模型、生成式人工智能等技术名词不断改变大家的认知，各种大模型以及应用也如雨后春笋一般不断涌现。在这股新技术革命中，操作系统既要作为基础设施服务好人工智能技术的发展，又要使用好人工智能技术造福广大客户，还要利用好人工智能技术推动自身的技术演进。如何做一个“三好”操作系统，是龙蜥社区在 2023 年里持续探索的方向。今天我们可以自豪的说，Anolis OS 23 就是社区精心打造的云时代数智计算操作系统，欢迎大家使用。

2023 年，龙蜥社区也收获了更多来自行业的认可。我们获得了年度 OSCAR “尖峰开源社区/开源项目”奖、中国开源云联盟年度中国“最佳开源实践案例”奖、工信部年度开源

项目成熟度测评 Anolis OS 获得优秀级的殊荣。除了行业对龙蜥的认可，我们也积极参与高校开源人才的培养，在 2023 全国大学生系统能力大赛北部区域赛龙蜥社区赛题参赛队获二等奖，社区核心开发者获特殊贡献奖。

回首过去三年走过的路，让我坚信龙蜥未来的发展是更有生命力和想象力的。我们从解决 CentOS 停服的问题出发为广大用户的业务连续性提供了坚定的保障，通过一云多芯、构建云原生基础设施等手段实现业务的升级，并通过拥抱人工智能等新兴技术实现操作系统面向未来的技术演进。正是在这一次次的技术革新中，龙蜥社区实现了操作系统的持续迭代和生生不息的创新发展。同时，我们通过不断扩大的朋友圈完成了越来越多的产品兼容性认证、打造了越来越丰富的上下游生态、满足了越来越广泛的用户需求，不断打破所有人的想象。龙蜥的布局在过去，在现在，更在未来。

我们坚信，在产业升级的时代机遇下，未来十年，龙蜥的大发展一定势不可挡。欢迎所有有志于参与操作系统研发的同仁一起加入龙蜥社区，打造面向未来的下一代操作系统。

马涛

龙蜥社区理事长 阿里云基础软件部副总裁

03

社区伙伴风采展

3.1 同心协力，打造龙蜥繁荣生态

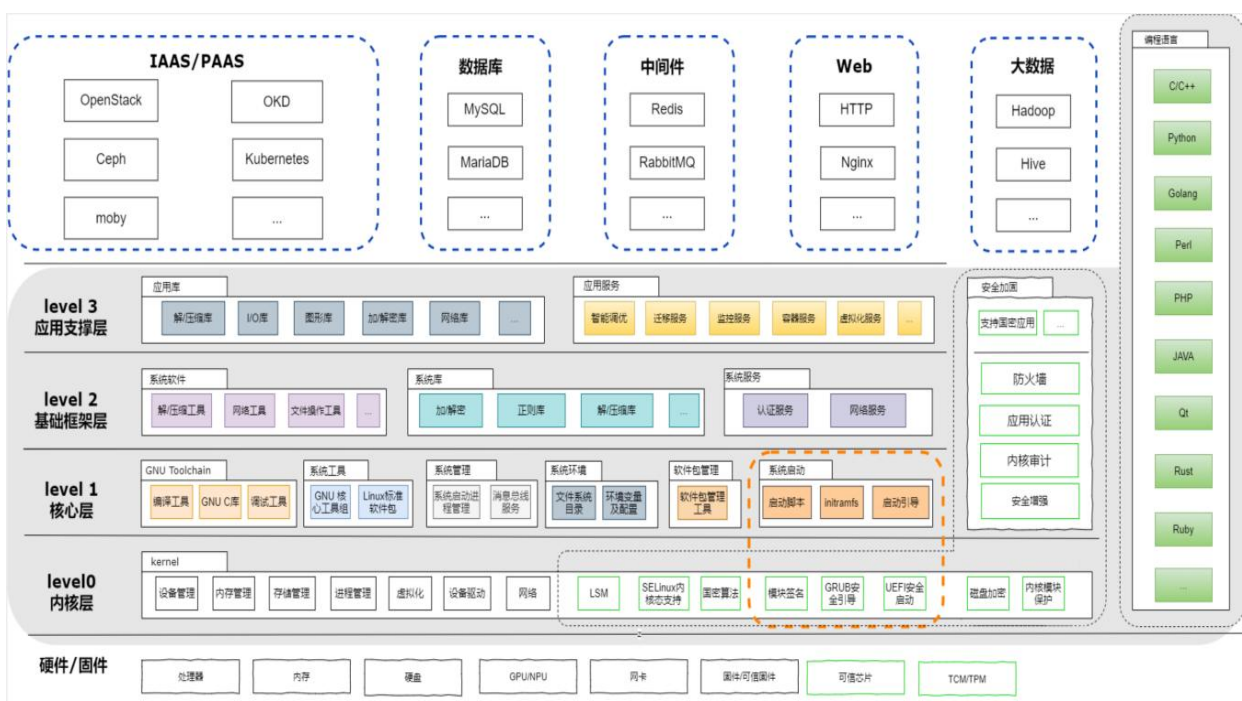


统信软件技术有限公司（简称：统信软件），成立于 2019 年，是中国操作系统的领创企业。统信软件在操作系统研发、行业定制、迁移适配、交互设计等多方面拥有深厚的技术积淀，现已形成桌面、服务器、智能终端等操作系统产品线，以及集中域管平台、企业级应用商店等应用产品，能够满足不同用户和应用场景对操作系统产品与解决方案的广泛需求。统信软件致力于研发安全稳定、智能易用的中国操作系统产品，以操作系统为核心，引领中国软硬件生态建设，让世界见证中国科技力量！

3.1.1 社区合作

用分层分类算法构建龙蜥操作系统

龙蜥社区以 MVP 方式构建新一代自研龙蜥操作系统，全面掌握产品核心技术。在打造 Anolis 23 版本时，统信软件针对龙蜥操作系统提出了分层分类算法作为操作系统构建方法理论。分层分类基于目前上游软件包组织关系的既成事实，梳理软件包的依赖关系，并根据软件包对操作系统构建运行的重要程度将其划分出层级，并从各个维度对其进行分类。该算法是对以往复杂的 Linux 软件关系体系进行的一次梳理和规划的尝试，使操作系统发行版逐步走向遵循架构设计思想的层次化，结构化的现代软件构建模式。该算法的提出有效提高了操作系统构建的效率，为龙蜥操作系统的迭代做出了巨大的贡献。



根据梳理，我们对软件包分为了五个层级；并将软件包从形态特征，功能特征，以及常见的使用场景三个维度，对其进行了三种维度的分类（如上图）。上述软件包的五层三类信息，作为软件的元数据信息记录在软件元数据仓库，以方便后续使用该信息构建操作系统，和对软件包进行管理和查询。

助力自研龙蜥操作系统，扩大技术 SIG 声量

统信软件参与贡献龙蜥社区 19 个 社区 SIG 组，并在 Kernel、Keentune、DDE、版本发布、安全、OPS、Course、Rust-Tools 等 SIG 组作为主要维护者和贡献者。

- 主导创建 DDE SIG、Rust-Tools SIG 和 Anolis Course SIG
- Anolis OS 7.7、8.2、8.4、8.6、8.8、23 的正式发布
- Anolis OS 7.9 RC1、QU1 的发布
- Anolis OS 8.7、8.8、8.9、23、23.1 版本开发
- AnolisOS7.7、7.8、7.9 版本主要维护
- 贡献独立自主研发的桌面环境 DDE、UTSUDO、UTSHELL
- 在安全 SIG 组，共同推动确立系统安全基线，输出漏洞扫描工具和加固脚本，并且安全基线被 OpenScap 社区所采纳
- 完成了 OpenAnolis oval 漏洞库建设，并向第三方漏扫工具开放漏洞库
- 在 Keentune 项目开发中，实现了 Keentune 异步分布式架构，充分兼容上游 tuned
- 为社区 OPS SIG 组贡献了安全中心特性，并优化提升 sysom DFX
- 在 Kernel SIG 组中，共建 4.19 内核 ebpf 特性支持能力、主导完成了对文件拷贝、并发性能进行优化提升，以及对关键 bug/CVE 进行修复

- 为满足不同条件下的系统迁移需求，实现了自定义仓库下的在线、离线系统迁移
- 在高性能存储 SIG 组中，完成了 ceph、集中存储、本地磁盘等存储方案在 mariadb 集群场景下测试方案和脚本编写
- 在容器 SIG 组完成了 ostree 集成工具部分接口重写
- 为提升产品质量，在 QA SIG 组中完成了新增开发测试用例 620+，脚本 78+

积极参与版本测试，助力龙蜥操作系统持续迭代

- 参与 QA SIG
 - AnolisOS 7.7、AnolisOS 7.9 版本测试，此版本已正常发布
 - AnolisOS 8.6 版本 amd64 和 aarch64 架构的版本测试（RC1、RC2、GA 版本），此版本已正常发布
 - AnolisOS 8.6 版本 amd64 和 aarch64 架构的 DDE 功能测试，为 AnolisOS 8.8 合入 DDE 功能打下基础
 - AnolisOS 8.8 版本全架构的测试（beta 版本、RC1、RC3、GA 版本），此版本已正常发布
 - AnolisOS 23 版本全架构的测试（beta RC1、RC2 版本），此版本已正常发布
- 参与 KeenTune SIG
 - 进行 KeenTune UI 的自动化适配工作，适配自动化用例 56 条，目前已在测试工作中使用，节省大量人力
- 参与硬件兼容性 SIG
 - 在各类服务器上安装不同 AnolisOS 版本及对应内核进行硬件兼容性测试，提交测试数据 19 条

主导【龙蜥开发者说】栏目，分享代码背后的故事

开发者与开源社区相辅相成，相互成就。龙蜥社区欢迎开发者分享对龙蜥操作系统的使用心得、技术方面的实践总结和自身在开源领域的成长经历，直至现在【龙蜥开发者说】已经邀请来自理事单位的技术成员或以个人形式贡献社区的开发者产出 24 篇优秀文章，成为龙蜥社区的明星栏目之一。在此期间，统信软件一直负责该栏目的整体运营，包括从邀请撰稿到向三方传播的一系列工作，希望借此栏目向操作系统受众传递龙蜥品牌印象，吸引更多优秀的开发者。

“龙蜥+统信”联合课程，打造技术认证

依照龙蜥社区对于课程的要求，结合双方产品的优势、特点，统信教考中心提供专业讲师录制龙蜥技术认证《Anolis OS 基础课程》一套以及统信 UOS-龙蜥技术认证《UCA-Anolis OS 定制课》一套，并捐赠给社区，且联合社区共同商定了联合认证的运营模式、证书样板，目前已经上线官网。于 23 年 8 月 8 日完成认证考试题库制作，8 月 10 日完成第一次报名、考试流程测试，9 月 6 日第一批证书上传，为“龙蜥+”课程的进展奠定夯实的基础。

共建龙蜥社区安全联盟

龙蜥社区于 2023 年 7 月 28 日成立安全联盟，统信软件邀请 7 家 TOP 级安全厂商，携手 UOS 主动安全防护计划(UAPP)与龙蜥安全联盟合作，全方位推动结合龙蜥操作系统的信息安全产业发展，并负责安全响应平台建设，支撑 SRC 平台等工作。

3.1.2 年度贡献

统信软件作为龙蜥社区副理事长单位，长期从运营、技术、生态、商业等四个方向在龙蜥社区内进行贡献。首先在运营侧，统信软件始终活跃在龙蜥社区举办的线上线下各项大型活动中，并投入两名人员进行日常运营，借助统信的媒体力量透出龙蜥社区，2023 年社区推出的全网首档操作系统栏目《龙蜥+超级探访》，首期走进统信，全网达到两百万播放量；在技术方面，统信软件参与多个社区 SIG 组，提出分层分类算法，将自研 DDE 融入

Anolis OS，为多个版本的发布做出贡献；在生态方面，统信联合社区进行人才培养计划，推出龙蜥-统信定制课程，并参与了龙蜥社区安全联盟共建；在商业上，统信则推动多个项目落地，并将商业操作系统与社区版进行互认证，为社区的商业化转型做出重大贡献。统信软件拥抱开源，积极参与龙蜥社区建设，共同推动中国服务器操作系统的发展。

3.1.3 年度明星方案/产品

玲珑是一种新型的独立包管理工具集，致力于治理 Linux 系统下传统软件包格式复杂、交叉的依赖关系导致的各种兼容性问题，以及过于松散的权限管控导致的安全风险。玲珑由统信软件牵头研发，并于 2023 年 6 月捐赠给开放原子开源基金会。

由于国内软件生态建设尚不成熟，软件开发者不得不面向不同的操作系统耗费大量时间和资源进行应用开发打包和分发。而依托玲珑的隔离技术可以将应用与系统进行完全解耦，从而彻底解决系统与应用、应用与应用之间因升级和适配引起的兼容性冲突等问题。



这对开发者而言，可以有效降低开发成本；对客户而言，能够降低企业运维成本；而对整个行业而言，将助力行业稳健发展。玲珑对于开发者打包分发应用的便利性吸引了国内外大量开发者青睐和使用。发展至今，玲珑的用户量已初具规模，有超过 1 万的外部用户访问和下载玲珑应用，玲珑应用适配量超过 120 款，玲珑商店的应用下载已突破 40 万次。当前，玲珑已支持 4 个发行版，包括 deepin、统信 UOS 以及 Debian 和 Ubuntu。

接下来将支持 Anolis OS 等更多发行版，以及 LoongArch 等更多架构。

3.2 “潮”“蜥”共振 筑基智算



浪潮信息是全球领先的 IT 基础设施产品、方案和服务提供商，拥有 8 个研发中心、14 个生产基地、26 个分支机构。秉承“计算力就是生产力，智算力就是创新力”的理念，致力于推动智慧计算技术创新和应用，加速数实相融。多年来，浪潮信息始终践行开源开放的技术路线，引领开放计算标准，是全球唯一的四大开放组织发起成员或白金会员，持续定义领先的开放计算产品。

3.2.1 社区合作

浪潮信息作为龙蜥社区的理事会成员，主导成立了浪潮信息龙蜥联合实验室，联合实验室以“平台共建、联合创新、繁荣生态”为目标，致力于整合芯片、整机、板卡、数据库、中间件、ISV 等上下游生态力量，打造一套完善的操作系统产业生态链，推动操作系统产业发展创新。

3.2.2 年度贡献

浪潮信息依托“浪潮信息龙蜥联合实验室”，从技术创新、生态建设、运营推广等方面支持社区发展，与社区成员一起共创数字化发展开源新基建，共建龙蜥开源操作系统根社区。

3.2.2.1 技术创新，引领关键技术发展

- 主导成立服务器无感知计算 SIG、可信计算 SIG，牵头编写《龙蜥操作系统可信计算最佳实践白皮书》《eBPF 技术实践白皮书》，推动 Serverless、ebpf、可信计算技术发展
- 参与 Anolis 迁移 SIG、Cloud Kernel、KeenTune（轻豚）、硬件兼容性等 10 多个 SIG 的工作和讨论
- 提交 300 余个技术 PR，聚焦服务器稳定性、服务器整机兼容性等领域，解决 NFS Server 宕机、IO 高负载时软锁、XFS 文件系统软锁、4.19 内核 tpm 驱动事件日志格式与固件不兼容等问题；贡献 inspur-drm 驱动到社区；贡献镜像定制工具 Kbuild 到社区
- 牵头制定《服务器操作系统迁移指南》社区标准，弥补操作系统迁移领域标准空白
- 牵头编写并发布《服务器操作系统硬件兼容性要求》社区标准
- 联合制定《OS 质量测试标准》，形成标准初稿

3.2.2.2 生态建设，促进龙蜥兼容适配

- 邀请约 50 家合作伙伴加入龙蜥社区，覆盖硬盘、网卡、内存、Raid 卡、数据库、中间件、安全、高校、ISV 等领域
- 联合产业链上下游合作伙伴，促进操作系统生态繁荣，已完成 98 项硬件与 319 项软件的兼容认证，覆盖主流 CPU、GPU、FPGA、网卡、服务器、存储、网络设备等硬件及主流数据库、中间件、虚拟化、容器、云平台、办公软件等软件
- 建立龙蜥社区与浪潮信息“元脑生态”对接，计划后续联合发布生态合作计划，从左右手伙伴侧、开发者侧、市场活动侧推动生态融合；联合南北向伙伴，围绕算力基础设施软硬协同合作，发布场景化解决方案、行业峰会主题演讲
- 发展产品商务合作、协作调优，推进解决方案落地实际项目，建设多个标杆合作案例
- 主导龙蜥社区驱动基线建设，推动“一测多证”落地龙蜥社区，提升龙蜥操作系统南北

向生态兼容性

3.2.2.3 运营推广，提升社区影响力

- 首批龙蜥社区人才培养计划发起单位，结合浪潮信息软硬优势及十余年操作系统服务经验，推出基于龙蜥的初级定制课程 KCA
- 主办 14 场社区活动，包括 4 场 Meetup，10 场龙蜥大讲堂，覆盖人群超百万；积极参与社区主导的 Meetup 9 次，发表技术演讲 10+次
- 共建“CentOS 迁移首选龙蜥”视频脚本，发布 4 篇用户迁移落地案例
- 邀请社区参与“OCP China Day 2023”，龙蜥社区浪潮信息携手同走开源特色路，共建云时代数智计算基石
- 邀请社区参加“全国首届先进计算技术创新大赛”并担任评委，扩大龙蜥社区在先进计算技术领域的影响力
- 联合发起成立龙蜥社区安全联盟 OASA，参与《龙蜥安全联盟章程》起草，推动章程表决通过，并出任副主席单位，承担安全联盟的官网建设、漏洞挖掘环境开发以及安全需求分析流转、中高危漏洞修复等任务
- 完成“社区贡献看板方案”并推动在两委员会评审通过，针对贡献提报指南和贡献提报平台功能提出多个修改建议

3.2.3 年度明星方案/产品

2022 年 12 月，浪潮信息发布龙蜥衍生版 KeyarchOS V5.8，KeyarchOS 是浪潮信息依托十余年的高端主机操作系统研发经验和龙蜥社区最新成果，打造的面向智算时代的服务器操作系统，具备稳定可靠、高效软硬协同、全天候智能化运维、安全可信等特性，满足行业替换需求，自发布以来，KeyarchOS V5.8 装机量已达到 3 万余台。

以应用为导向，以系统设计为核心

建立多元异构算力融合、软硬协同的技术发展路线，持续提升计算力



目前，浪潮信息云峦 KeyarchOS 已经在政务、金融、能源、交通、医疗、企业、教育等关键行业得到规模应用：

- 金融领域，KeyarchOS 支撑某大型银行，承载 70 多个核心业务，包括风控、国际结算、第三方结算、手机银行、渠道业务等，稳定支撑双 11 当天超 1.5 亿笔交易，顺利满足业务峰值需求。
- 政务领域，KeyarchOS 支撑建立了跨三地的一云多芯政务云平台，涵盖 X86、Arm、GPU 等多架构服务器，网络吞吐性能达 1.2Tbps，支撑云数智等多样化业务要求。
- 算力服务领域，KeyarchOS 支撑 10000+AI、HPC 节点，同时管理多品牌 GPU，提供 2Eops 计算规模，建成国内首个支持 GPT-3 模型的算力服务平台，累计服务 2000+ 客户。

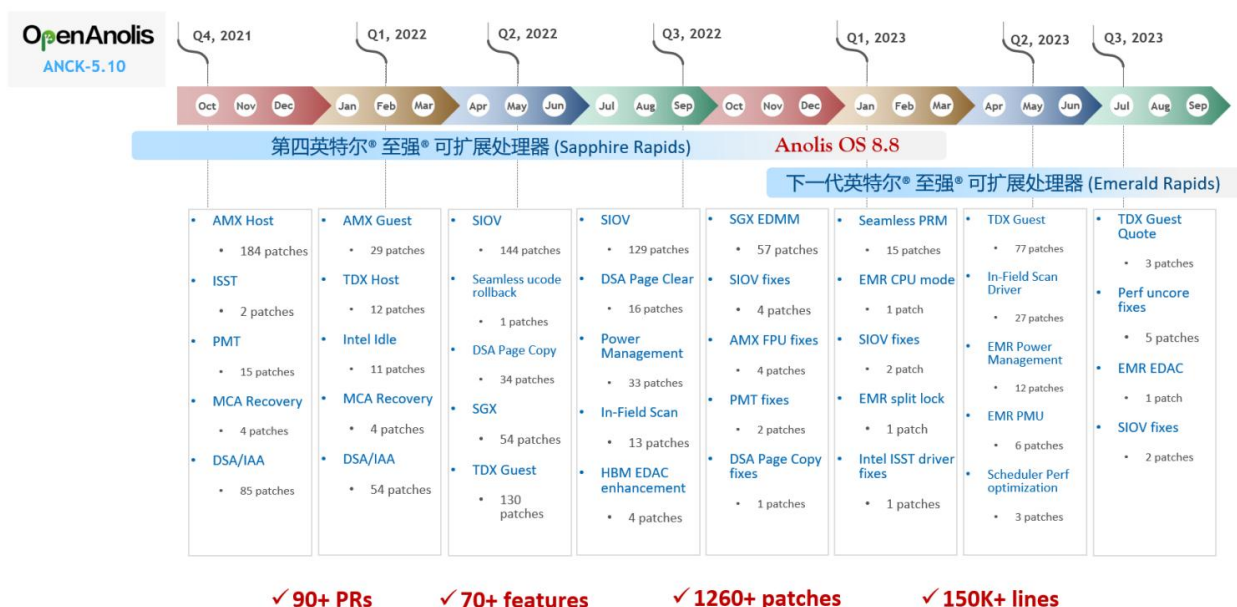
3.3 “芯”有灵“蜥” 融合创新



英特尔不断致力于推进半导体设计与制造，创造改变世界的技术，推动全球进步并让生活丰富多彩，帮助客户应对更重大的挑战。通过将智能融入云、网络、边缘和各种计算设备，释放数据潜能，助力商业和社会变得更美好。英特尔作为社区首批理事成员单位，通过积极参与社区治理，持续在社区 SIG 组研发投入，有力支持了英特尔软、硬件及应用生态的繁荣和发展，使得龙蜥在全球 Linux 发行版范围内中对英特尔芯片的支持一直保持行业领先。并通过社区的持续运营，让英特尔的先进技术被社区用户了解、熟知和应用。

3.3.1 社区合作

英特尔全面投入社区技术、运营、商业及生态建设。英特尔的开发者以新平台使能为根基，在机密计算、云原生、商密、AI 等多个领域全面投入，先后参与了近 20 个 SIG 组、50 个项目的合作。围绕 SPR 平台，英特尔总计贡献了一千多个内核 patch，共 12 万行代码，并将虚拟化的支持在龙蜥 QEMU 中落地，依托于 Anolis OS 8.8 的发布，使龙蜥成为全球首个完整支持 SPR 平台的操作系统开源社区。英特尔还贡献 Linux Kernel Validate Suite 测试套件到龙蜥社区，保障新平台功能的正确性和稳定性。



✓ 90+ PRs ✓ 70+ features ✓ 1260+ patches ✓ 150K+ lines

龙蜥赋能英特尔® 至强® 平台创新技术领先落地

3.3.2 年度贡献

端到端垂直优化

英特尔依托社区 SIG 工作组提供的开放合作模式，在人工智能场景、网络加解密场景、网络加解压场景、机密计算场景及云原生场景这五大场景下，从内核、编译器、用户库、工具到应用及不同场景下的基础设施层，都实现了基于龙蜥操作系统的全栈端到端优化。

人工智能场景	网络加解密/加解压场景	机密计算场景	云原生场景
<ul style="list-style-type: none"> • 指导 AMX 新指令在 AI 加速方面的使能，优化，落地加速镜像。 • 在多个大模型上给出指点与参考性能指标，辅助定位优化目标。 • 贡献 Tensorflow/Pytorch 等 AI 相关仓库，助力龙蜥生态在 AI 场景繁荣发展。 • 贡献多个新平台 AI 用户态库，扩展使用场景。 • 探索前沿技术与实践，引入 Intel OneAPI 开放规范。 	<ul style="list-style-type: none"> • 贡献 Async-mode-Nginx 到龙蜥社区，支持 Nginx 使用 QAT 加速握手，实测性能在 3 倍以上。 • 贡献 QAT 用户态库 QATZip 到龙蜥社区，完善端到端解决方案构建。 • QAT 技术助力传统 Webserver/云原生场景性能提升，加速 Nginx 和 Envoy 握手，端到端加密&压缩。 • 给出 QAT 插件指导，助力容器场景使用 QAT 加速端到端加密过程。 	<ul style="list-style-type: none"> • 赋能龙蜥对安全领域的探索，使得龙蜥具备支持 TDX guest 的能力。 • TDX 集成 out-of-tree 远程认证驱动，扩展机密计算使用场景。 • 持续改进并集成最新 SDK/PSW/DCAP 发布到 Anolis OS，提升 SGX 软件使用体验。 • 搭建 CCZoo 多元化机密计算方案案例，发布机密计算最佳实践文档和参考实现。 	<ul style="list-style-type: none"> • 在 Koordinator 1.3 版本发布中引入了基于容器运行时 NRI 的资源管控模式，提升各组件和上游社区的统一和标准化，为后期基于 NRI 模式下各种 QoSPlugin 的引入带来的灵活性打下了坚实的基础。 • 助力龙蜥社区发布 TDX 机密容器开源解决方案发布，并提供将在线推理服务部署到机密容器集群的端到端最佳实践案例。 • eHSM 完成 Rust/Go 的 SDK 开发测试，集成到 CoCo，为龙蜥社区用户提供可验证的基于 TEE 实现的 KMS 方案。

最佳实践

【基于 Anolis OS 部署 TensorFlow 横向联邦学习】

基于 Anolis OS，基于 SGX 加密技术实现的端到端的全数据生命周期安全方案部署 TensorFlow 横向联邦学习。对于使用 Anolis OS 的开发者，可根据本实践步骤快速了解安全增强型裸金属云服务器及环境搭建部署流程，轻松上手使用。

【对基于阿里云七代 Ice Lake 的 HTTPS 加速实践】

阿里云操作系统 Alibaba Cloud Linux 3 结合第三代英特尔® 至强® 可扩展处理器（代号 Ice Lake）的 Intel® Crypto Acceleration 指令加速特性，加速 Tengine 和 Nginx SSL/TLS 性能，输出 HTTPS 加速实践。

【基于阿里云八代 SPR 平台的 AMX 加速实践】

Intel AMX 在 Alibaba Cloud Linux 3 上可以达到卓越的 AI 加速效果。其中, AMX_BF16 的加速效果更好,在阿里云 ECS SPR 实例上,AMX_BF16 相比上一代指令 AVX512_BF16 提升 4.5 倍,相比上一代阿里云 ECS IceLake 实例, AMX_BF16 提升 12.9 倍。而 AMX_INT8 的加速效果相对不那么突出,相比同机型 CentOS 提升了 130%,相比上一代阿里云 ECS IceLake 实例提升 150%。

【英特尔同态加密工具在 Anolis OS 安装运行】

Intel 同态加密工具包 (Intel HE Toolkit) 利用最新的 Intel AVX512 密码学相关的加速指令,提升了在最新 Intel 平台上运行基于同态加密的云解决方案性能。Intel HE Toolkit 以安装包的形式集成到 Anolis 8 及之后版本的操作系统中,补充了隐私计算领域的底层软件支持,为龙蜥社区中同态加密应用开发者开发软件和硬件加速的同态加密解决方案提供了便利。

社区技术分享

以 Intel Arch SIG 为立足点, Intel 至今组织或参与了共 8 次技术分享,帮助宣传了龙蜥社区在新平台使能方面的领先性。

- **Intel ARCH SIG 发展和规划**

讲解了 Intel Arch SIG 的日常职能和之后的发展规划

- **Scalable IOV 技术分享**

龙蜥社区基于 Intel Arch SIG 第一时间完成对 SIOV 的支持

- **AMX 技术分享**

AMX 作为 SPR 平台新引入的 CPU 指令,在 AI 运算方面具有很强的优势,龙蜥社区已第一时间完成支持

- **龙蜥社区对 Intel SPR 的支持以及 Anolis OS 23 的产品规划**

龙蜥社区基于 Intel Arch SIG 完成对 SPR 平台的全方面支持

Anolis OS 23 是龙蜥社区下一个主推版本，本次例会介绍了 Anolis OS 23 的主要技术特性

- **CXL 技术分享**

CXL 发展如火如荼，龙蜥社区也紧随业界节奏，第一时间完成支持

- **AMX 云上最佳实践**

介绍基于 Alibaba Cloud Linux 构建 AMX 加速 AI 推理应用

- **IAA 加速器云上实践**

介绍基于 Alibaba Cloud Linux 加速数据库压缩/解压缩，提升数据分析能力

- **DLB 加速器云上最佳实践**

介绍基于 Alibaba Cloud Linux 构建 DLB 加速 Nginx/Envoy 动态负载均衡能力。

社区运营

英特尔在社区运营方面紧密围绕技术价值，团结社区伙伴，推进社区生态建设。

- 以 Intel Arch SIG 为中心，积极投入到日常的宣传和推广中，并将自身在芯片以及周边生态的积累辐射到 Cloud kernel SIG、云原生机密计算 SIG、云原生 SIG、Java 语言与虚拟机 SIG、虚拟化 SIG 等多个社区兴趣小组中。
- 作为龙蜥社区安全联盟首批成员单位，出资并统筹联盟安全文档建设工作。从技术和运营双线支持龙蜥安全联盟的规划和运作。
- 联合龙蜥社区及统信发布操作系统产业报告，共建社区影响力。
- 二度举办「龙蜥社区“走进系列” MeetUp」，来自开放原子开源基金会、浪潮信息、英特尔、阿里云等企业的 21 位专家和教授，分享了 11 场精彩主题演讲，为大家带来“融合+创新”的全面展示。
- 承办龙蜥大讲堂月度分享，推出 5 期基于 Intel 技术与龙蜥落地的全面展示。

- 在运营委员会分享年度贡献目标，拉动力理事单位共建社区生态。
- 举办 Intel Arch SIG 闭门会议，对齐社区路线图和英特尔新平台支持计划。
- 在即将举办的龙蜥峰会，Intel 出资赞助峰会，并投入运营力量，为峰会添砖加瓦。
- 龙蜥开发者说，来自英特尔软件和先进技术事业部的云软件架构师李崇分享了【戮力同心，砥砺前行，为国产操作系统发展出一份力。



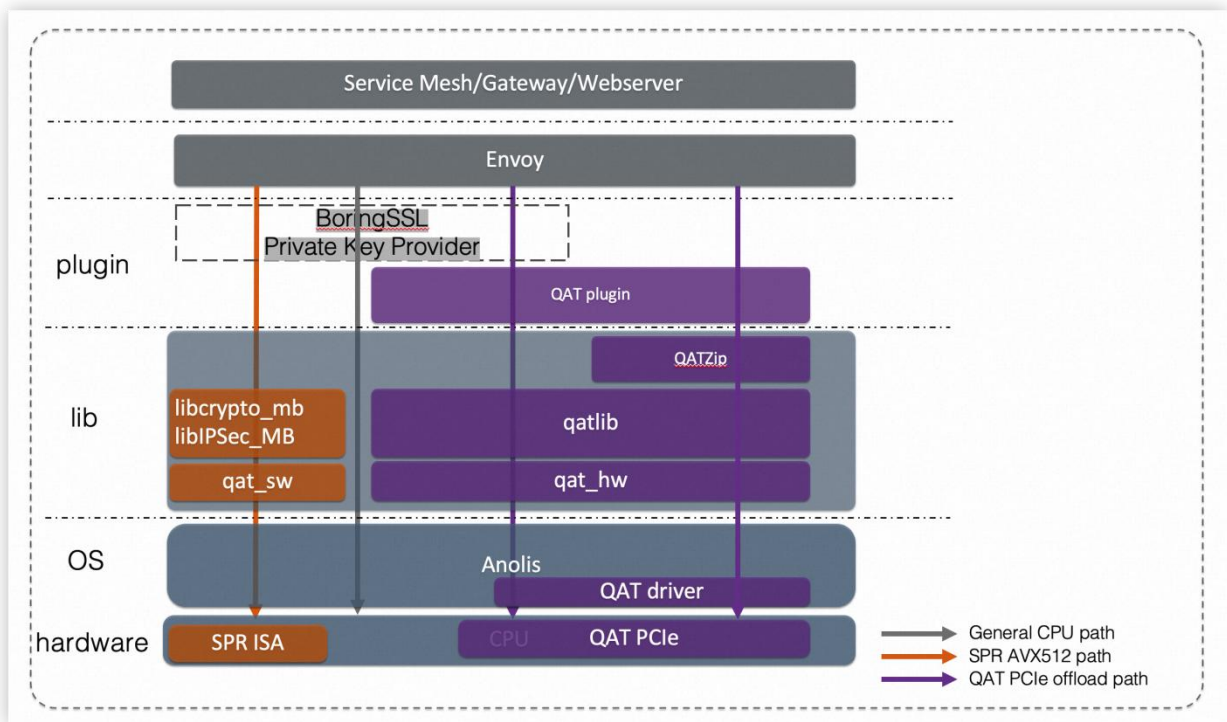
3.3.3 年度明星方案/产品

基于龙蜥的开箱即用 QAT 云原生网络性能加速方案

云原生应用程序通过协作的方式，在不同平台上具有高度可扩展性，并且构建、测试和部署过程都可以做到自动化。所以大部分公司都将自己的业务部署在 k8s 集群上。不同服务之间通过 Envoy 进行网络通信，网络性能的好坏很大程度上影响了微服务的性能。

经分析发现，Envoy 握手过程中，TLS 加解密占比超过 50%，数据传输过程中，GZIP 数据压缩占据绝大部分时间，故 Envoy 的 TLS 性能和 GZIP 性能成为瓶颈。基于龙蜥社区

Anolis 系统, 结合 QAT Crypto 和 QAT Zip, 我们构建了如图所示的加速 Envoy 技术方案。



Anolis 系统针对以上方案进行了全链路的优化, 并以 RPM 包的形式集成了相关的软件, 用户只需通过 yum 命令及简单的配置即可享用以上方案带来的极致性能提升。经测试, 经过 QAT 加速后的短链接性能相对 CPU 有 4 倍以上的性能提升, 且 握手延迟降低 3 倍以上, 另外, CPU 占用也降低了 6%。经过 QAT 加速后的 GZIP 算法在 100K Payload 时相比 CPU 有 3 倍以上的性能提升。同时, 针对图 1 进行端到端测试, Envoy 的整体吞吐性能提升了 2 倍以上! 利用 QAT 加速云原生网络应用取得了卓越的性能效果。

3.4 双龙携手 共创未来



龙芯中科技术股份有限公司（简称：龙芯中科）面向国家信息化建设需求，面向国际信息技术前沿，以创新发展为主题、以产业发展为主线、以体系建设为目标，坚持自主创新，全面掌握 CPU 指令系统、处理器 IP 核、操作系统等计算机核心技术，打造自主开放的软硬件生态和信息产业体系，为国家战略需求提供自主、安全、可靠的处理器，为信息产业的创新发展提供高性能、低成本的处理器和基础软硬件解决方案。

3.4.1 社区合作

龙芯中科作为龙蜥社区的理事会成员，主要负责 LoongArch SIG 工作小组，致力于提供 Anolis OS 对 LoongArch 架构的支持，并围绕 LoongArch 构建软件生态。

2023 年 6 月开始，龙芯中科以龙蜥开源社区 Loongarch SIG 组成员共同协作，积极开展 Anolis 23.1 版本龙芯架构同源异构研发工作，本次构建所有源码均与 X86 和 Arm 同源，前期工作包括核心软件包 kernel、gcc 等选型，到选定版本后，从最基础的 CLFS 制作，再到最小 rootfs 验证启动，再在此基础上完成 rpm 构建环境包构建，贡献架构相关 PR 超过 50+ 次提交合并，本地编译依赖包共计 17000 个左右，并已成功接入社区 Koji 构建系统中，基于 koji 系统已编译成功 10000+个，构建失败有 700 个，正在积极修复中，预计 11 月进行大规模测试，发布日期预期为 12 月底，LoongArch SIG 组将与社区伙伴一道密切协作推进版本发布。

本次 Anolis 23.1 的版本支持龙芯 CPU/桥片：3C5000/3C5000L 双路+7A2000 桥片、3C5000 四路+7A2000 桥片、3D5000 双路/四路+7A2000 桥片、3C5000LL 双路+7A1000 桥片。

固件：昆仑固件、龙芯固件。

3.4.2 年度贡献计划

龙芯中科作为龙蜥社区的常任理事成员，与社区伙伴一起开发维护 Anolis8、23 OS，并在此基础上积极开展云原生软件生态工作，共同打造龙蜥繁荣生态。

3.4.3 年度明星方案/产品

为解决网络存储的信息安全威胁，近日，龙芯国产全固态桌面存储一体机正式发布。该产品由龙芯中科(武汉)技术有限公司牵头，联合龙众创芯、嘉合劲威、熊猫电子、可道云等多家国产存储厂商共同推出。产品主要针对个人、家庭、团体和小微企业市场，提供国产桌面网络存储方案。



该产品具有国产率高、全固态存储、数据安全加固、软件功能丰富、界面优美、协同办公能力强等特点，实现了处理器、系统指令集、内存颗粒、硬盘主控芯片、存储颗粒、操作系统、存储管理软件的全国产配置。

处理器

该产品采用龙芯 3A5000 处理器，主频 2.5G。主流桌面 8 盘位 NAS 产品采用的处理器多为 4 核 2.2G，因此该产品可完全满足桌面网络存储应用的需求。

操作系统

产品支持龙蜥操作系统，本次采用最新发布的 Anolis OS 8.8。该版本新增了龙芯 3D5000 处理器、龙芯 2K0500 BMC 驱动，以及虚拟化二进制翻译支持，功能完善，运行稳定，

满足用户企业级需求。

3.5 德“蜥”有邻，共创开源生态



中科方德软件有限公司是国产操作系统核心厂商之一、国家重点软件企业，2006 年作为

国家发改委批准设立的“基础软件国家工程研究中心”项目法人单位投资组建，技术团队相关工作可以追溯到 1999 年，深耕操作系统领域 20 余年。

中科方德长期致力于操作系统技术与产业进步，以保障国家党政及重大行业信息系统安全、发展我国自主创新基础软件事业为己任，努力为用户提供可以信赖和好用爱用的国产操作系统产品、工具、解决方案与服务。

3.5.1 社区合作

作为龙蜥社区联合发起单位之一，中科方德始终秉承社区“开源、中立、开放”的宗旨，积极推进技术贡献、生态共建和产业发展。自成为理事单位以来，中科方德参与了龙蜥龙芯（LoongArch）版本的软件包移植和编译构建工作，并基于龙蜥龙芯版本发布了方德龙芯版本；基于龙蜥社区版本 Anolis OS 8.6 发行了商业发行版；近期也将依托中科方德在操作系统领域的技术积累和经验，孵化基于 FoundUI 的龙蜥操作系统相关项目，向社区输出体验优秀的开源产品。

3.5.2 年度贡献

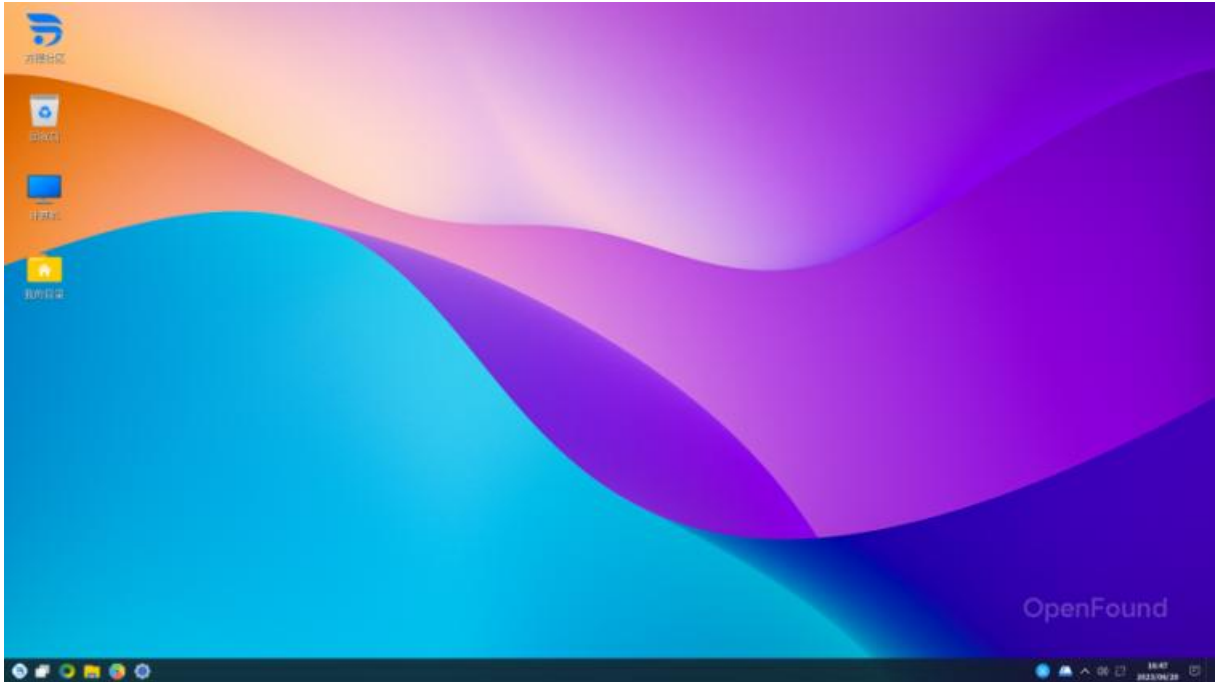
共建 Loongarch SIG

中科方德深度参与龙蜥开源社区 Loongarch SIG 组工作，完成超过 450 个软件包的移植和编译工作，与社区伙伴一起合作，完成了 Anolis OS 8 两个版本针对 loongarch 平台的移植、编译、构建和发布工作。并基于龙蜥社区 loongarch 版本，发布方德高可信服务器操作系统（loongarch 版）商业发行版。

方德龙蜥商业版发行

中科方德基于龙蜥社区版本 Anolis OS 8.6，发布针对特定领域的商业发行版本，已于 2023 年年初，上架到龙蜥商业发行版社区，并进行持续应用推广。

FoundUI SIG



依托中科方德在操作系统领域的技术积累和经验，2023年9月在龙蜥社区成立 Found UI SIG 组。成立后，积极开展 Found UI 桌面环境在龙蜥操作系统的适配开发工作，前期工作包括选定 Found UI 核心桌面环境组件、应用包，基于包源码成功编译对应 RPM 包，在 Anolis OS 8.8 版本验证安装过程并保证良好运行，目前 SIG 相关仓库获得 Star 125 个、Fork 59 次，贡献相关 PR 15 次提交合并，预计 10 月底完成对核心桌面环境组件和应用包的大规模测试、优化，预估累计贡献相关 PR 超过 50+ 次提交。依托中科方德在操作系统领域的技术积累和经验，Found UI SIG 组将持续向社区输出体验优秀的开源产品。

未来，中科方德将在技术合作、生态拓展、商业拓展和社区运营等方面与龙蜥社区继续深度融合发展，共同拥抱无限生态。

04

社区技术演进

云计算为信息产业带来了颠覆性变化，也开始快速渗透到千行百业。大量企业用户开始关注如何实现自身数字基础设施的云化以及应用架构的现代化。同时，大数据、人工智能等新兴场景对算力快速增长的需求对进入后摩尔定律时代的基础设施提出了更高的挑战，充分释放基础设施的算力也成为企业用户关注的焦点。龙蜥社区成立之初即秉持与社区伙伴共创数字化开源新基建的愿景，希望通过建设面向云计算为终态的开源软件创新生态，扫清用户迁云障碍，帮助开发者研发和使用基于云计算场景的开源软件。

操作系统作为连接用户应用与硬件资源间的桥梁，是充分利用基础设施算力的纽带，也为新的应用场景提供运行环境，是龙蜥社区技术投入的重点方向。为此社区打造了以龙蜥操作系统 Anolis OS 为核心的操作系统发行版及软硬件生态，希望将 Anolis OS 建设成为数字基础设施互联互通的基石，让用户搭上云计算时代的快车。



图 操作系统是联系用户应用与基础设施的纽带

4.1 社区技术布局

用户在建设云计算时代数字基础设施时，需要克服诸多技术挑战。

Anolis OS 在过去两年中也着重在此方面进行能力建设，全面支持了各类芯片架构；完成了一批软硬件协同技术的标准化和规模化；发布了一系列在通用计算场景、云原生场景与智能计算场景下经过大规模使用的技术；为用户业务的平滑迁移与稳定运行构建了经过实践检验的迁移与运维工具。以期帮助用户更好的实现云计算时代数字基础设施的建设。



图 龙蜥社区整体技术布局

异构算力支持

在社区各芯片体系结构 SIG 与编程语言 SIG 的指导下，Anolis OS 实现了对各体系结构芯片的完善支持，提供了包括 x86、ARM、LoongArch、RISC-V 在内最新芯片的支持。在社区伙伴的贡献下，Anolis OS 成为最早支持 Intel Sapphire Rapids (SPR)、ARMv9 等芯片的操作系统发行版，为充分发挥用户基础设施算力提供了有效支撑。

处理器体系结构	支持版本
x86	Anolis OS 8.4及以上
ARM	Anolis OS 8.4及以上
RISC-V	Anolis OS 8.6及以上
LoongArch	Anolis OS 8.4及以上

表 主要体系结构支持版本

软硬件协同

服务器架构在云计算时代从以 CPU 为中心走向 DSA、XPU 等异构架构。云计算在实现业务与基础设施解耦的同时,也为软硬件全栈协同提供了空间。社区也在此领域推动了 VIRTIO 1.2、XQUIC 等一批软硬件协同标准的制定,实现了 AF_XDP、SMC-R 等技术在社区伙伴业务上的规模化部署使用,构建了针对 DSA 架构的 SDK 和面向开源芯片软硬件协同设计的操作系统。

面向不同场景的开源技术

用户应用需要的常见运行环境包括通用计算场景、云原生场景和安全可信场景。社区也分别在这三类场景中开源了一批项目,帮助用户的应用更好的在这些场景中运行。

在通用计算场景中,用户经常需要运行数据库、Web 服务器等应用。为了优化此类应用的性能,社区开发者提供了诸如 io_uring 等技术和相关优化方案,帮助用户充分发挥基础设施的能力。

社区为云原生场景孵化了龙蜥云原生套件 Anolis Cloud-Native Suite (ACNS)。此套件中包含完整的云原生技术栈,包括:容器引擎 RunD、容器镜像分发系统 Nydus、容器操作系统发行版 LifseaOS 和容器编排调度系统 Koordinator。ACNS 可以提供开箱即用的体

验，让用户快速体验云原生技术的魅力。同时我们还针对云原生节点资源管理孵化了 AnolisBox。AnolisBox 为龙蜥用户提供云原生混部统一界面，让用户可以无需关注底层技术实现，直接基于业务形态快速使能业务混部能力，获得业务混部带来的成本收益

以深度学习（Deep Learning）技术为主的智能计算领域迎来了快速发展，特别是随着使用 Transformer 技术的大语言模型（Large Language Model, LLM）的出现引发了一波人工智能领域的发展热潮。龙蜥社区针对智能计算场景，特别是大语言模型训练和推理过程中使用的软硬件环境进行了重点支持，包括智算相关硬件驱动和软件包构建与集成，智算相关容器镜像构建以及 AI 框架（如 PyTorch）的相关优化。同时，在基础软件中使用大语言模型的能力也是龙蜥社区重点布局的方向之一（Anolis-Copilot）

业务平滑迁移

用户在升级底层操作系统、更新基础设施过程中，会涉及自身应用的迁移。提供低门槛的迁移能力是 Anolis OS 在建设之初就确定的基本原则。为此社区专门成立了迁移工具 SIG 组来负责与用户业务平滑迁移相关的开源项目。当前，龙蜥社区已经发布了业务迁移相关的手册与工具 Anolis OS Migration Solutions (AOMS)。用户按照迁移手册的步骤或通过 AMOS 工具即可平滑完成业务迁移的相关工作。

保证应用稳定运行

完成业务迁移等工作后，用户业务的稳定运行就成为基础设施要完成的最重要工作。这就需要经过大规模实践检验的运维技术。在社区伙伴的贡献下，龙蜥社区先后成立了系统运维 SIG 和 eBPF SIG，孵化了 SysOM、SysAK、Coolbpf 等运维项目。SysOM (SYStem Operation & Maintenance) 是龙蜥社区一站式系统运维平台，通过统一的前端 Web 将所有运维服务的分析数据展示给用户，用户可以在同一个平台上进行主机管理、系统监控、异常诊断、日志审计、安全管控等复杂操作系统管理。SysOM 的前端则使用了深度诊断解决方案 SysAK，该解决方案沉淀了在百万级别服务器上使用运维工具的经验。Coolbpf 极大降低了 eBPF 应用开发编译的门槛，创新的提出远程编译思想，具有资源占用低、可移植性强等优点，适合在生产环境批量部署所开发的应用，可以使同一个 eBPF 应用无需

修改就能在 3.x/4.x/5.x 新老内核版本安全运行，解决了 eBPF 应用开发的痛点。

当前社区已经形成了以 Anolis OS 为核心的操作系统发行版矩阵，形成了包括 LifseaOS、Alibaba Cloud Linux、统信服务器操作系统 V20、银河麒麟服务器操作系统、BC-Linux、凝思安全操作系统在内的上下游发行版。同时，社区已启动 Anolis OS 23 的研发工作。Anolis OS 23 基于分层分类理论构建，基于该理论对发行版软件包进行筛选，制定维护策略，为用户提供安全、稳定、可靠的操作系统发行版。

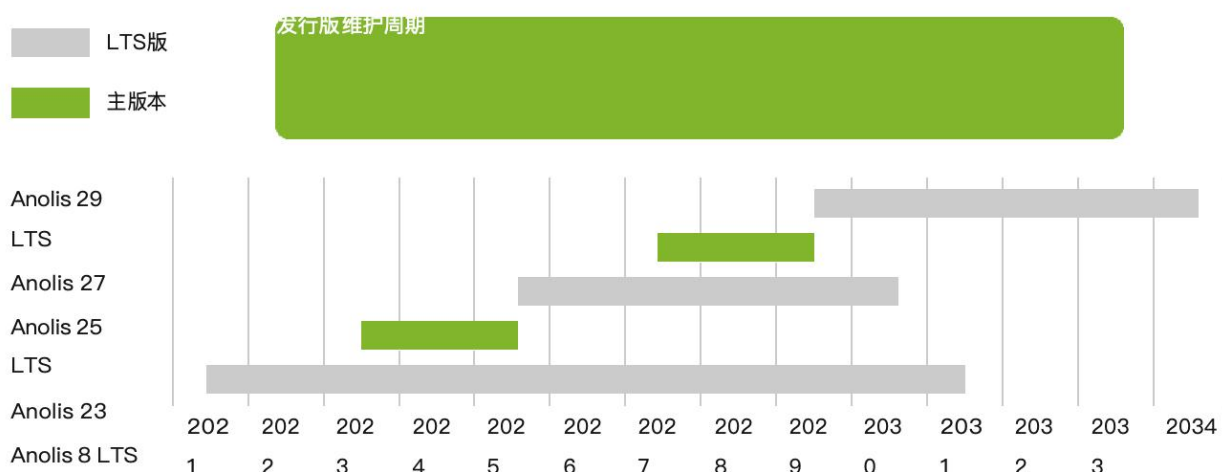


图 Anolis OS 发行版版本规划

4.2 技术生态与产业协作

开源社区往往采用传统开源软件的研发模式，即采用集市模式进行开发，各发行版在软件架构层面缺少共识，操作系统开发和运维人员、操作系统服务提供商在进行发行版研发，核心软件选择，安全漏洞修复，软件版本维护时缺少对相关问题的决策依据和评判标准，给操作系统厂商和终端用户在软件版本选择、维护等方面造成困扰。龙蜥社区对操作系统发行版涉及的整体架构和软件版本探索建立了分层分类理论，用以在 Anolis OS 及其衍生版本研发过程中指导发行版研发的技术规划，协调研发过程中合作伙伴的职责分工，帮助筛选关键核心软件。在发行版使用维护过程中，用以评估缺陷漏洞的影响范围和严重程度，

衡量发行版软件升级的策略，为 Anolis OS 及其衍生发行版提供全生命周期的理论指导。

当前社区重点研发的 Anolis OS 23 发行版在软件包选型上已经采用分层分类策略，软件包选型过程优先考虑重要软件包的版本和相关依赖，确定重要软件包（如 Linux Kernel）的版本后，再逐批引入更高层的软件包。这些软件版本确定后，社区也会对这些重要的软件包制定维护和更新策略，以便简化操作系统厂商发行版的制作，简化终端用户软件版本选择和维护工作。

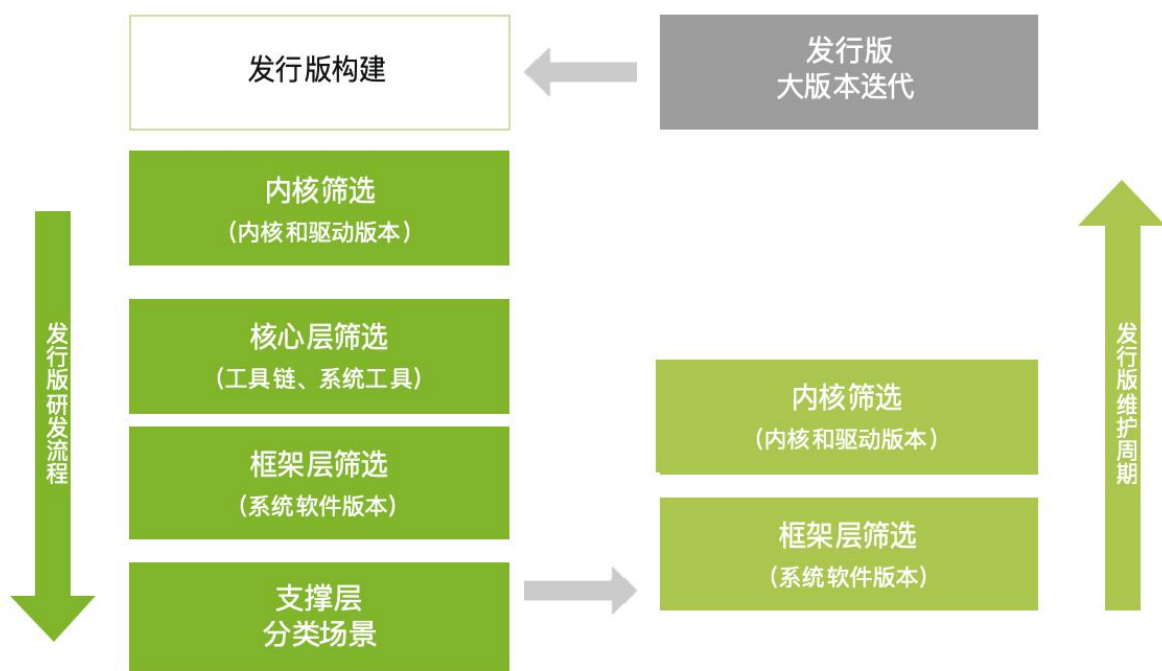


图 分层分类理论指导 Anolis OS 23 软件包选型

分层分类思想不仅指导社区操作系统发行版的软件包选型策略，也在社区技术生态布局方面发挥着积极的作用。龙蜥社区 SIG 的建立 也会优先考虑更为重要和核心的基础 SIG，如社区基础设施 SIG、合规 SIG、CI/CD SIG、文档 SIG 等都是第一批被建立的。此外，与操作系统技术生态直接相关的芯片类 SIG 等也是首批建立的 SIG。当前龙蜥社区已经完整构建了与社区运作相关的 SIG 以及硬件芯片相关的 SIG，并开始逐步完善上层应用和解决方案相关的 SIG。

摩尔定律失效造成算力增长缓慢

算力增长缓慢是目前信息产业面临的重要挑战。在后摩尔定律时代，产业界也提出了领域专用架构（Domain Specific Architecture, DSA）来应对大数据、人工智能领域对算力增长的需要。云计算的业务形态使得其可以通过将底层异构芯片的算力进行抽象，让用户更方便的使用异构芯片和 DSA 架构。

操作系统是支持芯片最为基础的系统软件，因此对异构芯片和 DSA 架构的支持就成为未来龙蜥社区的重要演进方向。未来社区和 Anolis OS 会持续投入和完善对异构芯片的支持。当前 Anolis OS 已经完成对主流处理器芯片的支持，未来社区在继续完善操作系统、编译器和工具链组件对异构处理器芯片支持的同时，会持续支持更多 DSA 架构，让 Anolis OS 提供云-边-端多场景异构处理器的支持。

云计算催生全新计算范型

计算产业的形态已经产生了极大的变化，从机器抽象的 IaaS 态，到容器抽象的 CaaS 形态，再到服务器无感的 Serverless 形态，云计算推动了计算产业形态和相关技术的快速发展。而随着计算服务的边界抬升上移，一方面可以让底层异构芯片的算力更容易被抽象，形成对用户透明的统一算力。另一方面也为实现从运行时（Runtime）到硬件（Hardware）充分的软硬件协同提供了必要基础。通过软硬件协同配合 DSA 架构充分发挥异构硬件算力已经成为当下重要的技术发展趋势。

龙蜥社区也将持续孵化云计算相关开源项目。云原生相关技术既是云计算未来技术演进的主要方向，更是社区重点投入的领域。云原生与 Serverless 以及软硬件协同技术结合，在持续释放底层算力的同时，能够让用户更好的享受到云计算在算力、资源弹性等方面的优秀体验。同时，社区也将持续改善用户迁移上云方案和工具，让 Anolis OS 成为用户平滑迁云的基石。

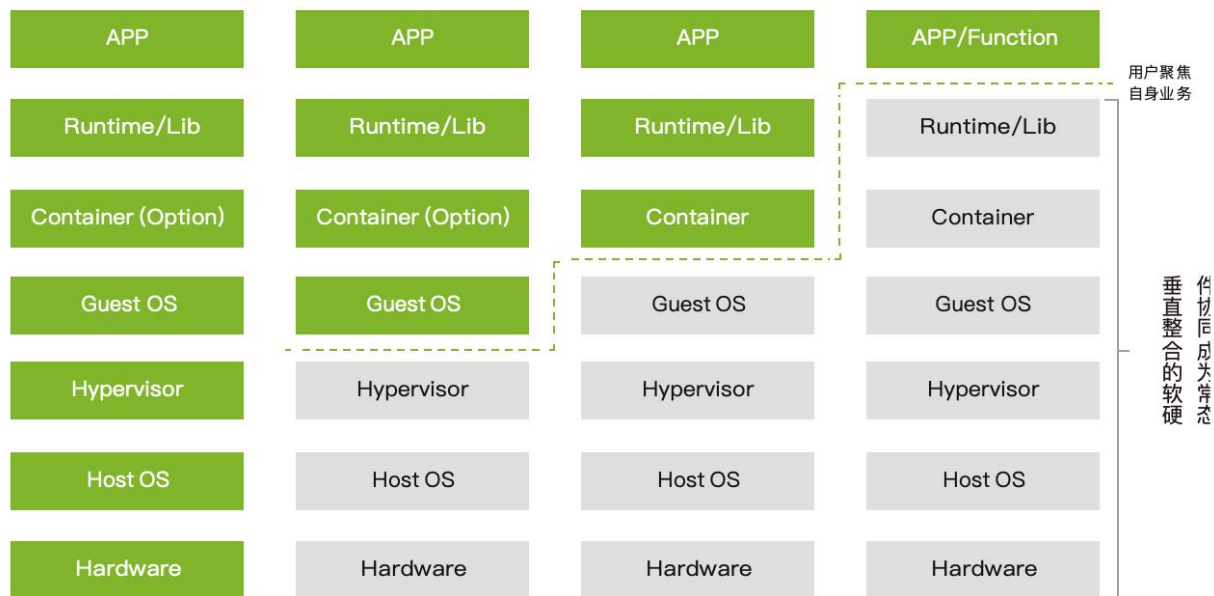


图 云计算扩大软硬件垂直整合空间

智能计算和大语言模型带动基础软件持续创新发展

智能计算和大语言模型为基础软件带来了两个方向的机会，即 System for AI 和 AI for System。在 System for AI 方面，基础软件为模型训练和推理提供基础环境，除基本的硬件使能，软件依赖支持外，通过编译器技术实现通用的模型运行效率优化，通过基础软件的 RAS 技术降低训练任务中断时间等都是智算领域近期需要重点攻关的技术方向。

此外，充分发挥底层 GPU 等异构硬件的算力，充分利用硬件通信带宽提高模型训练效率，都是基础软件领域面临的重大挑战。在 AI for System 方面，利用大语言模型改善基础软件使用的便捷性，为开发人员提供 Copilot 服务，方便文档信息查询，提供基本操作的指导等都是未来潜在的发展机会。

软硬件全栈协同设计与优化

软硬件协同是充分发挥各类硬件算力的关键。在“硬件 + 操作系统 + 编译器”相结合的基础上，将软硬件协同的边界拓展到运行时组件，结合 Serverless 等新型计算技术，实现用户业务逻辑与底层基础设施的彻底解耦与高效运行，帮助用户业务快速便捷的实现架构现

代化。

数据爆炸需要突破内存墙限制

从智能网卡 SmartNIC 到存内计算 PIM，软硬件协同趋势促使硬件不断创新。其中以 CXL 为代表的新型总线技术对未来基础软件架构设计影响最为重要。CXL 总线提供了缓存一致性能力，在处理器与外设之间提供了更细粒度的数据访问能力，为减少数据移动提供了必要的基础，为提高大型软件的运行效率提供了可能。同时 CXL 总线的服务界面让操作系统和编译器更容易对其进行封装，减小对用户应用程序的侵入，避免用户应用程序的大规模改造。

数据安全和隐私保护推动新的计算技术

随着国内外数据安全和隐私保护法律规范的相继出台，用户会更加关注自身数据的安全保护。硬件芯片厂商近年来不断加强自身芯片中与隐私计算相关的技术，如 TrustZone、SGX、SEV 等芯片特性相继发布。而与之配套的计算技术发展仍然相对滞后，这也推动了相关计算技术的快速发展。

信息安全作为信息产业重要的领域，是龙蜥社区未来重点持续发力的方向之一。未来社区会持续通过软硬件协同等方式实现系统安全与机密计算技术，形成更加成熟的数据保护与隐私技术栈，让用户在享受云计算所带来的红利时，也能够更好保障自身的数据安全。

云计算在过去十年间推动了信息产业的变革，也促进了以操作系统为代表的基础软件行业的发展。龙蜥社区也会继续秉持平等、开放、协作、创新的信念，在基础软件领域持续创新开源技术、拓展开源生态、扩大开源影响力，助力社区伙伴与用户便捷平顺的过渡到以云计算为基础的数字基础设施上。

05

原生技术概览

5.1 通用计算场景

5.1.1 可预期的发行版路线图和基础能力

5.1.1.1 概述

1) 关于 Anolis OS

龙蜥操作系统 (Anolis OS) 是 OpenAnolis 龙蜥社区发行的开源 Linux 发行版, 兼容主流 Linux 发行版操作习惯, 支持多计算架构, 提供稳定、高性能、安全、可靠的操作系统服务。当前 Anolis OS 提供 Anolis OS 7、Anolis OS 8 和 Anolis OS 23 三个主要版本。三个主要版本均集成 ANCK 内核版本 (Anolis Cloud Kernel, Anolis 云内核), ANCK 是由社区 Cloud Kernel SIG 组基于上游 Kernel 研发, 一款定制优化版的内核产品, 在 Cloud Kernel 中实现了若干针对云基础设施和产品而优化的特性和改进功能, 旨在提高云端和云下客户的使用体验。与其他 Linux 内核产品类似, Cloud Kernel 理论上可以运行于几乎所有常见的 Linux 发行版中。

2) 关于 Anolis OS 生命周期

版本维护能力是操作系统提供服务的重要能力之一, 本文介绍了龙蜥社区提供的 Anolis OS 各版本的维护生命周期, 以及生命周期各个维护阶段所提供的服务支持能力。

5.1.1.2 生命周期涉及术语解释

1) 长期支持版本和主版本

龙蜥操作系统(Anolis OS) 有长期支持版本和主版本 。

- 长期支持 (Long-Term Support, LTS) 版本：有更长的支持周期，维护周期至少 5 年。Anolis OS LTS 版本在发布和维护阶段有如下特点：
 - 维护周期分成开发支持阶段和维护支持阶段；
 - 开发支持阶段会通过定期发布小版本来进行更新迭代，并且小版本发布前会通过社区严格全量覆盖测试；
 - 适用于注重系统的可靠性和长期支持的用户；
- 主版本：维护周期相对短，维护周期不超过 5 年。Anolis OS 主版本在发布和维护阶段有如下特点：
 - 维护周期仅包含开发支持阶段；
 - 会通过定期发布小版本来进行更新迭代；小版本发布前会通过基本版本覆盖测试；
 - 适用于更注重最新的开发工具和功能，对软件前向兼容性没有要求的用户；

2) 大版本与小版本

龙蜥操作系统 (Anolis OS) 版本号区分大版本与小版本。版本维护期间，定期发布的版本，会称为小版本。如：Anolis OS 8 和 Anolis OS 23 中的“8”或者“23”，即大版本号。Anolis OS 8 发布的 8.2、8.4 中的“2”“4”即指代小版本号。

3) 维护周期不同支持阶段

龙蜥操作系统(Anolis OS) 的维护周期内，有“开发支持阶段”，“维护支持阶段”和“扩展

维护支持阶段”三种阶段。开发支持阶段的支持项要多于维护支持阶段。扩展维护支持阶段的支持项不超过维护支持阶段。

a) 开发支持阶段

在开发支持阶段，Anolis OS 会提供如下支持：

- 常规的安全漏洞修复 (ANSA) 以及缺陷修复 (ANBA) 支持。当上述修复可用时，Anolis OS 会以勘误表 (Errata) 的形式提供修复详情，以及对应的 RPM 包下载；如有必要，会提供优选更新 (Quality Updates) 镜像，包含 ISO 镜像和 qcow2 虚拟机镜像；
- OpenAnolis 龙蜥社区推荐的软件功能增强、新软件包或软件新功能支持 (ANEA)。当上述增强或新功能可用时，Anolis OS 会提供 Errata 展示相关详情，并提供对应的 RPM 下载；如有必要，会提供优选更新 (Quality Updates) 镜像，包含 ISO 镜像和 qcow2 虚拟机镜像；
- 新硬件的支持、硬件功能增强支持、重要的生态软件的引入支持。该支持通常会以 Anolis OS 新的小版本形式发布并提供镜像下载，包含 ISO 镜像和 qcow2 虚拟机镜像；如果改动相对独立，也会单独提供 RPM 包（如 Cloud Kernel 内核包新版本）下载；
- 针对软件兼容性需求和问题，可流转入 Anolis OS 软件兼容性认证标准与流程的处理；
- ANCK 内核安全漏洞修复、缺陷修复、功能增强以及新的软硬件相关内核功能的支持。请注意涉及 ANCK 的改动暂时不遵循“内核二进制接口 (kABI) 兼容性”规范标准。

b) 维护支持阶段

在维护支持阶段，Anolis OS 会提供如下支持：

- 评分为“高”或者“关键”的安全漏洞修复 (ANSA) ，以及优先级为“紧急”或者 OpenAnolis 龙蜥社区认为应当提供支持缺陷修复 (ANBA) 。当上述修复可用时，

Anolis OS 会以勘误表 (Errata) 的形式提供修复详情, 以及对应的 RPM 包下载; 如有必要, 会提供优选更新 (Quality Updates) 镜像, 包含 ISO 镜像和 qcow2 虚拟机镜像;

- 软件功能增强、新软件包或软件新功能支持, 在维护支持阶段不承诺 100% 提供。但是如有必要, 会经过 OpenAnolis 龙蜥社区审慎评估后, 以 Errata 形式展示相关详情, 并提供对应 RPM 下载;
- 新硬件的支持, 以及硬件功能增强支持, 在维护支持阶段不承诺 100% 提供。但是如有必要, 会经过 OpenAnolis 龙蜥社区审慎评估后, 以 Errata 形式展示相关详情, 并提供对应 RPM 下载, 以及提供优选更新 (Quality Updates) 镜像, 包含 ISO 镜像和 qcow2 虚拟机镜像。

c) 扩展维护支持阶段

扩展维护支持 (Extended Maintenance Support, EMS) 阶段, 也称为扩展更新支持 (Extended Update Support, EUS), 出现在新的小版本或大版本发布后, 可以给无法立刻升级到新的小版本的客户一个适当的过渡期, 对于客户平滑迁移业务较为友好。在 Anolis OS 8 中, Anolis OS 8.2 、Anolis OS 8.6 也存在一个短时间的扩展维护支持阶段。扩展维护支持阶段支持力度不超过维护支持阶段的支持力度。

- 对于 Anolis OS 8.2 来说, 由于社区刚刚发布第一个可用版本不久, 这个阶段希望给所有客户提供更平稳的过渡手段, 在 Anolis OS 8.4 发布后, 依然提供相关支持到 2022 年 3 月 30 日。在次日起之后, 请所有用户尽快升级到 Anolis OS 8.4 及更新版本;
- 对于 Anolis OS 8.6 来说, 由于 Anolis OS 8.8 对比 8.6 有更多的特性升级, 为了给已经使用 Anolis OS 8.6 的客户提供更平稳的过度, 在 Anolis OS 8.8 发布后, 依然提供相关支持到 2024 年 3 月 30 日。在次日起之后, 请所有用户尽快升级到 Anolis OS 8.8 及更新版本。

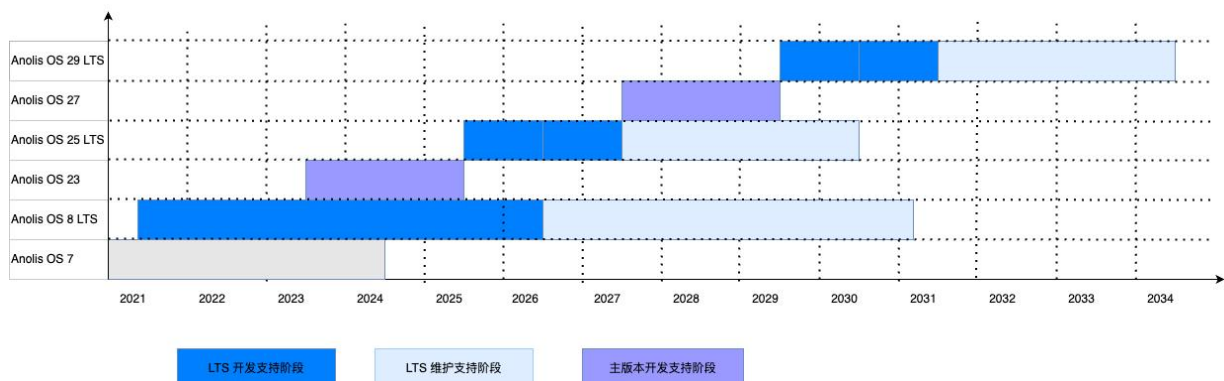
4) 版本后缀说明

常见的版本后缀标识了一个小版本周期内的不同阶段，有时候也展示了不同的开发阶段。

现存的版本后缀如下：

- LTS 版本：LTS 版本是大版本规划阶段根据生命周期规划制定的版本类型，仅适用于大版本，且规划确定后就保持固定，不因开发阶段改变而改变 LTS 的性质。小版本不存在 LTS 或主版本的概念。例如：“Anolis OS 8.2 是一个 LTS 版本”这个说法是错误的；
- GA 版本：正式可用(Generally Available)版是指结束了所有的开发、测试周期，进行发布评审并通过的版本，通常也指代第一个可用版本；
- QU 版本：优选更新(Quality Updates)版是指经过 OpenAnolis 龙蜥社区评审后决定将必要的软件更新追加到上一个正式发布的小版本中的增量更新版。该版本通常有较好的二进制接口兼容性，同时具备安全增强，推荐所有用户更新。优选更新版发布后，上一个正式发布版本自动成为过期版本，不再推荐用户使用；
- Beta 版本、RC 版本、Preview（预览）版本：上述均为正式版本前的测试版本。在发布周期较长的版本研发阶段，通常会形成 Beta → RC → GA 甚至 Beta → RC1 → RC2 ... RCn → GA 等多个测试版本。在发布周期较为乐观的情况下，可能会直接推出单个预览版本。

5.1.1.3 全版本生命周期一览



- Anolis OS 7, 结束日期是 2024 年 6 月 30 日 ;
- Anolis OS 8, LTS 版本 , 整体支持年限 10 年 , 分别是为期 5 年的“开发支持”阶段和为期 5 年的“维护支持”阶段。整体结束的支持日期为 2031 年 4 月 30 日 。

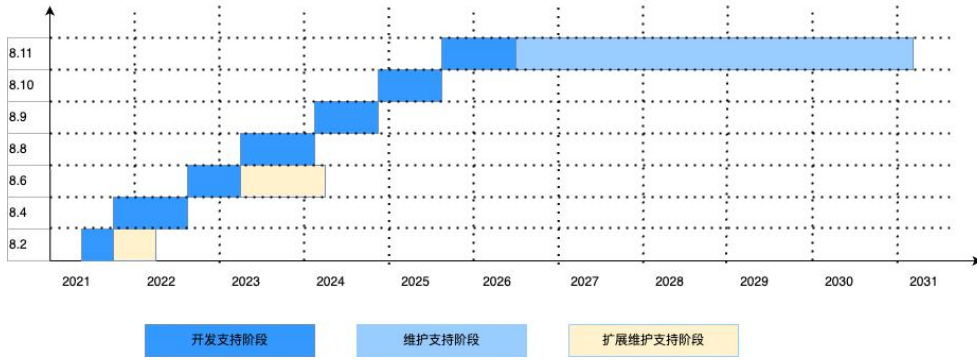
当前未正式发布的版本生命周期支持计划如下:

- Anolis OS 23, 主版本, 整体结束的支持日期为 2025 年 6 月 30 日;
- Anolis OS 25, LTS 版本 , 整体支持年限 5 年, 分别是为期 2 年的“开发支持”阶段, 和为期 3 年的“维护支持”阶段。预计 2025 年 2 季度发布 , 将于 2030 年 2 季度结束支持;
- Anolis OS 27, 主版本, 预计 2027 年 2 季度发布 , 将于 2029 年 2 季度结束支持;
- Anolis OS 29, LTS 版本 , 整体支持年限 5 年, 分别是为期 2 年的“开发支持”阶段, 和为期 3 年的“维护支持”阶段。预计 2029 年 2 季度发布 , 将于 2034 年 2 季度结束支持。

5.1.1.4 小版本生命周期

Anolis OS 8 从 8.9 小版本起发布间隔将延长为一年。Anolis OS 23 及以后的版本的小版本发布间隔计划为半年。

- Anolis OS 8 小版本排期:

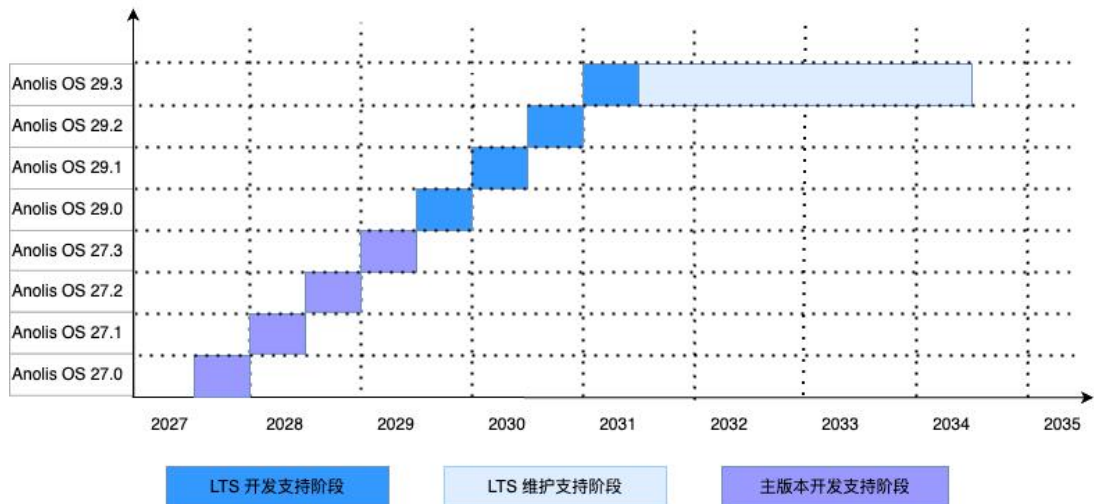


Anolis OS 8.8 之前发布小版本, 只发布偶数版本(仅偶数小版本发布镜像)。Anolis OS 8.8 及以后版本, 小版本号恢复依次递增。

- Anolis OS 23 和 Anolis OS 25 版本排期:



- Anolis OS 27 和 Anolis OS 29 版本排期:



5.1.1.5 下一个版本特性概述

Anolis OS 8.9 预计大颗粒特性

- SW 初步支持
- 正式支持 KABI 能力
- NDE 支持
- 海光 CSV 安全特性增强
- 飞腾 S5000C 平台适配
- 国产 OS 组件能力（基础 OS 能力、桌面、办公）增强
- 硬件 RAS 支持
- 国产 PPU/EIC 丰富支持

Anolis OS 23.1 预计大颗粒特性

- CVE 修复流程建立
- 海光 CSV 安全特性增强
- 飞腾 S5000C 平台适配
- 龙芯架构引入
- Risc-V 架构引入
- 国产 OS 组件能力（基础 OS 能力、桌面、办公）增强
- 智算 modescope 生态支持

- 智算 AMD 生态方案支持

5.1.2 基于上游独立演进的内核基础能力

5.1.2.1 架构选型原则

在内核选型方面，龙蜥社区会考虑 ANCK 支持阿里云倚天、Intel SPR、AMD Genoa 等下一代主力机型，以及飞腾、海光、鲲鹏、龙芯、申威等国产主力芯片的需求，并通过与国内外主流厂商及合作伙伴（包括但不限于芯片、操作系统、云计算、服务器等厂商）的沟通，最终决策 ANCK 采用上游某个 LTS 稳定分支内核作为产品内核，然后通过回合上游主线和自研等新特性、缺陷修复等方式进行独立演进。

当前 ANCK 5.10 各类重要自研/回合特性如下：

5.1.2.2 调度

- core scheduling 特性: core sched 是以 core 为单位调度任务的一项技术，通过给任务打上不同的 cookie，可以避免不同 cookie 的任务同时运行在一个物理核的不同 HT 上，有效避免侧信道攻击。
- ACPU (assess CPU) 技术: 统计任务运行时 HT 对端空闲的时间, 并提供 per-cgroup 统计，可以用于评估任务运行时共享 CPU 核心的硬件资源竞争情况。
- HT aware quota 技术: 在任务使用 core sched 特性的情况下，通过感知 HT 对端是否空闲来控制消耗 cfs quota 的速率，使任务在每个调度周期执行的指令数量大致相同，从而达到可预期算力交付的效果，适用于计算型任务。
- cgroup 级别的 SCHED_IDLE : 可通过设置目标 cgroup 的 cpu.idle 属性来使得该 cgroup 的调度策略成为 SCHED_IDLE，适用于批量管理离线任务。
- CPU 动态隔离技术: 将不同 CPU 核心或 CPU 集群分配给不同任务，可避免任务间对 CPU 资源的相互竞争，提高系统性能和稳定性。该功能支持系统运行时动态更改 CPU 隔离配置，适应运行时关键任务变化场景，提升 CPU 资源利用率。

5.1.2.3 内存

- multi-pcp 功能：支持在 per-core 中保留 order 大于 0 的内存页，避免在分配高 order 的内存页时通过 zone buddy system 进行分配，绕开 buddy 系统大锁，提升网络收包能力。
- 整机/memcg 粒度的代码段锁定功能：当内存水位线处于低水位时，核心业务程序的代码段所属内存被回收会导致核心业务响应延迟，造成性能抖动。此功能允许以 memcg 粒度锁住程序的代码段内存，防止核心程序的代码段所属内存被频繁换入换出的问题。
- memcg lru lock 锁优化：该特性将内核中需要操作全局 lru lock 大锁的场景优化为操作页所在 memcg 的锁，这些场景包括页移动、memcg 移动和 swapin 和 swapout，可大幅度降低全局 lru lock 引入的竞争。在多个 memcg 测试的场景中，性能提升约 50%。
- HVO (HugeTLB Vmemmap Optimization)：HVO 可以降低大页内存所对应的 vmemmap 内存占用。其原理是把一个大页在 vmemmap 中所有 struct page 的虚拟地址都映射到同一个物理地址，以此释放 struct page 所占用的物理内存。
- cachestat：新增 cachestat 系统调用，用于查询指定文件指定范围的缓存状态，并总结了缓存页数、脏页数、标记为写回的页面、最近被逐出页面等统计数据。
- THP ZSR：THP ZSR 可解决使用 THP 带来的内存膨胀问题。该功能会把透明大页拆分为小页面，并将其中的全零页面（zero subpage）回收，从而避免内存的快速膨胀引发 OOM。
- mglru：支持了改进内存页回收能力的 mglru，能够在大数据场景改善内存回收的速率和准确性，提升 e2e 性能。
- batch TLB flushing 特性：该特性重构 migrate_pages() 实现并实现 TLB flush 的批处理，在此基础上可以实现内存拷贝的硬件加速。
- page cache（文件缓存）限制功能：用于解决因 page cache 无限制使用带来的系

统稳定性问题，例如业务抖动、预期外的内存溢出 OOM (Out Of Memory) 等。支持以 memcg 为粒度对 page cache 使用进行限制，对超过限制的 page cache 进行异步回收或者同步回收。

5.1.2.4 存储

- io_uring percpu sqthread polling: 支持多个 io_uring 实例共享同一个 sqthread, 优化 cpu 开销并降低上下文切换延时;
- 高性能用户态块设备 ublk: 支持基于 io_uring passthrough 机制的高性能用户态块设备 ublk, 提供分布式存储 agent 的高效接入方案;
- io_uring nvme passthrough: 将实际执行的文件操作通过 io_uring uring_cmd 直接递交给 NVMe 驱动层处理, 绕过文件系统和块层, 大幅提升应用性能。
- XFS 16k 原子写: 基于 XFS CoW 机制自研 16k 原子写特性, 相比 MySQL 默认打开双写, 有至多 50% 的性能提升, 同时显著减少磁盘 IO。该方案的优势在于不依赖硬件, 且无运行时 IO 链路配置依赖;
- Ext4 append 写优化: 优化 Ext4 delalloc append 写场景 (典型的如业务写日志) 多余的 i_disksize 更新操作, 在 kafka 小包场景性能提升 10%。
- fuse 缓存一致性模型增强: 适用于依赖强一致性的分布式文件系统 (如 NFS) 后端, 并增强相关监控;
- fd passthrough 增强: 常用场景的 IO 延迟降低到先前的 10%;
- fd attach 增强: 可无损恢复 fuse 挂载点连接, 提升生产环境的稳定性;
- 跨 namespace 传递 fuse 挂载点支持: 实现 fuse 挂载点在非特权容器间的传播, 提供一种基于 fuse 的远端存储在云原生场景下的解决方案。
- 自研 IO hang 检测: 通过扩展核心数据结构, 提供相关接口导出 IO hang 信息, 辅助快速分析和定位 IO hang 原因;

- 大块 IO 的 IOPS 限流功能优化：解决 block throttle 因大块 IO（典型的如 buffer IO 场景）可能存在的拆分导致 IOPS 限流不准确的问题。

5.1.2.5 网络

- UDP 分段卸载 (USO) 技术：支持将大报文分割成携带传输头的小报文，从而提高在复杂网络环境下的转发效率和报文接收性能。
- 基于虚拟内存分配的 xdp socket 创建优化：通过 vmalloc 虚拟内存分配技术提升成功创建可能性，避免物理内存碎片化导致的分配失败问题。
- TSQ 性能优化：virtio-net 通过默认使能 tx napi，以优化 TCP Small Queue 的发送性能。

5.1.2.6 cgroup v2

正式支持 cgroup v2 以及相关稳定性增强。

cgroup v2 是 Linux cgroup API 的下一个版本，它对 cgroup v1 进行了多项改进，如：

- 单个统一的层次结构设计：结构更简洁，子系统之间可以联动，便于运维管理。
- 对容器更安全的子树委派权限控制：支持 rootless container，能极大的降低容器逃逸后造成的风险和影响。
- PSI (Pressure Stall Information)：提供了新的系统资源竞争程度的指标，供资源调度监控并决策。
- 内存分配统计细粒度化。
- buffer IO 限流。
- 支持 cgroup 级别的 eBPF 程序，例如 cgroup/sock_ops、cgroup/connect4。

5.1.2.7 更多

随着 ANCK 5.10 版本的持续演进，会有越来越多的新特性合入，请持续关注 ANCK 的 [Release Note](#)。

5.1.3 实现软硬件兼容性验证的自提交能力

5.1.3.1 概述

龙蜥社区以及广大 ISV/IHV/OSV 合作厂商，在发布各类软件、硬件、龙蜥操作系统及衍生版等产品时，均需要评估验证各自产品的兼容性。为此，龙蜥社区针对软件、硬件、操作系统三类对象，通过配套工具、流程、文档等，提供了高效、便捷、自动的兼容性评估验证手段，推动龙蜥社区各类软硬件产品的兼容适配，繁荣龙蜥社区软硬件生态。

5.1.3.2 软件兼容性

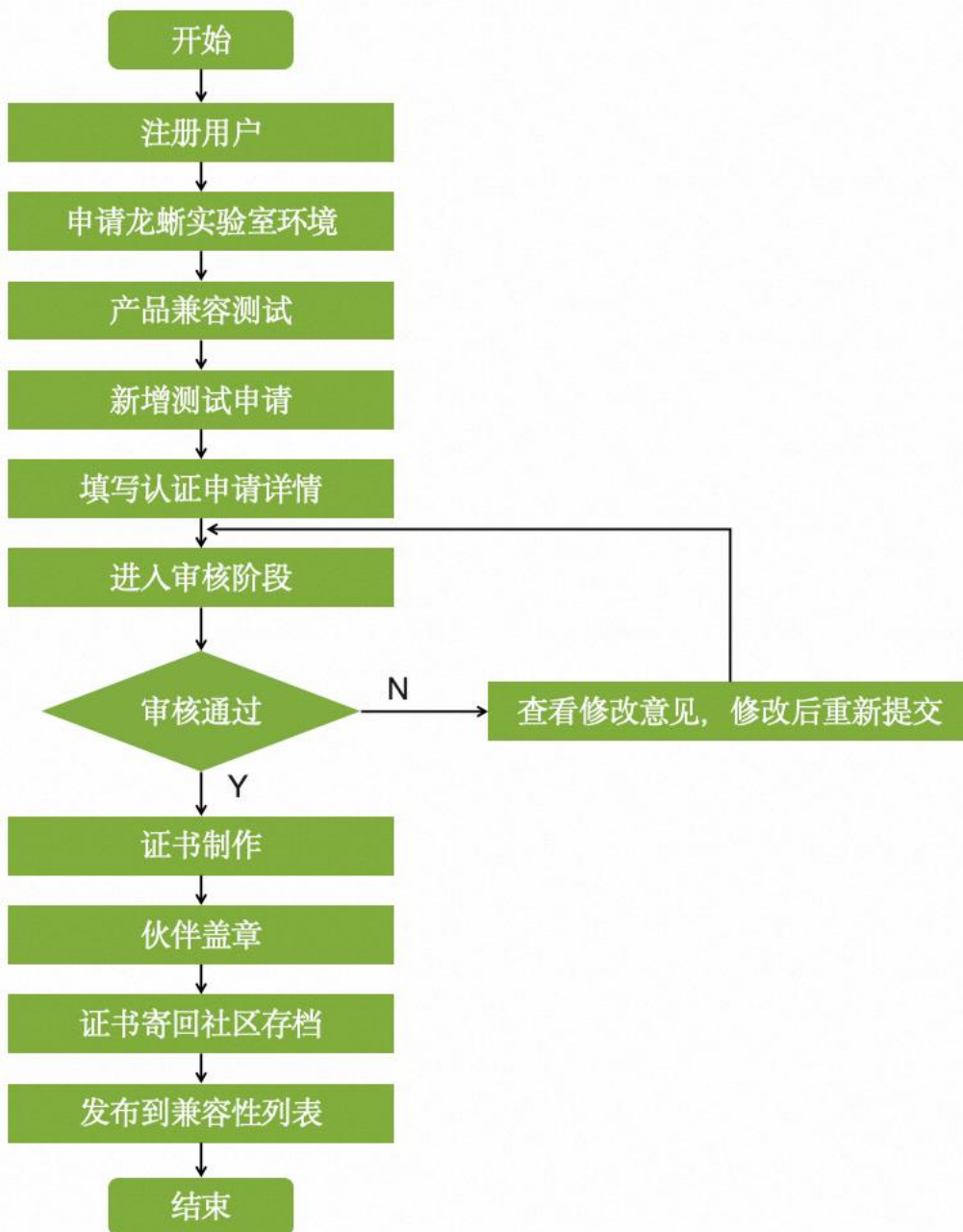
软件兼容性，包括引入龙蜥操作系统发行版的软件、业界主流开源软件和商业软件的兼容性，龙蜥社区提供了差异化的兼容性验证流程，致力于验证各类软件与龙蜥操作系统不同版本之间的兼容性，推动软件与龙蜥操作系统的兼容适配，围绕龙蜥操作系统建立完善的软件生态。

软件兼容性验证主要包含以下 3 类：

- 对于引入到龙蜥操作系统发行版的 RPM 软件，基于 CI-Bot、ABS 和 T-One 等龙蜥社区基础设施，建立了一套统一专业的 CICD 流程，对引入的软件包进行源码扫描、SPEC 检查、LICENSE 检查、构建测试、安装卸载测试、ABI 检查和依赖检查等一系列检查，保障引入软件的兼容性。
- 对于业界主流的上游活跃开源软件，以源码安装运行方式，在龙蜥操作系统上进行兼容性验证，保障开源软件最新发布版本在龙蜥操作系统上的兼容性，验证通过的软件会发布到龙蜥社区软件兼容性列表。

- 对于各 ISV 厂商的商业软件，龙蜥社区提供了一套完整的软件兼容性认证规范、流程和平台，并基于龙蜥实验室基础设施提供了免费的验证环境。ISV 厂商可自助申请兼容性认证，认证通过后颁发龙蜥社区兼容性证书，并发布到龙蜥社区软件兼容性列表。

龙蜥操作系统用户可以通过龙蜥社区软件兼容性列表查询相关软件与龙蜥操作系统某个发行版本的兼容性。龙蜥社区软件兼容性 SIG 会持续发布和更新软件兼容性列表，持续推动龙蜥社区软件生态建设。

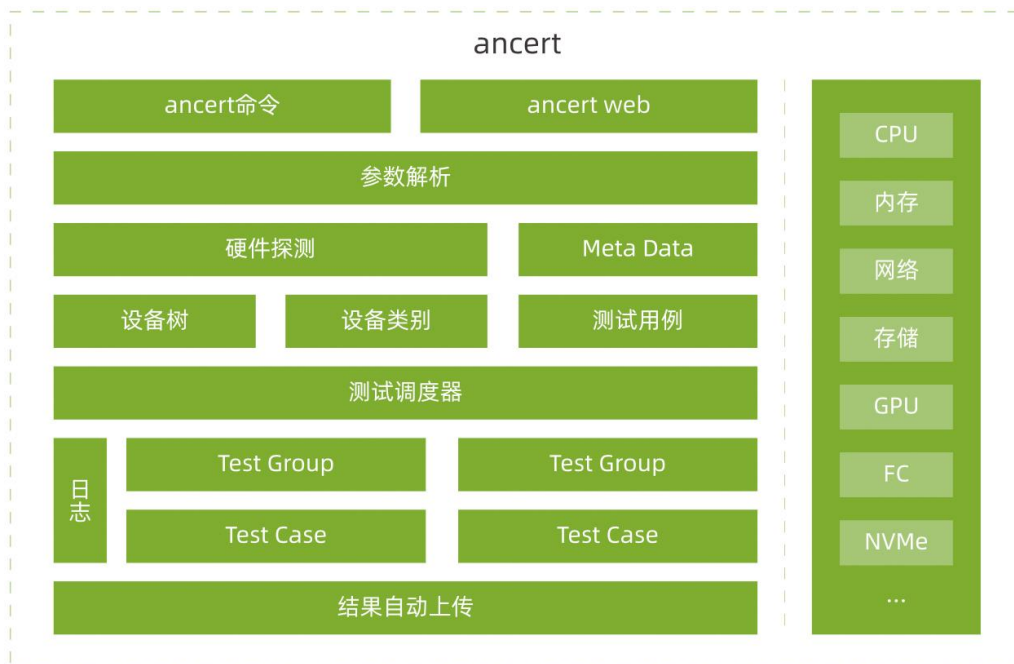


5.1.3.3 硬件兼容性

针对硬件兼容性，龙蜥社区提供了 ancert 硬件兼容性测试套件，致力于验证硬件设备集成商等厂商发布的整机服务器和各种板卡外设与龙蜥操作系统不同版本之间的兼容性，推动社区发行版在各种硬件设备上的适配，围绕龙蜥操作系统建立完善的硬件生态。

目前，ancert 支持服务器整机和 NIC、HBA、FC、GPU、NVMe 等多种外设，以及 DPU 与龙蜥操作系统的硬件兼容性测试。主要技术特点：

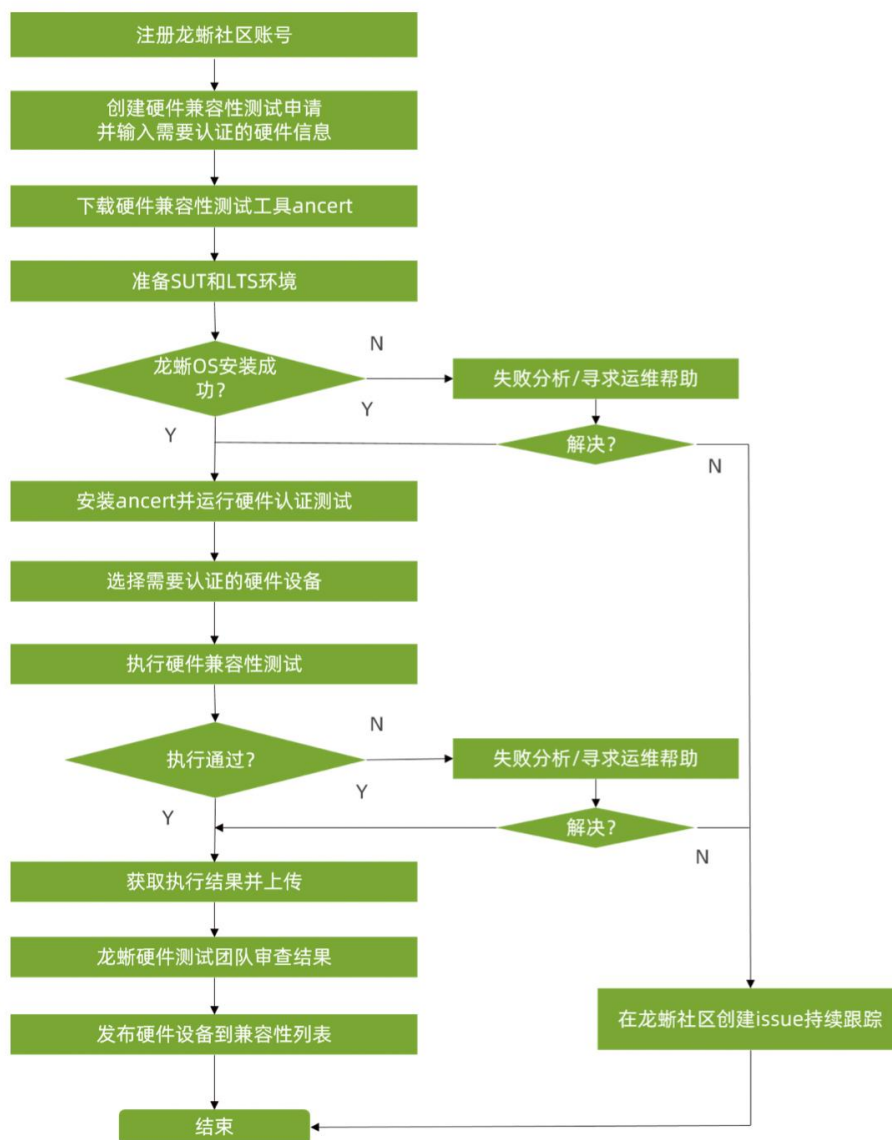
- 跨平台，支持 x86, ARM, LoongArch 等不同架构；
- 支持各种硬件设备的探测，识别，分类，展示；
- RPM 包形式发布，同时支持单机、多机测试环境；
- 一款自动化测试框架，支持自动化，并发测试等；
- 支持 Python, Shell 等语言编写的测试用例；



此外，龙蜥社区硬件兼容性 SIG 构建了完整的硬件设备兼容性测试申请流程，包括：验证标准，申请流程，硬件测试，结果验证，列表发布等流程。

社区用户, IHV 或者硬件设备集成商等通过安装龙蜥操作系统硬件兼容性验证工具 ancert, 对相关硬件设备执行兼容性测试, 并将测试结果提交到龙蜥社区硬件兼容性列表, 测试结果经过龙蜥社区硬件兼容性 SIG 审核通过之后就可以发布到龙蜥社区硬件兼容性列表上。

龙蜥操作系统用户可以通过龙蜥社区硬件兼容性列表查询相关硬件设备与龙蜥操作系统某个版本的兼容性。龙蜥社区硬件兼容性 SIG 会持续发布和更新硬件兼容性列表, 持续推动龙蜥社区硬件生态建设。



5.1.3.4 操作系统兼容性

针对操作系统兼容性，龙蜥社区提供了 ANCE（ANolis Compatibility Evaluation）操作系统兼容性分析评估工具，可被应用于操作系统迁移、龙蜥操作系统兼容性测试、OSV 衍生版认证等多种场景，致力于推动国产化操作系统的迁移和替代，保障龙蜥操作系统发行版的前向兼容性，以及衍生版与龙蜥社区技术路线的一致性，降低社区重复适配成本。

目前，ANCE 工具支持操作系统多种维度的评估，主要技术特点：

- 跨平台，支持 x86，ARM 不同架构，支持 Anolis OS、CentOS 等不同发行版及衍生版；
- 丰富的评估维度，包括软件包、内核、系统环境、应用依赖 4 大类共 20 项评估维度；
 - 软件包包括 ABI、API、CLI、conf 配置、service 配置、provides、requires；
 - 内核包括 kABI、kconfig、内核动态参数、内核启动参数、内核模块、系统调用；
 - 系统环境包括系统服务、系统命令、环境变量、网络端口；
 - 应用依赖包括依赖 RPM 包、依赖系统命令、依赖 so 库；
- 支持多种评估对象，包括静态的 ISO、RPM 文件，以及动态的 OS 运行时环境；
- RPM 包形式发布，支持离线部署使用，或被集成其他平台使用；



对于操作系统迁移场景，通过与 SysOM 平台结合，简化迁移前后的步骤，加速操作系统迁移和替代。

对于龙蜥操作系统兼容性测试场景，主要验证发行版小版本迭代的前向兼容性。

对于 OSV 衍生版认证场景，主要验证 OSV 厂商发布的龙蜥衍生版与龙蜥发行版的亲缘性，保障与龙蜥社区技术路线的一致性，并享有龙蜥社区既有软硬件兼容性生态，降低社区重复适配成本。

5.2 云原生场景

5.2.1 云原生场景下的计算核心 RunD

5.2.1.1 技术介绍

随着容器技术成熟，基于容器镜像部署应用，基于 k8s 管理应用逐步成为大家共识，越来越多企业和应用投身到了容器化部署改造升级进程。但是随着容器化使用越来越多，原有基于 namespace + cgroup 的隔离方式也面临着越来越多的挑战：

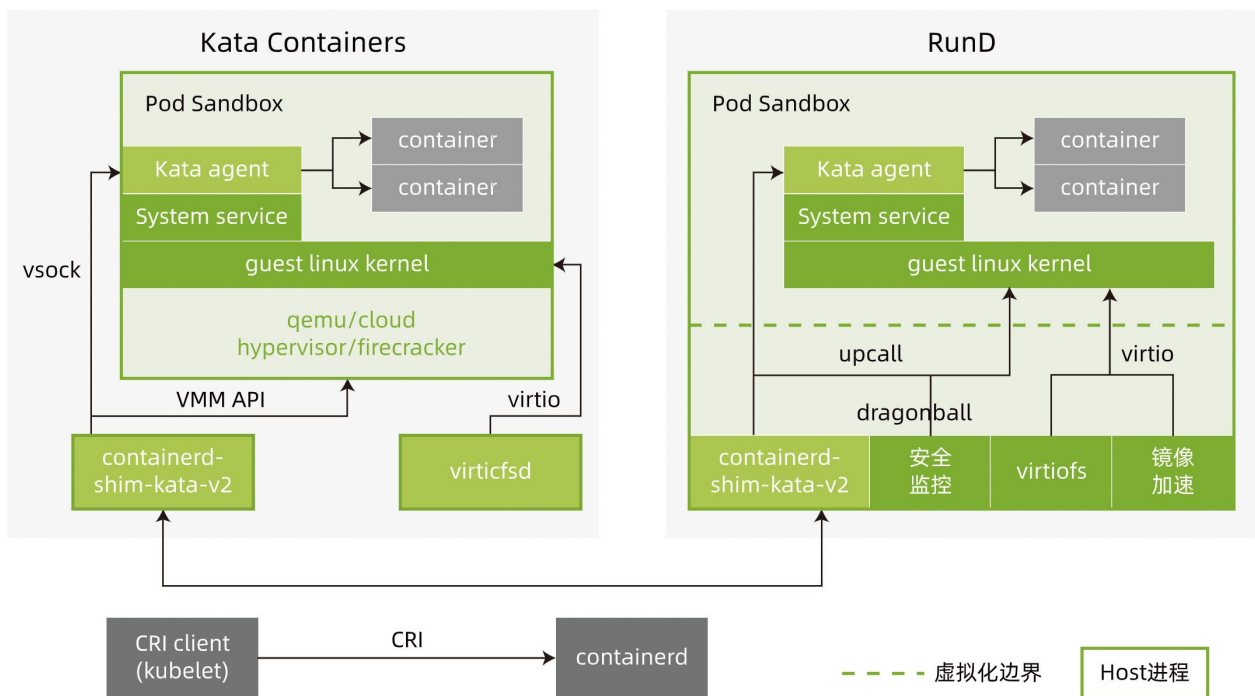
- 多个容器共享内核，内核锁、访存竞争等系列干扰对容器应用性能的干扰
- 多租场景共享内核带来的安全风险

基于这些问题，社区提出来了基于 kata 的安全容器架构，通过将虚拟化技术和容器技术结合，并直接对接 k8s 社区，很好的解决了 runc 容器共享内核带来的性能隔离和安全隔离难题。

RunD 也是在这个背景下产生，用于构建阿里云内部安全容器。安全容器路径探索过程中我们碰到了很多问题，比如社区原有 kata containers 资源开销比较大，每个安全容器资

源开销超过 100MB，启动也很慢，需要数秒。

另外传统 os 需要加载大量驱动来支持各类设备，还有 systemd 等重量级服务，使得整个安全容器很臃肿，面对 serverless 场景高密度、高并发、低延迟启动很难满足，同时也引入了一些非必要的安全风险。面对这些问题，我们对整体架构做了如下系统性的梳理和重构：



用 Rust 实现 VMM Dragonball：让原有 VMM 的内存资源开销从 100+MB 下降到 3MB。即使是 128M 实例的开销也在可接受范围。

同时：

- 支持设备直通、设备热插拔、NUMA 等特性，让 RunD 能够适配各种复杂业务场景；
- 多进程融合设计：使 RunD 在生产环境维护升级更加便捷，提升安全容器稳定性的同时也让进程间通信转换为进程内通信，降低通信开销，优化启动性能；
- 精简操作系统相关组件：有效剥离非容器场景相关特性和组件，降低资源开销，精简组件和接口数量，减小沙箱受攻击风险；

- VMM 和 Guest Kernel 的融合设计是安全容器的独特之处。

传统虚拟机 Guest Kernel 由用户提供，VMM 要处理各类 Guest Kernel，因此大量问题要在宿主机侧解决。但在安全容器场景，Guest Kernel 和 VMM 的统一提供让两者可以深度融合。这一设计进一步提升了安全容器的启动速度，降低了安全容器的开销。通过上述技术突破，RunD 目前已在生产环境部署并支持单节点 4000 安全容器、200/s 并发、200ms 启动。

5.2.1.2 技术应用场景

RunD 技术解决了微服务和 Serverless 场景下细粒度资源安全隔离和按需供给问题，该技术适合以下三类场景：

- 多租户容器场景，例如：公共云对外容器服务场景；
- 可信&不可信容器混合部署，例如：大数据场景里面部分 UDF 程序的安全隔离；
- 不同 SLO 业务混合部署，例如：离线和在线业务的混合部署。

5.2.1.3 技术影响力

RunD 经历过大规模生产环境的考验，相关成果也已汇总为学术论文发表在 2022 年 USENIX ATC、2023 年 SOSP 上。当前，RunD 部分主体功能已经正式合并到 Kata 3.0 中，成为 Kata 3.0 架构的一部分。龙蜥社区的云原生 SIG 也在组内对 Kata3.0 架构做了重点介绍，并在社区构建了 RunD 预览版，为社区用户提供体验。

5.2.2 跨云-边-端的只读文件系统 EROFS

5.2.2.1 背景介绍

在云原生、桌面、终端等应用领域，为了高效可信构建，分发和运行镜像，解决方案一般倾向选择只读方案，其优势在于分发和签名校验、写保护、器件故障可靠恢复等。通用文件系统如 EXT4 和 XFS 往往不能充分满足镜像极致大小，压缩，去重及可复现构建等需求，且通用文件系统冷门特性会增加格式复杂度，影响分发和执行环节的安全性和可控性，因此打造 Linux 下高性能自包含内核只读文件系统能更好地服务容器、终端、集群 OS 等业务场景。

5.2.2.2 技术方案

EROFS 是为高性能只读场景量身打造的内核文件系统，提供了多层镜像、透明压缩、块去重、原生按需加载、FSDAX 内存直接访问 等特性，于 Linux 5.4 正式合入 Linux 主线。在容器镜像领域，通过与 CNCF Dragonfly Nydus 镜像服务、Composefs 等深度融合，打造 FS-Cache, TarFS 等技术，服务容器 runC、Kata、gVisor 等场景。在终端领域已成为 Android Open Source Project 推荐的系统分区文件系统格式。

技术优势：

- Linux 内核原生，通过压缩（LZ4/LZMA/DEFLATE）、去重节省镜像存储空间；
- 原地解压等技术进一步优化运行态内存占用，提升性能；
- 提供内核原生按需加载能力，从源头解决 FUSE 额外拷贝和上下文切换开销；
- 提供 OCI 标准镜像免解压 TarFS 技术提升性能，实现运行时数据保护及设备直通。

应用场景：容器/App/系统镜像，软件包管理，AI 数据分发，函数计算，机密计算，无盘启动，安装器等。

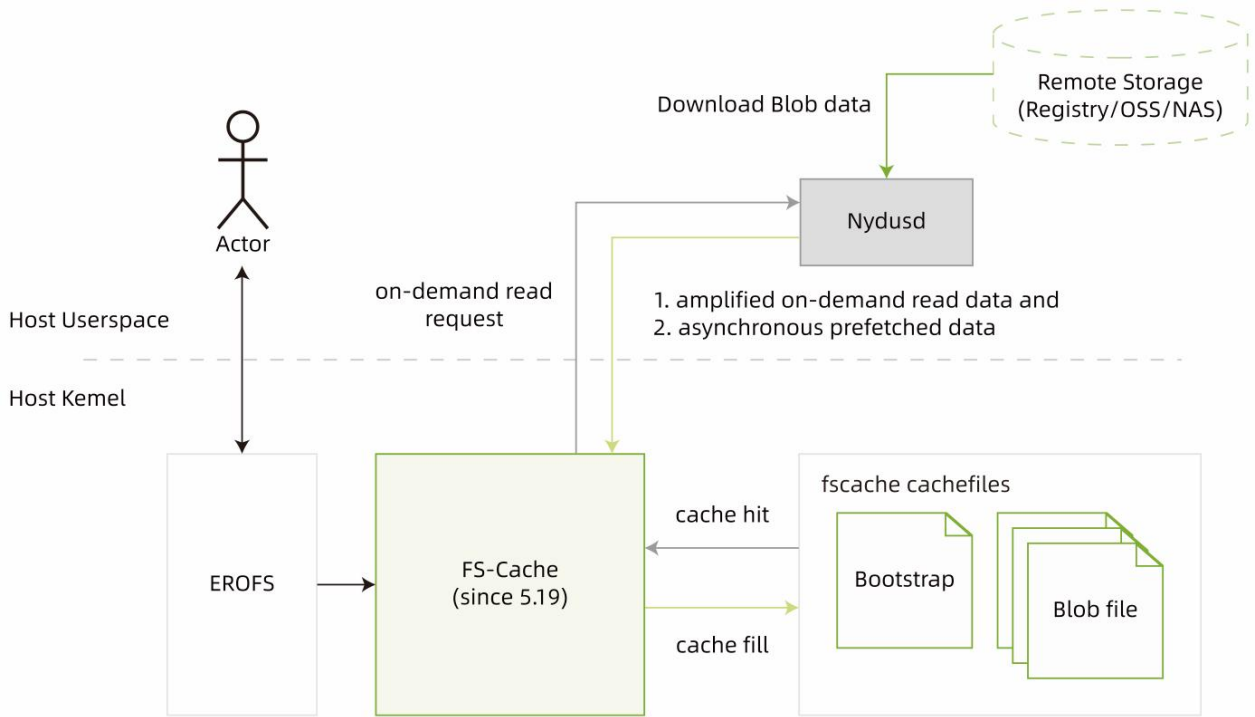
5.2.2.3 基于 EROFS + FS-Cache 优化 Nydus 镜像按需加载

EROFS over FS-Cache 是龙蜥社区牵头为 Nydus 和 EROFS 开发的下一代容器镜像按需加

载技术，同时也是 Linux 内核原生的镜像按需 加载特性，于 5.19 合入内核社区主线。

该方案将按需加载的缓存管理通过 FS-Cache 框架下沉到内核态执行，当镜像已在本地缓存时，相比用户态方案可有效避免内核态/ 用户态上下文切换和内存拷贝；

当缓存未命中时，再通知用户态通过网络获取数据，做到真正的“按需”，非按需场景下实现几乎无 损的性能和稳定性。



在按需加载场景，EROFS over FS-Cache 相比 FUSE 性能更优（注：数据为三次测试取平均值）：

	OCI	EROFS + FUSE	EROFS + FS-Cache
wordpress E2E 启动时间	11.562s	5.263s	4.619s

在非按需场景，EROFS over FS-Cache 相比 FUSE 性能也更优：

	OCI	EROFS + FUSE	EROFS + FS-Cache
本地 cache 4K 顺序读	387068KB/s	211767 KB/s	366291KB/s
本地 cache 4K 随机读	6153KB/s	5450KB/s	6170KB/s

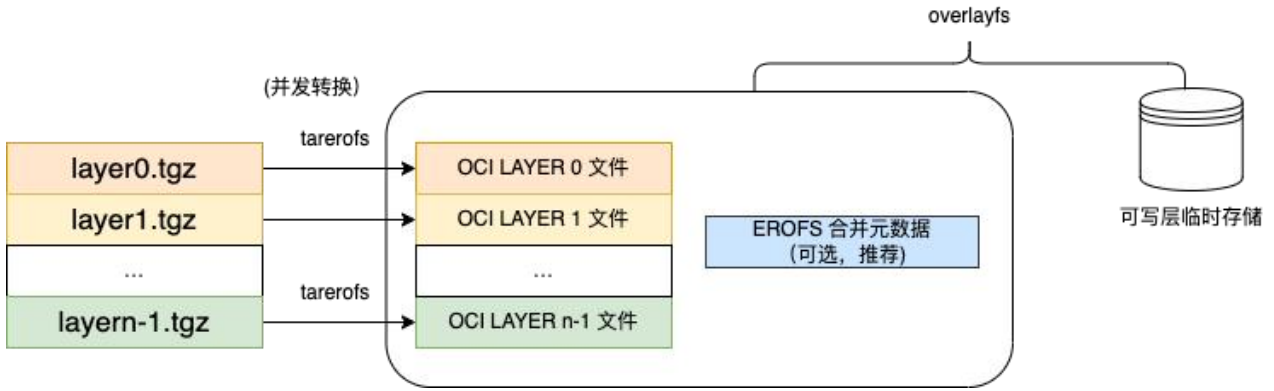
5.2.2.4 基于 EROFS TarFS 技术优化 OCI 容器镜像

OCI 标准镜像是分层增量构建的 tar.gz 压缩包，当前 OCI 镜像需解包到 overlay 文件系统实现数据可访问，这存在如下问题：

- 小文件太多可造成大量元数据写入，影响启动性能；大量小文件也影响 GC 效率；
- 无法做运行时校验，丢文件/数据破损无法及时发现；
- 无法做只读/防写入保护。

TarFS 技术通过把 OCI 镜像透明转换为 EROFS 可以识别的格式，避免直接把 tar.gz 解包到 overlay 文件系统，其优势有：

- 避免大量文件创建/删除对底层文件系统的冲击；
- 可做只读保护和运行时校验；
- 转换后的格式可 P2P 分发，集群侧可制作镜像缓存，进一步优化启动速度。



5.3 智能计算场景

5.3.1 AI 容器镜像

5.3.1.1 AI 容器基础生态简介

基于龙蜥操作系统 Anolis OS，为开发人员提供了强大的 AI 开发平台，龙蜥操作系统通过通过专门的 AI Repo (EPAO) 实现了对主流 AI 框架的全面支持，使得 AI 开发更便捷高效，且极大降低了用户基于龙蜥操作系统构建 AI 容器镜像的难度。龙蜥生态软件仓库 (EPAO)，实现一键安装部署 AI 开发环境，解决了 AI 组件之间繁琐的依赖关系，加速 AI 应用的开发、部署流程。EPAO 仓库有以下特点：

- EPAO 仓库支持开发者一键安装主流 NVIDIA GPU 驱动和 CUDA 加速库，为开发者节省驱动匹配版本和手动安装的时间。
- EPAO 仓库提供对主流 AI 框架 PyTorch/TensorFlow 的版本支持，同时安装过程中自动解决 AI 框架的依赖问题，开发者无需进行额外编译，即可搭配系统 Python 环境进行快速开发。
- EPAO 仓库中的组件在提供给开发者之前，均经过兼容性测试，开发者可以一键安装对应的组件，免去环境配置中可能出现的对系统依赖项的修改，提供使用过程中的稳定性。

目前在 ACR(alibaba container register) 官网已经提供基于 Anolis OS 构建的 AI 基础容器镜像，欢迎大家试用。

5.3.1.2 基于 Anolis OS 构建 AI 生态的优势

Anolis OS 在 AI 生态上的优势可以从以下几方面来概述：OS 的售后服务、OS 的运维能力、软硬件优化能力、稳定性保障机制、完整的 OS AI 生态、庞大的用户群体。这里所涉及的每一个点都是在生产环境中不可或缺的能力，特别是在 AI 复杂的生产环境中，能提供完整的支持链路显得格外重要，可以参考下图：



5.3.2 AI 框架

5.3.2.1 背景概述

AI 模型的研发、训练、推理依赖于深度学习框架的自动微分以及充分使用现代硬件高效计算的能力。大语言模型领域最广泛使用的 Pytorch 框架在生产环境使用时存在弊端：Pytorch 算子抽象了硬件设备，使得相同的一份代码可以跑在 CPU、GPU 等不同设备。在

广泛使用的英伟达 GPU、英特尔 CPU 上往往可以达到最佳性能。但是在 ARM 芯片上，由于 Pytorch 未充分使用硬件的所有加速指令，Pytorch 在这些平台的性能表现往往不尽如人意。

5.3.2.2 技术方案

深度学习的实现中包含大量的矩阵乘法。举例来说，我们熟知的卷积操作，实际上经过一系列的转换后，输入特征和卷积核会被转换为两个矩阵，然后进行矩阵乘法，输出的结果再解码成特征图，就完成了卷积。除此以外，全连接层也由矩阵乘法实现，当前流行的 Transformers 结构，被包括 ChatGPT 在内的各类 NLP 模型所使用，也包含大量矩阵乘法操作。

矩阵乘法的朴素实现为：

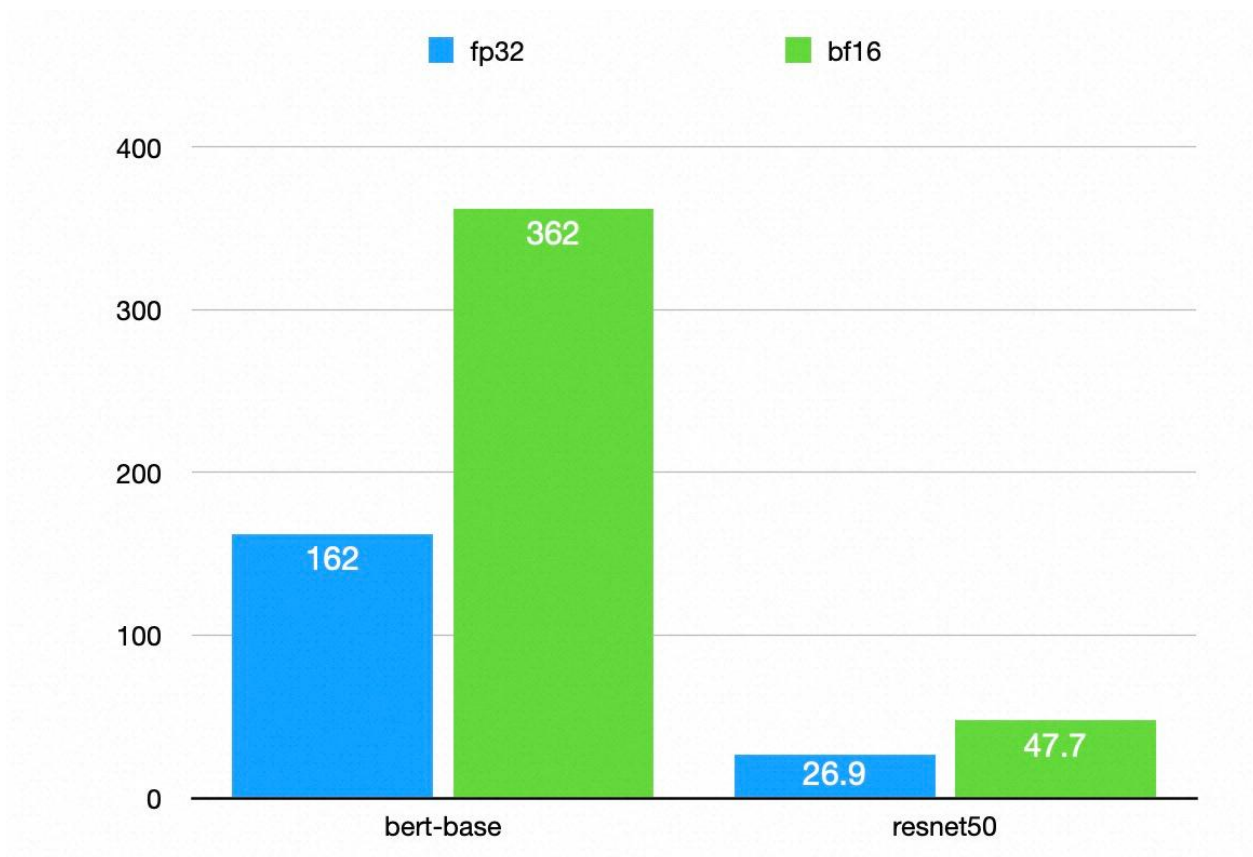
```
for (int i = 0; i < M; i++) {
    for (int j = 0; j < N; j++) {
        C[i][j] = 0;
        for (int p = 0; p < K; p++) {
            C[i][j] += A[i][p] * B[p][j];
        }
    }
}
```

其时间复杂度是 $M*N*K$ 级别，深度学习涉及的矩阵乘法计算量很大，比如常见的卷积操作可能就涉及 5000 万次计算，所以优化就显得很有必要，由于矩阵乘法十分常用，因此计算机科学家们为此做了很多努力，从内存布局和利用向量指令出发，其性能可以提升十倍以上。此外 ARM v8.6A 架构还引入了 BF16 扩展，为深度学习使用的半精度数据类型提供了指令集的矩阵乘法支持(BFMMLA)。

龙蜥社区为 ARM 版本的 Pytorch 引入了 ACL(ARM Compute Library)的矩阵乘法实现，通过 ACL 的矩阵乘法实现，可以充分发挥最新 ARM CPU 的计算能力，提升 Pytorch 在 ARM

平台上的性能。

以下是 Resnet50 和 Bert 模型通过矩阵乘优化效果：



通过矩阵乘法优化，ARM CPU 上的吞吐获得了 1 倍左右的提升。

5.4 一云多芯硬件生态

5.4.1 Intel SPR 平台支持

Intel Sapphire Rapids(简称 SPR)即第四代至强可扩展处理器，是 Intel 承上启下的一代产品。新引入增强指令、硬件加速器、AMX 矩阵计算、SGX 机密计算、Scalable IOV、PCIe 5.0、CXL1.1 协议，涵盖了计算、安全、I/O 及虚拟化方面的众多技术升级和增强。

龙蜥社区对 Intel 平台的支持一直领先于业界，紧随 Intel 研发节奏，基于 Intel Arch SIG

第一时间完成对 SPR 产品全面的支持，助力龙蜥客户以开箱即用的方式，享用新技术特性，整体支持情况如下图：



{% hint style='tip' %}

以上特性均在龙蜥社区得到全面支持：如加速器层面，Anolis 5.10 内核已经支持 DSA，IAA，配合龙蜥社区提供的 accel-config 用户态工具，用户可以对这两个加速器进行快速配置并使能。对于 QAT 和 DLB，其驱动已经以 OOT 的形式发布于龙蜥社区，用户只需下载安装对应的 rpm 包即可享用新硬件加速带来的性能提升。安全层面，龙蜥社区已经集成 SGX 的 SDK/PSW/DCAP 软件栈，并以 rpm 包形式发布，用户可以通过 Anolis 系统便捷部署自己的机密计算方案。虚拟化层面，Anolis 内核率先支持 SIOV 特性，用户不论是使用 SPR 平台自带的硬件加速器，还是支持 SIOV 的第三方硬件，抑或是 DWQ/SWQ 的部署形式，都可以无感使用，真正做到了 One for All。{% endhint %}

以下以对 AMX 指令的支持为例，介绍一下基于 Anolis 内核构建业务方案所带来的巨大性能提升：



Anolis 通过支持 AMX 指令并对其进行深层次的优化，搭建如图所示基于 Anolis 内核的深度学习方案，实测表明：

- 相较于 AVX512 INT8, ==Anolis-AMX-INT8 带来 8 倍== 整型性能提升。
- 相较于 AVX512 BF16, ==Anolis-AMX-BF16 可以带来 16 倍== 浮点性能提升。

5.4.2 龙芯自主指令集的支持

5.4.2.1 硬件

LoongArch 是由龙芯中科推出的新一代指令系统，包括基础架构部分和向量指令、虚拟化、二进制翻译等扩展部分，近 2000 条指令。该指令系统具有较好的自主性、先进性与兼容性，对二进制翻译、虚拟化、向量化的支持能够为操作系统、虚拟机的开发降低成本。基于 LoongArch 指令集的处理器芯片如 3A5000、3C5000、3D5000 等已经研发成功并量产。AnolisOS 完美地支持基于 LoongArch 指令集的龙芯处理器，并为基于龙芯处理器打造的硬件平台提供了操作系统生态。

5.4.2.2 关键技术

- 内核支持

基于 5.10 内核进行了全新的 LoongArch 架构支持，包括 LoongArch 架构的基础指令支持，扩展向量指令支持，扩展二进制翻译支持，扩展虚拟化支持；同时实现了基于 LoongArch 架构研发的 3A5000、3C5000、3C5000L/LL、3D5000 处理器的支持和相关配套桥片 7A1000、7A2000 的支持。并在各个平台进行了完善的测试，相关技术指标也进行了优化。

- 虚拟化技术

QEMU/KVM 是目前最流行的虚拟化技术，它基于内核提供的 kvm 模块，结构精简，性能损失小。AnolisOS 在龙芯平台上支持 qemu 以及 libvirt，并提供基于龙芯 CPU 的虚拟化、管理平台一体化方案，为客户提供全栈的云服务体系。针对 QEMU6 龙芯平台的优化、支持代码已经合入 AnolisOS 主线分支。此次改动除专注通用优化外，还支持 7A2000 桥片 iommu 功能；支持加解密 sec 模块直通虚拟机技术。

- 语言平台 GCC/LLVM/Golang/Rust/Java/JavaScript

针对龙芯平台的优化、支持代码已经合并进入 AnolisOS 社区主线分支。这些改动除专注通用性优化，如 GC NUMA 和编译策略优化外，也包括针对龙芯处理器的深度优化，比如使用龙芯的专有指令。如此可以充分挖掘指令特点，最大限度利用硬件。其中龙芯平台的 JVM 虚拟机和 V8 引擎优化后已经能够承担量级可观的日常测试和开发任务。

5.4.2.3 产业链

AnolisOS 操作系统环境及软件均已移植完成，成为了 LoongArch 的原生版本。行业应用方面，面向 LoongArch 的移植工作也在有条不紊地进行，LoongArch 的原生生态已经不输于原本的 LoongISA。3 个二进制翻译系统 x86、arm、mips 翻译能力使得龙芯平台可以短时间内兼容其他平台成熟的应用软件。翻译运行效率也在持续提升，已经接近 90%。

5.4.3 申威自主指令集的支持

5.4.3.1 背景介绍

申威处理器采用的是 SW-64 自主指令集架构，支持 64 位字长指令，其中整数指令支持 8 位，16 位，32 位，64 位和部分 256 位整数运算；浮点指令支持 IEEE 754 单精度和双精度浮点运算，支持浮点除法和浮点平方根运算；向量指令支持 256 位的整数短向量，浮点短向量运算；另外还支持 AES、SHA、SM3、SM4 等密码运算的密码指令。

基于 SW-64 指令集的处理芯片，申威 3231 处理器(代号: 6B)是基于第三代“申威 64”二次优化版核心(C3B)的国产高性能多核处理器，主要面向高性能计算和高端服务器应用。申威 3231 采用 CC-NUMA 多核结构和 SoC 技术，单芯片集成了 32 个 64 位 RISC 结构的申威处理器核心、8 路 DDR4 存储控制器接口、40lane 的 PCI-E 4.0 标准 I/O 接口以及 3 路直连接口。最高工作频率可达 2.5GHz。

5.4.3.2 产品特点

- 采用“申威 64”自主指令系统
- 基于第三代“申威 64”二次优化版核心(C3B)的 32 核 64 位通用处理器
- 采用 SoC 集成结构，片内包含 8 路 DDR4 存储控制器接口以及 40lane 的 PCI-E 4.0 标准 I/O 接口
- 集成 3 路直连接口，可构建 2 路或 4 路服务器系统

- 计算性能：双精度浮点性能可高达 1280GFlops，整数性能可达 880Gops
- 访存性能：最大传输率为 3200Mbps，最大总存储器容量 2TB
- I/O 性能：双向聚合有效带宽可达到 160GB/s，支持 I/O 虚拟化

5.4.3.3 关键技术

- 内核支持

基于 5.10 内核进行了全新的 sw_64 架构支持。添加 sw_64 指令集支持，支持申威 3231、831 芯片。满足各项操作系统基础功能的运行。

- 虚拟化技术

基于 QEMU-KVM 的虚拟化技术，在宿主机的支持下可运行独立的操作系统，具备虚拟磁盘、虚拟网络、虚拟显示、虚拟机快照的能力。可用于软件开发、高校科研、大数据等领域。软件开发方面，SW-KVM 支持 c/c++、java1.7/1.8、python2/3、go 等主流语言。QEMU-KVM 基于全自主的虚拟机架构开发，采用标准的 kvm 接口，虚拟化产生的 cpu 及内存性能损耗不超过 3%。

5.4.3.4 产业链及应用场景

申威产业整合申威通用处理器、基础软件、整机产业技术力量，形成共同研发、共同推广的合作机制，完善产业环境，形成从基础软硬件到应用的完整解决方案，建立从芯片到应用、覆盖产业链的自主可控、开放兼容的良好生态系统。BIOS/BMC 固件采用昆仑固件，整机由华诚金锐，超越科技，恒为科技等提供。申威全力开拓网络安全领域应用市场和关键信息基础设施应用市场，包括政务、金融、能源、电信、医疗等关键领域的国产化产品应用。Anolis OS 8 适配申威架构已完成，成为了 sw_64 的原生版本。

5.4.3.5 未来规划

龙蜥社区将持续保持和申威的合作。后续 Anolis OS 会继续支持申威下一代芯片架构（代号：8A）。

5.5 运维与性能

5.5.1 SysOM：一站式运维管理平台

5.5.1.1 概述

SysOM (System Operation & Maintenance) 是由龙蜥社区系统运维 SIG 打造的一站式操作系统运维平台，致力于解决业内相关运维工具碎片化，门槛高的挑战。

5.5.1.2 技术方案

SysOM 的整体架构分为前端、服务端、客户端三部分，其系统架构图如下所示：



SysOM 是一款集成了应用观测、系统监控、告警、诊断和安全运维的全流程解决方案。它利用 SysOM agent 对内核行为进行深入监控和分析,结合服务端的大数据和机器学习技术,不仅能够实时观测应用的性能和状态,还能智能地监控系统的运行情况,发现并定位问题的故障原因,从而实现“一键式”的运维体验。整体平台具备以下特点:

- 统一平台: SysOM 将应用观测,主机管理、监控、诊断、审计、修复、安全能力集于一体,核心的功能采用模块化设计,界面与核心服务分离,方便客户的二次集成,解决常规操作系统监控各类专业看板和告警无法与用户自身编写的代码关联的核心痛点,降低运维的门槛简单易用。
- 应用观测: 实时观测和分析应用的行为和性能,追踪和展示应用请求在不同组件之间的传递和处理过程,并利用 eBPF 技术对应用进行深入监控和分析,定位应用问题根因,目前支持 HTTP、HTTPS、DNS、gRPC、MySQL、Redis、Dubbo, Java, Nginx, Tomcat 等协议的解析。
- 智能监控: 联动监控、告警、诊断和分析等多个环节,全方位地监控容器,节点以及集群资源,以健康度来展示系统异常事件,并实现自动化根因分析,让用户一目了然地看到问题原因和解决方案。让每一次告警都“知其所以然”。
- 安全可靠: 提供统一的安全中心,为用户所管理主机提供全方位的漏洞监控、管理、修复,保障系统的安全性;同时提供各类安全加固能力,满足不同应用不同程度的安全要求。

5.5.2 Coolbpf: 基于 libbpf 跨平台的跟踪诊断增强框架

5.5.2.1 概述

sysom 运维环境复杂,面临多种硬件平台和多种内核版本的代码维护困难以及跨平台兼容性问题。为了解决这些问题,我们开发了基于 libbpf 的跨平台跟踪诊断增强框架-Coolbpf。Coolbpf 主要解决了 libbpf 的三个缺陷:

- 开发不便: 由于 libbpf 是 C 语言项目,缺少大量简单易用的应用接口, Coolbpf 填补

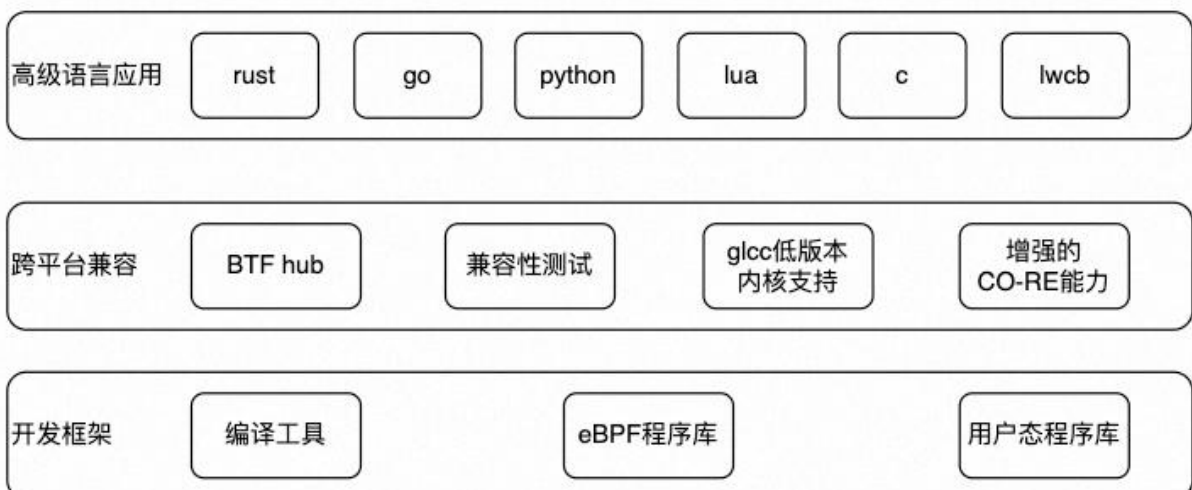
了这一空白。

- 跨平台兼容性较差：libbpf 无法处理结构体成员名字变化的场景，而 Coolbpf 能够应对这个问题。
- 工具跨平台兼容性问题：Coolbpf 确保了工具的跨平台兼容性，解决了 libbpf 无法保障工具跨平台兼容性的问题。

5.5.2.2 技术描述

Coolbpf 的功能架构如下图所示，目前主要包括以下四个功能：

- 增强的 CO-RE 能力：不仅能够重定位成员的偏移和类型，还能够适应成员名称在不同内核版本中的变化。
- 提供了丰富易用且高效的 API：例如，相比于其他开源项目，Coolbpf 的 fastksym 在内核符号解析上能够将内存占用减少 90%。
- 提供了兼容性测试框架：包括基于 BTF 的 CO-RE 验证，用于验证不同平台的兼容性，以及多平台的 eBPF verifier 验证，确保工具在跨平台上的兼容性。
- 多语言支持：支持使用 Python、Go、Rust、lwcb 等高级语言进行应用开发。



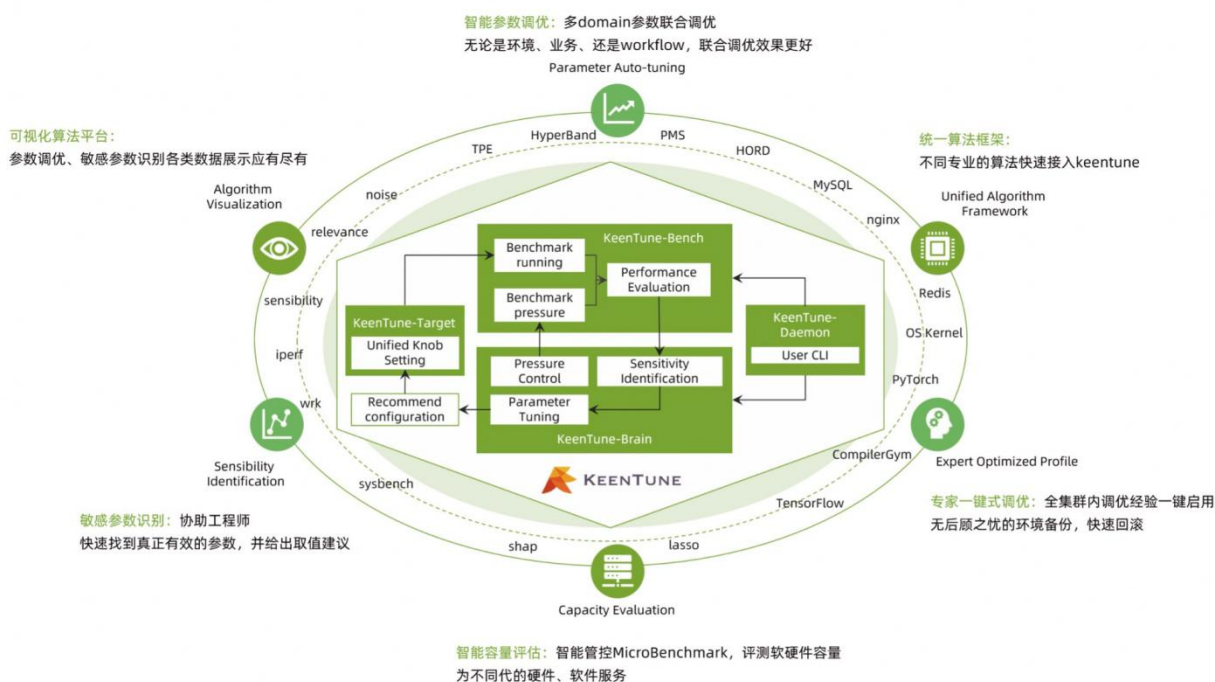
5.5.2.3 应用场景

Coolbpf 正如其名, 非常”酷“地提升了 eBPF 的开发效率, 同时保证工具的跨平台兼容性。其主要应用场景为系统故障诊断、网络优化、系统安全和性能监控。未来, Coolbpf 还将探索新技术和新特性, 例如提升字节码翻译效率和内核运行时安全等, 进一步丰富应用场景。

5.5.3 KeenTune: 智能化全栈调优&容量评估工具

在进行业务的全栈调优中, 往往遇到业务场景复杂、参数关系繁杂、调优成本高周期长、调优经验不应固化和扩散等问题。同样, 在硬件、软件的容量评估中, 也存在类似的问题。为了解决上述问题, KeenTune 基于 AI 算法与专家知识库, 形成了以“专家一键式调优”和“智能参数调优”为主, “敏感参数识别”、“智能容量评估”为辅, “可视化算法平台”、“统一算法框架”配合, 一套完整的智能化性能调优&容量评估的能力。

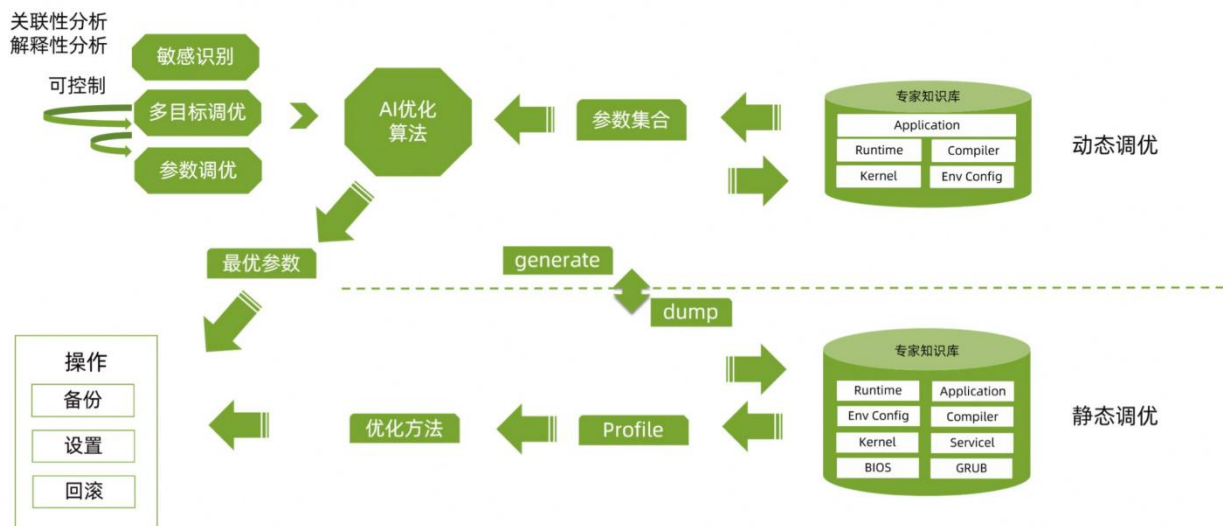
如上图中心框图所示, KeenTune 有五个模块: Daemon、Brain、Target、Bench 和 UI。各模块可分可合, 保证了部署的多样性, 以应对不同的业务需求。



5.5.3.1 智能化性能调优

KeenTune 通过 AI 算法与专家知识库的配合使用，通过智能参数调优（动态）与专家一键式调优（静态）两项能力来实现 OS 上应用的高效调优。

- 智能参数调优：集成自研及主流开源的高效算法，提供内核、编译器、运行时、应用的全栈的智能参数调优，全方位提高业务性能；同时，高效可信的参数可解释性算法辅助人工决策线上业务的最佳配置。
- 一键专家调优：针对基础业务负载和云上 TOP 应用，KeenTune 都提供了典型场景的调优专家库，一键设置即可提升该场景运行环境的性能。
- 动、静态的联合调优：动态调优的结果固化为静态调优配置，一套环境调优可以有效扩展到多套；静态调优配置成为动态调优的初始参数集合，有效保证应用运行在定制化的最佳设置环境。



5.5.3.2 智能化容量评估

KeenTune 借助参数调优算法的能力，实现了对于 benchmark 参数的管控，从而达成快速进行系统容量评估的目的。目前已经形成了硬件容量评估的体系，覆盖 CPU、内存、IO、网络。后续也会持续在系统、业务容量评估持续发力。

KeenTune 在公有云、私有云、物理机上的多种业务场景都有比较好的效果，典型的一些如下：

ECS & 倚天 - TOP应用智能联合评测

g6.4xlarge带宽评测 (标称 10Gbps)

- 背景：基于ECS的倚天实例进行nginx调优
- 设置：动态调优 (nginx+wrk)
- 效果：http(s)有4-20%性能提升
- 落地：ECS倚天实例售卖

Scenario	base	profiled
http长	~1.0	~1.045 (4.5% improvement)
https短	~1.0	~1.198 (19.8% improvement)

ECS & Alinux/Anolis - TOP应用全栈调优

VM TOP应用

- 背景：ECS TOP应用mysql、nginx全栈优化解决方案
- 调优：动态调优 (内核+编译)
- 效果：在典型规格上，平均性能提升30%+
- 落地：在Alinux3和AnolisOS集成，受益客户预估在300w量级

Scenario	base	profiled
MySQL混合读写 - QPS	~1.0	~1.1879 (18.79% improvement)
nginx https短连接 - QPS	~1.0	~1.2290 (22.90% improvement)

ACK- ingress-nginx调优

容器ingress调优

- 背景：ACK TOP业务ingress，大客户降本增效
- 调优：动态调优 (nginx+内核)
- 效果：http(s)长短连接场景均有5%-45%的性能提升
- 落地：ACK大客户解决方案提供定制化配置，受益节点200+

Scenario	QPS-base	QPS-profiled	LAT-base	LAT-profiled
http短连接	~1.0	~1.4447 (44.47% improvement)	~1.0	~1.1536 (15.36% improvement)
https短连接	~1.0	~1.6140 (61.40% improvement)	~1.0	~1.0973 (9.73% improvement)
http长连接	~1.0	~1.3200 (32.00% improvement)	~1.0	~1.0673 (6.73% improvement)
https长连接	~1.0	~1.1328 (13.28% improvement)	~1.0	~1.0931 (9.31% improvement)

Dragonwell - SPECjbb调优

Dragonwell打榜

- 背景：Dragonwell进行SPECjbb2015打榜
- 调优：静态调优 (内核)
- 效果：Dragonwell在已经人工调优的基础上，性能提升4.7%
- 落地：dragonwell打榜

Scenario	base	profiled
SPECjbb2015	~1.0	~1.047 (4.7% improvement)

Anolis & 统信 - mysql调优

评测结构mysql调优

- 背景：评测机构送检
- 调优：静态调优 (BIOS、内核、disk、编译、应用配置等)
- 效果：现场一键调优，x86和arm上性能提升10倍+
- 落地：通过发改委评测

Architecture	base	profiled
x86	~1.0	~12x
ARM	~1.0	~22x

统信 & 私有云 - 智能容量评测

g6.4xlarge带宽评测 (标称 10Gbps)

- 背景：不同硬件、OS上CPU、内存、IO、网络重要资源的容量评测
- 设置：动态调整，benchmark配置
- 效果：iperf3在裸机、VM不同规格均能有效评测网络收发端的容量
- 落地：统信商业打榜 + 倚天容量评估 + SIG持续合作输出

Scenario	人工用例	智能评测
发送端	~9.1	~13.9 (13.9% improvement)
接收端	~9.0	~9.8 (9.8% improvement)

5.6 软硬件协同

5.6.1 多平台全链路 RAS 能力

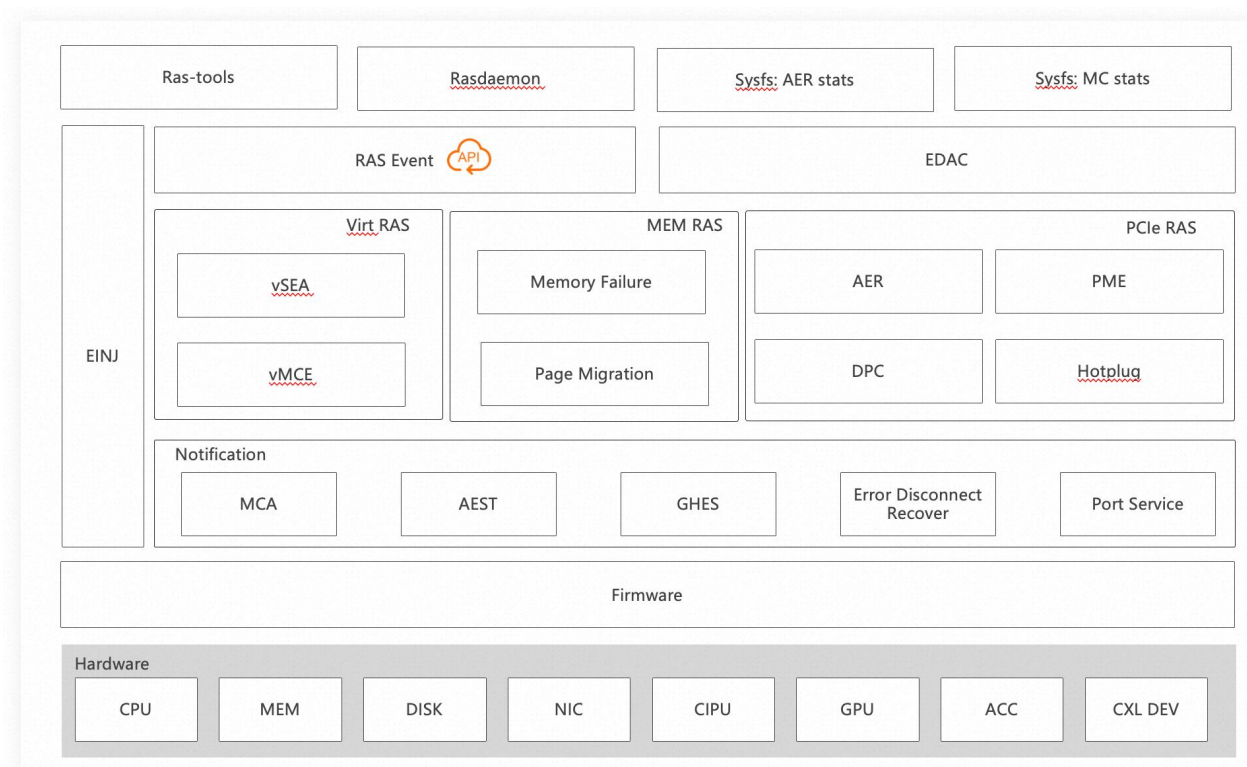
5.6.1.1 背景介绍

随着云计算、大数据、物联网、人工智能大模型等领域的蓬勃发展，互联网数据存储规模和计算需求呈现爆炸式增长，大规模数据中心已成为支撑互联网服务的标准基础设施。数据中心的规模化部署，主要体现在：

- 数据中心的规模横向增长（scale out）：随着服务器组件的增多，以及数据存储和传输的总量不断增加，传统上很少发生的错误开始变得可见。任何材料磨损、环境影响、制造和设计缺陷等边界影响，都会被放大，导致系统的可用性或性能受到影响。
- 数据中心的算力纵向增长（scale up）：在计算集群和数据中心，单台物理机部署的硬件和软件密度越来越高。物理机的 CPU 核心由数十向数百增长，内存由 GB 级向 TB 级发展，GPU 向 switch 级联拓展发展，可部署上百个 VM[3]和 2500 个容器实例。任何一台服务器宕机，造成的业务影响和成本损失被进一步放大。
- 数据中心的负载多元化发展：人工智能训练、推理、图像视频处理和 AIGC 大模型等各种不同需求和形态的高性能计算类应用发展，驱动算力需求不断攀升，传统的单一计算类型和架构的处理器已经无法处理更复杂、更多样的数据。跨越标量（CPU）、矢量（GPU）、矩阵（ASIC）、空间（FPGA）的异构计算，如今已经成为企业推动 IT 基础设施重构的重要力量。在超大规模云计算数据中心的服务器宕机率一直是衡量 RAS（可靠性、可用性和可服务性）的一个关键指标，也是满足云计算终端用户 SLA（服务水平协议）的首要问题。稳定性是操作系统的核心竞争力之一，随着云服务架构、智能计算的持续发展，未来在基于通用和异构算力的自研芯片（如 CPU、GPU、CIPU、DPU 等）、一云多芯（如 X86、ARM 等）场景下进行软硬件协同创新优化，充分利用硬件的 RAS 能力和软件恢复性技术，构建全面的端到端 RAS 解决方案，以确保操作系统的稳定性和运维能力。

5.6.1.2 技术方案

技术大图覆盖：



RAS 技术包括

- 硬件故障预防、检测、移除和注入
- 固件错误收集、处理和上报
- OS/VMM 错误恢复和处理
- 错误记录、分析和预测

5.6.1.3 技术优势

全平台错误注入、验证和收集

- ras-tools 自底向上验证和评估硬件、固件、OS、虚拟化以及上层应用的 RAS 上报、隔离和恢复能力，支持 CPU、内存、PCIe 错误注入，丰富测试用例用于覆盖测试。
- rasdaemon 跨平台错误日志收集，同时支持 CPU/内存/PCIe 错误日志的收集

内存隔离与恢复

- 进程的用户地址空间由页表提供隔离，对于用户态进程消费 UCE 的情况，利用同步异常的特性，内核通过将错误的影响范围控制到进程粒度，从而实现的 UCE 错误的隔离和恢复，避免系统宕机。
- 对与被内核消费的 UCE 错误，进行更细粒度的区分，内核通过 `copy_from_user` 和 `get_user` 等 `uaccess` 接口，从用户地址空间拷贝数据到内核地址空间，如果拷贝的数据中包含 UCE 错误，按照 POSIX 标准，只需要返回错误码 `EFAULT` 或已拷贝的长度，从而避免内核态消费 UCE 错误宕机。
- 在 Scrubber 发现的 UCE。由于这个 UE 并不是进程的访存行为导致的，与进程上下文无关（Non-execution Path），不会导致错误传播，因此，并不需要立马宕机。内核只需要将 `poison` 页，打上 `poison` 标记，并解除页表映射即可。如果在后面进程的生命周期内，读取 `poison` 页，则在触发 `page fault` 时，向进程发送 `SIGBUS` 信号。

5.6.1.4 应用场景

RAS 能力是云厂商满足云计算终端用户 SLA（服务水平协议）的重要技术，可以应用在所有的云架构中，尤其是随着智能计算的发展，应用对整机内存的需求越来越大，RAS 是保障内存容错能力的重要技术。

5.6.2 面向 DPU 场景的软硬协同协议栈

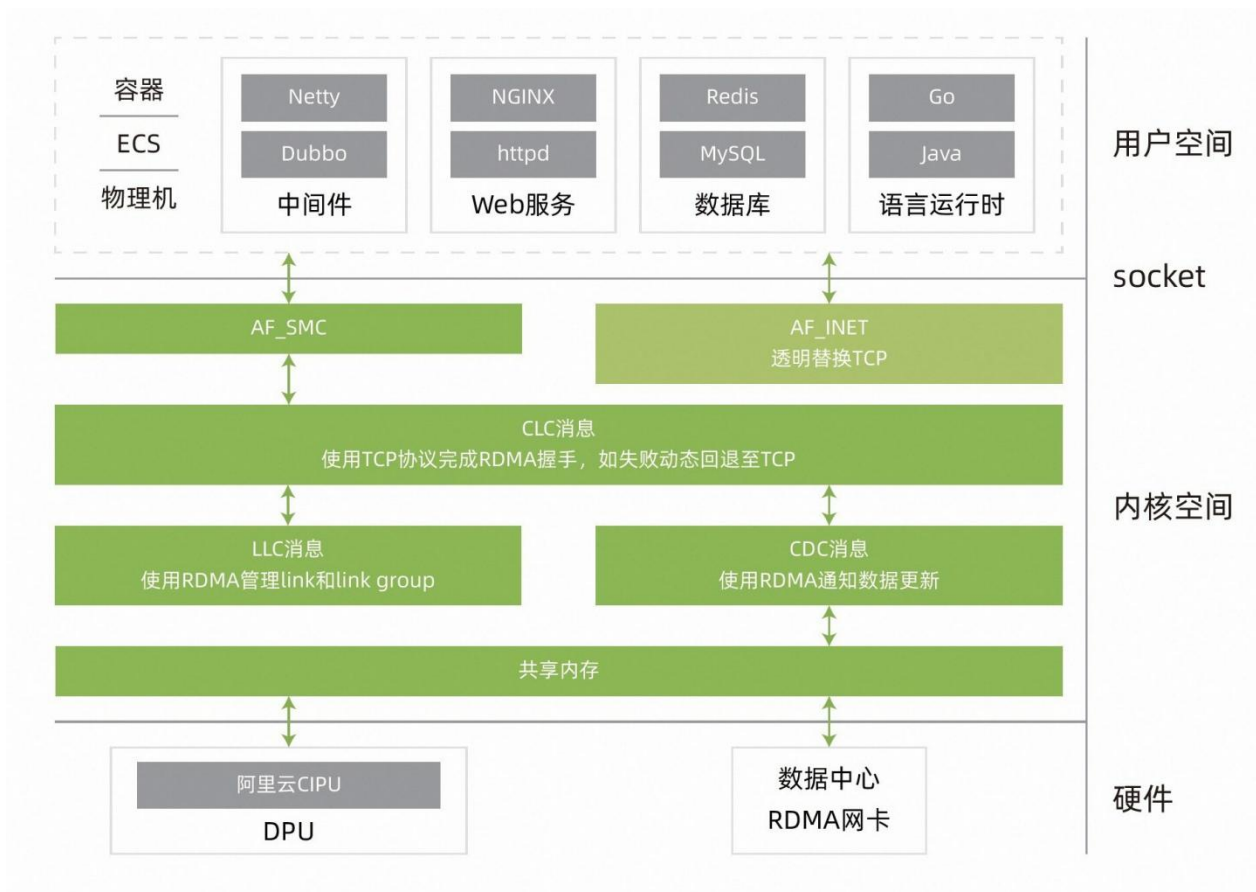
5.6.2.1 背景概述

随着高性能计算、机器学习和大数据等技术的广泛使用，对于云 VPC、数据中心内的网络提出了更加苛刻的要求。此时传统的以太网卡和 TCP 协议栈已不能满足其对于网络吞吐、传输时延和增效降本的要求。与此同时云、硬件厂商提供了高性能 DPU 解决方案，因此需要一个高性能的软硬协同网络协议栈，对下适配 DPU 并充分发挥硬件性能，对上支撑大规模云上应用场景，开发部署和运维友好，兼容主流的云原生等业务架构。

5.6.2.2 技术方案

共享内存通信 SMC 是由 IBM 首次贡献至 Linux 社区，并由龙蜥增强和维护的软硬协同的高性能协议栈。针对不同的规模场景、硬件和应用模型，SMC 提供多位一体的方案以解决当前传统协议栈的问题：

- 借助云厂商 VPC 或者数据中心 RDMA，实现不同规模和场景下的高性能通信，支撑不同的业务规模和场景；
- 兼容 RDMA verbs 生态，实现协议栈卸载至硬件，提升网络性能，降低 CPU 资源使用，支持多种硬件；
- 透明替换网络应用，SMC 完全兼容 TCP socket 接口，并可快速回退 TCP；
- 使用统一高效的共享内存模型，借助硬件卸载实现高性能的共享内存通信；



5.6.2.3 技术优势

- 透明加速传统 TCP 应用，对于应用程序、运行环境镜像、部署方式无侵入，对 DevOps 和云原生友好；
- DPU 软硬协同的网络协议栈，更高的网络性能和更低的资源使用；
- Linux 原生支持的标准化、开源的网络协议栈，SMC-R 实现自 IETF RFC7609，由社区共同维护；

5.6.2.4 应用场景

SMC 是一个内核原生支持的通用高性能网络协议栈，支持 socket 接口和快速回退 TCP 的能力，任何 TCP 应用均可实现透明替换 SMC 协议栈。由于业务逻辑与网络开销占比的差异，不同应用的加速收益存在差异。下面是几个典型的应用场景和业务最佳实践：

- 内存数据库，Redis 和部分 OLAP 数据库，Redis QPS 最高提升 50%，时延下降 55%；
- 分布式存储系统，云原生分布式存储 Curve 在 3 volume 256 depth randwrite 场景下性能提升 18.5%；
- Web service，NGINX 长链接下 QPS 最高提升 49.6%，时延下降 55.48%；

5.7 安全可靠

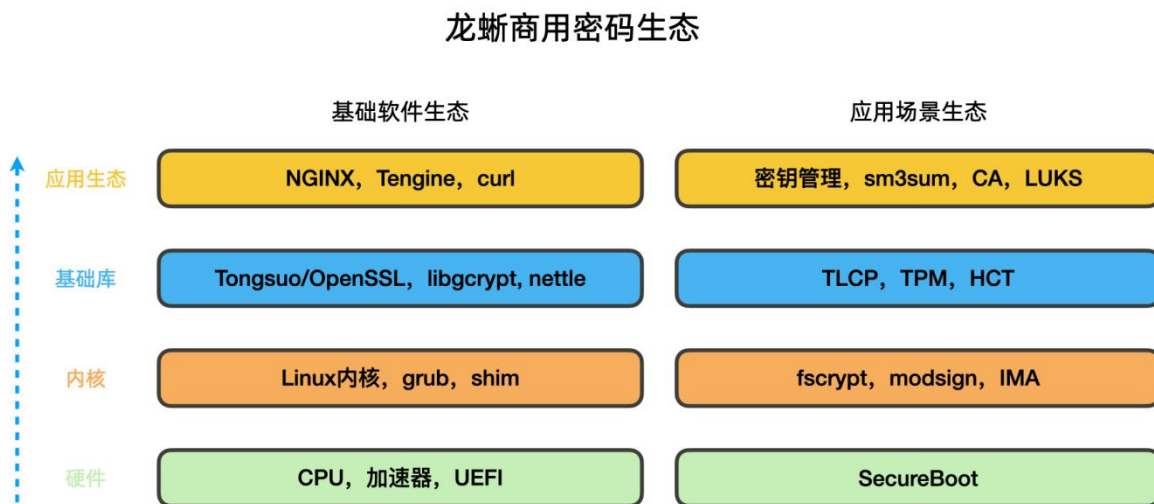
5.7.1 商密软件栈

从商密算法标准公布到现在已有十多年时间，与 AES, SHA 等主流国际算法相比，目前商密在基础软件中的支持和优化仍然不完善，甚至有较大的差距，商密算法的软硬件生态也处于碎片化状态，密码算法作为网络和数据安全的基石，应该且有必要在基础软件中具备开箱即用的能力；另一方面，密码算法是保障信息和数据安全的核心技术，随着近年来外

部的国际贸易冲突和技术封锁的加深，内部互联网的快速发展，我们不能单一依赖国外的技术标准和产品，增强我国行业信息系统的安全可信显得尤为必要和迫切。商用密码算法给我们提供了一个新的选择，使得我们可以完全使用商密技术来构建网络和数据安全环境。

5.7.1.1 商用密码生态

商密软件栈 SIG 依托基础软件上游，秉承为已有轮子支持商密的原则，在全栈范围内的多个基础组件中支持了商密算法，包括 Linux 内核、OpenSSL、libcrypt、gnulib、nettle 和 Dragonwell-Security-Provider 等在内的基础组件，涵盖了 C/C++和Java 程序语言生态，实现了商密算法以及大量的性能优化；其次在诸多的密码应用场景中也使能了商用密码，比如文件加密、身份认证场景等。同时这些实现得到了上游社区的支持进入主线，基本补齐了商密算法在基础软件中的短板，在兼容已有 API 和生态的情况下，提供给普通开发者开箱即用和平滑的商密使用体验。



5.7.1.2 应用场景

在以下的场景中，通过在各基础软件中支持的商密实现，可以平滑的从国际主流算法切换

到商密算法上来，在提供高安全性的同时，也有效避免了国外技术封锁带来的风险

- 文件加密 fscrypt 支持使用 SM4 算法，以及在 SM4-XTS, SM4-CTS 模式下的优化加速；
- 磁盘加密 LUKS 支持使用 SM4 商密算法；
- Kernel TLS 支持使用 RFC8998 规范中定义的商密算法套件 (TLS_SM4_GCM_SM3 / TLS_SM4_CCM_SM3) ；
- 基于身份认证的机制，比如 IMA, modsign, 支持使用 SM2/SM3 算法组合的签名验签；
- 支持 GB/T 38636-2020 TLCP 标准，即双证书商密通信协议；
- 极致的商密算法性能优化，最大性能提升近 40 倍，适用于对算法性能要求较高的场景；
- Java 生态 Dragonwell-Security-Provider 提供极高性能国密(SM2/SM3/SM4)算法库，且支持 TLS1.3+国密算法套件(TLS_SM4_GCM_SM3/TLS_SM4_CCM_SM3)协议标准 RFC8998，完全兼容 JCA/JSSE 框架接口标准；

5.7.2 龙蜥软件物料清单/SBOM

Software Bill of Materials (SBOM), 软件物料清单，是一种正式的、机器可读的软件元数据信息，包含了软件的基本信息和软件依赖的所有开源代码和第三方组件的列表。SBOM 中还列出了管理这些组件的许可证、代码库中使用的组件的版本以及它们的补丁状态等信息，为研发人员提供了快速识别任何相关的安全或许可证风险的能力。

SBOM 可以用于供应链安全管理、安全漏洞管理、软件合规管理、应急响应等场景，帮助软件的生产者、运营方和使用方高效快速地识别软件成分，排查软件合规风险，快速识别安全漏洞的影响范围等。

5.7.2.1 龙蜥 SBOM 支持

龙蜥社区已经实现了软件包、操作系统镜像的 SBOM 支持。龙蜥 SBOM 采用 SPDX 格式。SPDX, 全称 Software Package Data Exchange, 是 Linux Foundation 社区主导发起的一种开放的软件物料清单信息标准, 并通过 ISO 认证(ISO/IEC 5962:2021), 成为正式的国际标准。其它流行的 SBOM 格式标准包括 CycloneDX、SWID 等。

5.7.2.2 龙蜥 SBOM 字段

以 NITA 推荐的 SBOM 最小字段集为基础, 结合龙蜥社区本身的需求, 并参考了不同 SBOM 格式的字段内容, 龙蜥社区定义了自己的 SBOM 最小字段集合, 能够充分满足社区的需求, 并为后续支持其他 SBOM 格式提供了扩展能力。

SBOM 最小字段集合:

- 供应商/ Supplier
- 组件名/ Component Name
- 组件版本/ Component Version
- 唯一标识符/ Unique Identifiers, purl/cpe/swid
- 依赖关系/ Dependency relationship
- SBOM 作者/ Author of sbom data
- SBOM 生产时间戳/ Created Timestamp of SBOM data
- SBOM 版本/ Version of SBOM data
- SBOM 更新时间戳/ Updated Timestamp of SBOM data
- 组件的开源证书信息/ License of the Component

- 组件 Copyrights 信息 / Copyright of the Component
- 组件的 hash 值 / Hash of the component
- 组件上游地址 / Source URL of the Component
- 组件官网 / Mainpage for the Component
- 组件下载地址 / Download Location of the Component
- 组件描述 / Description of the Component

推荐字段(Optional):

- 组件的开发依赖 / Dev dependencies
- 组件的构建依赖 / Build dependencies
- 组件的构建工具依赖 / Build tools
- 组件的运行依赖 / Runtime dependencies
- 组件的补丁信息 / Patch info
- 组件的构建详情链接 / External ref of build info

5.7.2.3 基于 SBOM 的龙蜥供应链安全体系构建

依托 SBOM, 龙蜥社区正在逐步构建供应链安全体系, 保证交付制品的稳定、安全、合规。



5.7.3 机密计算技术

机密计算是一种依赖于硬件的使用中数据保护技术。芯片厂商通过提供特殊的硬件指令、受保护的加密内存区域等手段，辅以基于硬件的密钥管理和密码学操作，为使用中的数据提供了一个受保护的可信编程环境，通常称之为可信执行环境（Trusted Execution Environment，简称 TEE）。

利用最底层硬件所能提供的安全性，在保持最小信任依赖的情况下，机密计算技术可以将操作系统和设备驱动程序供应商、平台和设备供应商、服务提供商及系统管理员从用户需要信任的实体列表中移除，从而大大降低了可信计算基（TCB, Trusted Computing Base）的大小。龙蜥社区为推动机密计算技术的应用，提供若干机密计算创新项目，目的是降低机密计算技术的使用门槛。

5.7.3.1 技术方案

Apache Teaclave Java TEE SDK

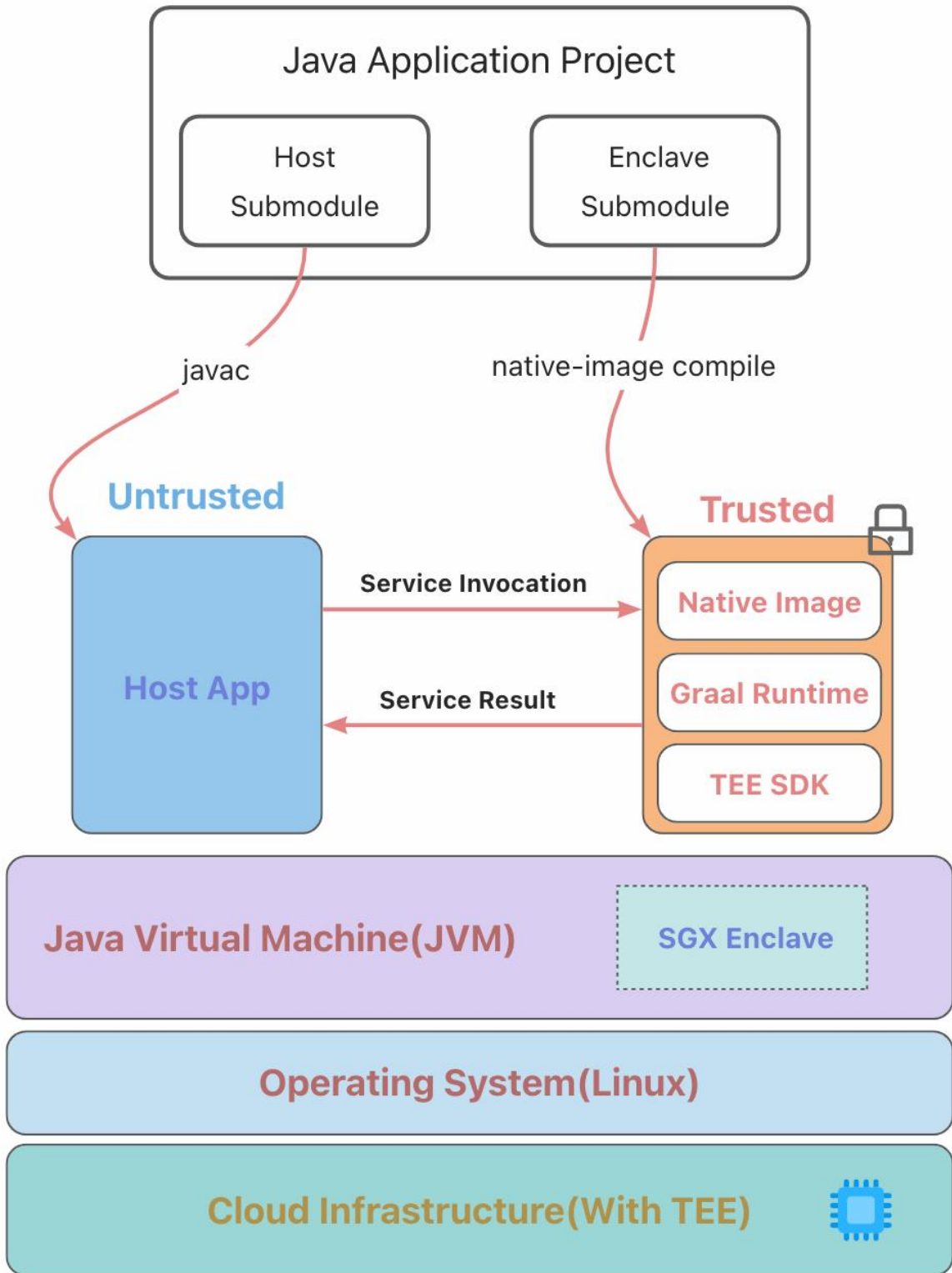
Apache Teaclave Java TEE SDK 是一个面向 Java 生态的机密计算编程框架，它遵循 Intel-SGX SDK 所定义的 Host-Enclave 分割编程模型。基于该框架一个完整的 Java 应用由 Host、Common 和 Enclave 三个 Sub-Module 构成。

- Host Module 属于非机密子模块，被编译成字节码并运行在普通执行环境；
- Enclave Module 属于机密子模块，被静态编译成机器码并运行在 SGX 机密执行环境；
- Common Module 则定义 Host 和 Enclave 两个 Module 之间的服务交互接口。

该编程模型与 Java SPI 在设计模式上高度一致，实现了机密计算即服务的理念。Common Module 定义机密计算服务接口(Interface), Enclave Module 负责所定义接口的具体实现(Provider), Host Module 则负责机密计算实例的创建与销毁，以及机密计算服务的调用等功能。

Apache Teaclave Java TEE SDK 提供了一个 Pure Java 的机密计算开发环境和完善的工具链；创新性的采用 Java 静态编译技术，将 Enclave 模块 Java 敏感代码编译成 native 包并在 SGX 环境下运行。

在实现机密计算极致安全的同时，将机密计算开发生态从 C/C++ 扩展到 Java，降低了机密计算应用的开发门槛，提升了开发效率与用户体验。



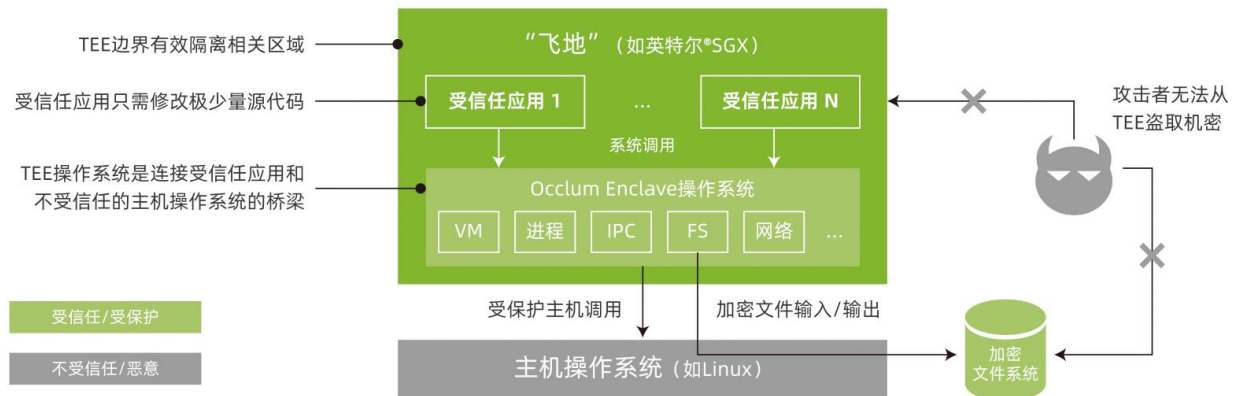
Teaclave Java TEE SDK 作为 Apache 社区孵化项目，将立足龙蜥社区云原生机密计算 SIG 生态，支持更多操作系统和 TEE 硬件平台，吸收社区广大开发者的反馈意见和贡献，持续改进并不断完善功能特性。

项目链接: <https://github.com/apache/incubator-teaclave-java-tee-sdk>

学术成果: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1109/ICSE48619.2023.00142>

5.7.3.2 Occlum

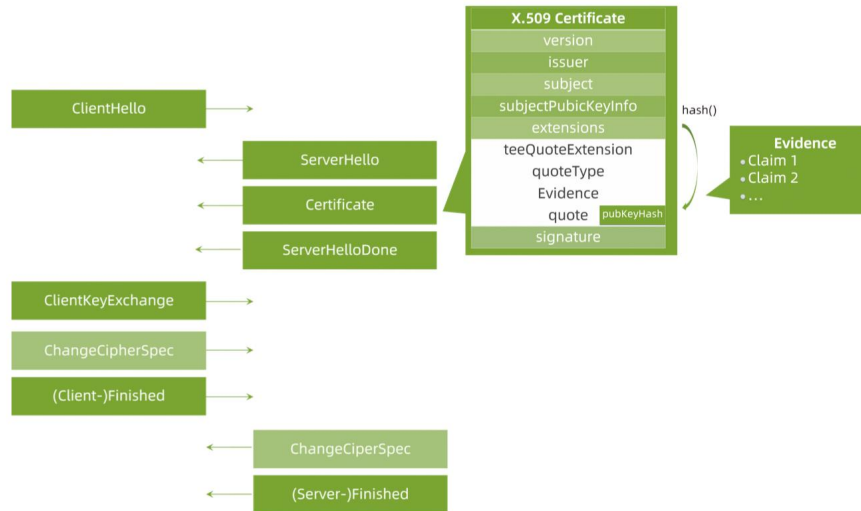
Occlum 是基于 Intel SGX 实现的一套轻量级的具有内存安全的 LibOS，大大简化了 SGX 应用开发的难度。使用 Occlum 后，用户的工作负载只需要修改极少量（甚至无需修改）源代码即可在 Intel SGX 上运行，以高度透明的方式保护用户数据的机密性和完整性。



2023 年 Occlum 已应用了 SGX 的 EDMM (Enclave 动态内存管理) 特性，大大降低了应用运行于 Enclave 的适配难度，以及提升了 Enclave 里应用的启动速度和内存相关性能。

5.7.3.3 RATS-TLS

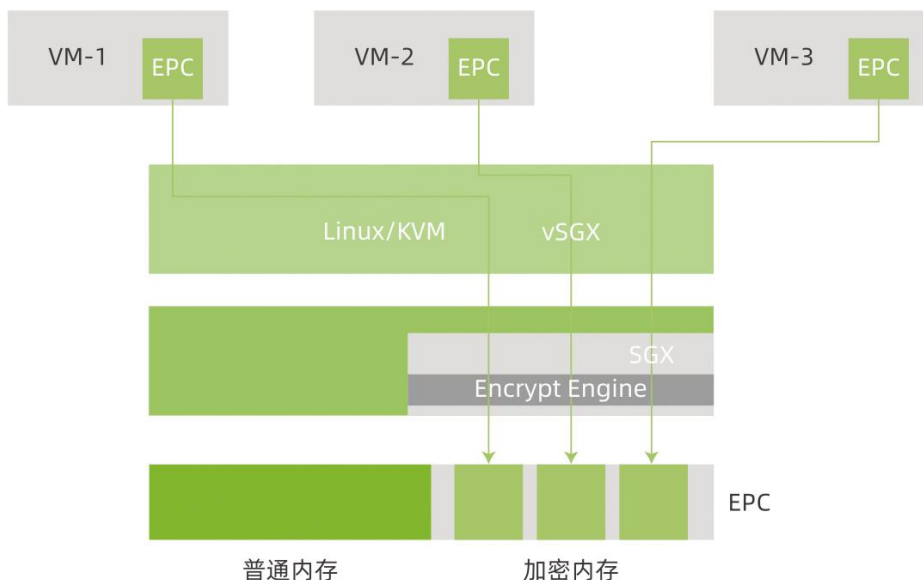
RATS-TLS 设计了一种支持异构硬件机密计算技术的双向传输层安全协议，它在 TLS 的基础上增加了将 TLS 中的公钥与 TEE 远程证明 Evidence 绑定的能力，解决了不同 TEE 之间难以通过安全可信的方式传输数据的问题。



从 RATS-TLS 项目衍生出的新项目 librats 已经支持多家主流芯片厂商的远程证明认证格式，并允许异构 TEE 之间进行双向远程证明认证。librats 已经支持最新定义的 TCG DICE Evidence 扩展，并计划捐赠给 CCC（机密计算联盟，Confidential Computing Consortium）。

5.7.3.4 SGX 虚拟化

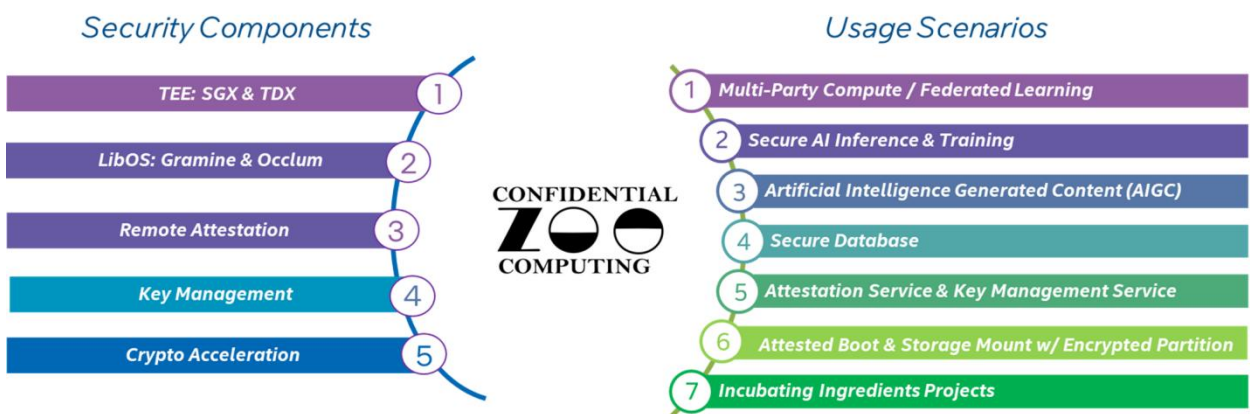
SGX 虚拟化允许将 SGX 硬件能力透传给虚拟机和容器，以允许用户将敏感工作负载运行在基于 Intel SGX Enclave 的 TEE 中。



目前 SGX 虚拟化已支持 Anolis OS 8, 可为云上用户提供基于 Intel SGX Enclave 技术的应用级安全防护能力。

5.7.3.5 CCZoo

Intel 发起并开源了 Confidential Computing Zoo (CCZoo)。CCZoo 提供了不同场景下各种典型端到端安全解决方案的参考案例，增强用户在机密计算方案实现上的开发体验，并引导用户结合参考案例快速设计满足自己需求的机密计算解决方案。



CCZoo 目前提供了基于 LibOS Gramine + Intel SGX + OpenAnolis 容器的 E2E 安全解决方案参考案例，其中包括在线推理服务和横向联邦学习等。后续，CCZoo 计划基于 OpenAnolis, 提供更多的机密计算参考案例，为用户提供相应的容器镜像，实现敏捷部署。

5.7.3.6 Intel HE

Intel 提供了对于同态加密技术的全栈式支持，包括一系列工具套件和加速库，如 Intel HE Toolkit、Intel HE Acceleration Library (Intel HEXL)、Intel Paillier Cryptosystem Library (IPCL)，以及公允且标准的性能测试基准 Homomorphic Encryption Benchmarking Framework (HEBench)。



5.8 编程语言

5.8.1 Alibaba Cloud Compiler(LLVM) 和 C++ 基础库

5.8.1.1 背景概述

Alibaba Cloud Compiler(ACC)编译器，相比 GCC，或其他 Clang/LLVM 版本在编译、构建速度上有很大的提升;利用 ACC ThinLTO、AutoFDO 和 Bolt 等技术可以在不同程度上优化程序性能。ACC 在支持不同 CPU 架构(X86、AArch64)基础上，进一步针对倚天 710 芯片进行优化，取得额外性能提升。

我们基于 ACC 编译器开发了一套贴近 C++开发者、非常易用和高性能的 C++基础库，包括：协程、modules、编译期反射、序列化、rpc、http、orm 等常用的组件。

ACC 与 C++基础库，为龙蜥社区开发者提供了 C++ 开发的一站式解决方案，快速构建高性能的 C++应用：

- 通过编译器切换升级到 ACC，可以在不用大幅修改代码的情况下获得性能提升和编译

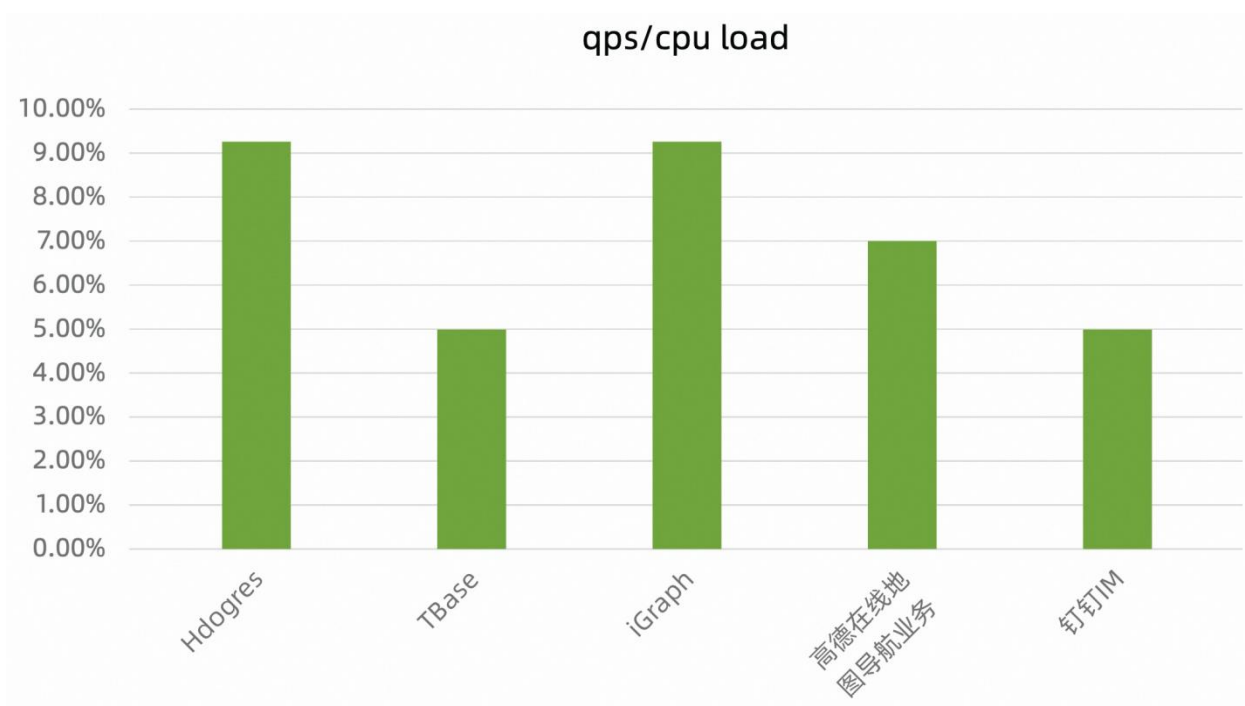
速度大幅提升;

- 使用 C++ 基础库的协程子库, 将一些现存业务的同步任务造成协程异步任务可以获得性能的大幅提升;
- 使用 C++ 基础库的协程子库将异步回调逻辑变成同步逻辑, 让异步代码变得简单和易维护;
- 使用 C++ 基础库的 rpc、http、序列化和 ORM 等子库可以快速构建高性能 C++应用。

5.8.1.2 技术方案

ACC ThinLTO 性能优化

在一些业务中启用 ThinLTO 优化后, qps 和 cpu workload 提升效果较好。



ACC CoreBolt 性能优化

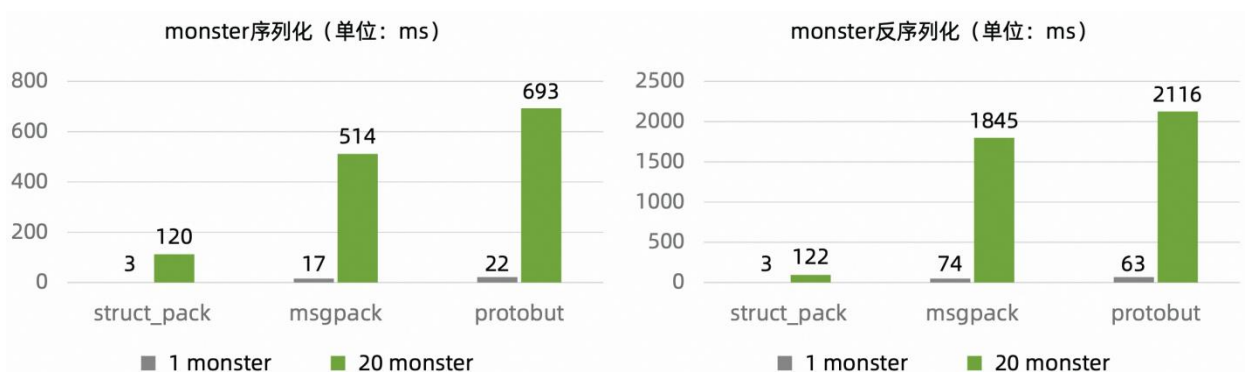
基于倚天 710 的 CoreSight 性能采集方案和 ACC Bolt 的二进制优化解决方案，在多种数据库产品中实现落地，并取得近 20% 的性能提升。

[async_simple 协程库](#)

某计算平台和搜索平台将同步改造成协程异步之，qps 获得了数量级的提升。将异步回调改造成协程异步之后性能获得了 8% 左右的提升。

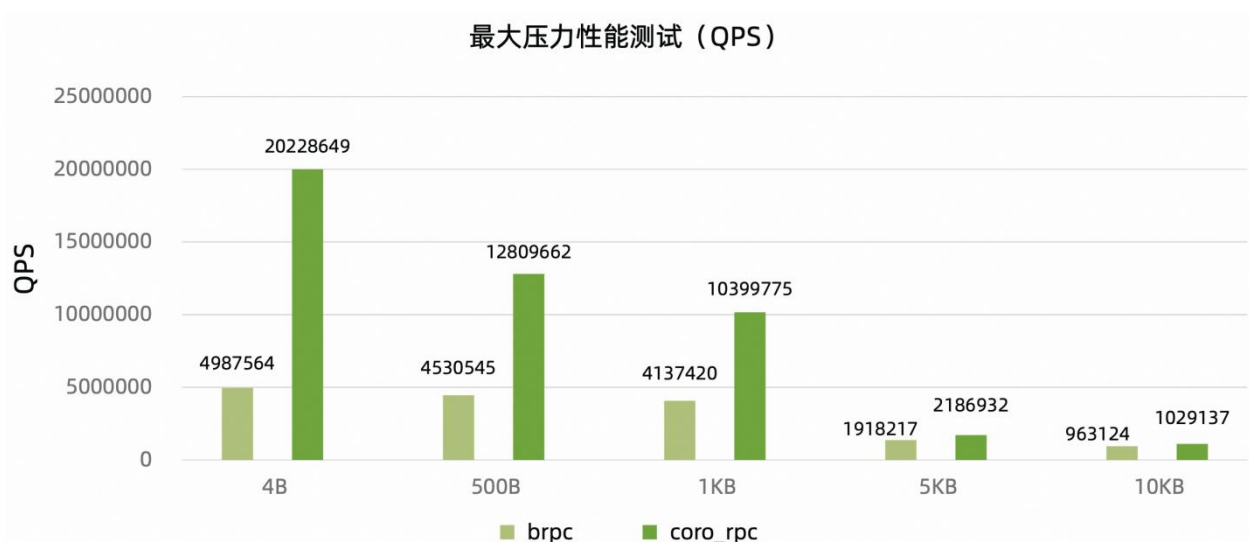
[struct_pack 序列化库](#)

用户只需要一行代码就可以用 struct_pack 完成序列化和反序列化。相比于 protobuf 等开源库需要定义 proto 文件和生成代码的方式，大大简化了使用序列化库的使用方式。同时，相比 protobuf 性能提升 7-20 倍。



[coro_rpc 库](#)

coro_rpc 库是基于无栈协程和编译期反射的高性能易用的 rpc 库，几行代码就可以提供一个 rpc 服务，让异步 IO 变得简单，性能比 brpc 高 2-4 倍。



[coro_http_client 库](#)

coro_http_client 库是基于 C++20 协程实现的高性能易用的 http client, 提供了丰富、易用的 http/https 接口, 提供了常用的 get、post、chunked、ranges、multipart 和 websocket 等常用功能, 适合用来快速访问 http 服务。在某计算平台中使用 coro_http_client 访问云存储, 在一些高并发关键读场景 CPU 占用降低 60%, 写场景 CPU 占用降低 35%。

[struct_xml 库](#)

struct_xml 是 C++17 实现的, 基于编译期反射实现的 xml 序列化/反序列化库, 一行代码就可以实现 xml 到对象相互转换, 在典型场景下性能比 rapidxml 快 30% 以上。在某计算平台中使用 struct_xml 解析 xml 提升了性能、易用性和安全性。

5.8.2 Alibaba Dragonwell

5.8.2.1 背景概述

Java 诞生于 20 多年前, 拥有大量优秀的企业级框架, 践行 OOP 理念, 更多体现的是严谨以及在长时间运行条件下的稳定性和高性能。在如今微服务、云原生大行其道的时代, 过

于重量的 Java 语言面临着启动速度慢、运行消耗大等诸多挑战。

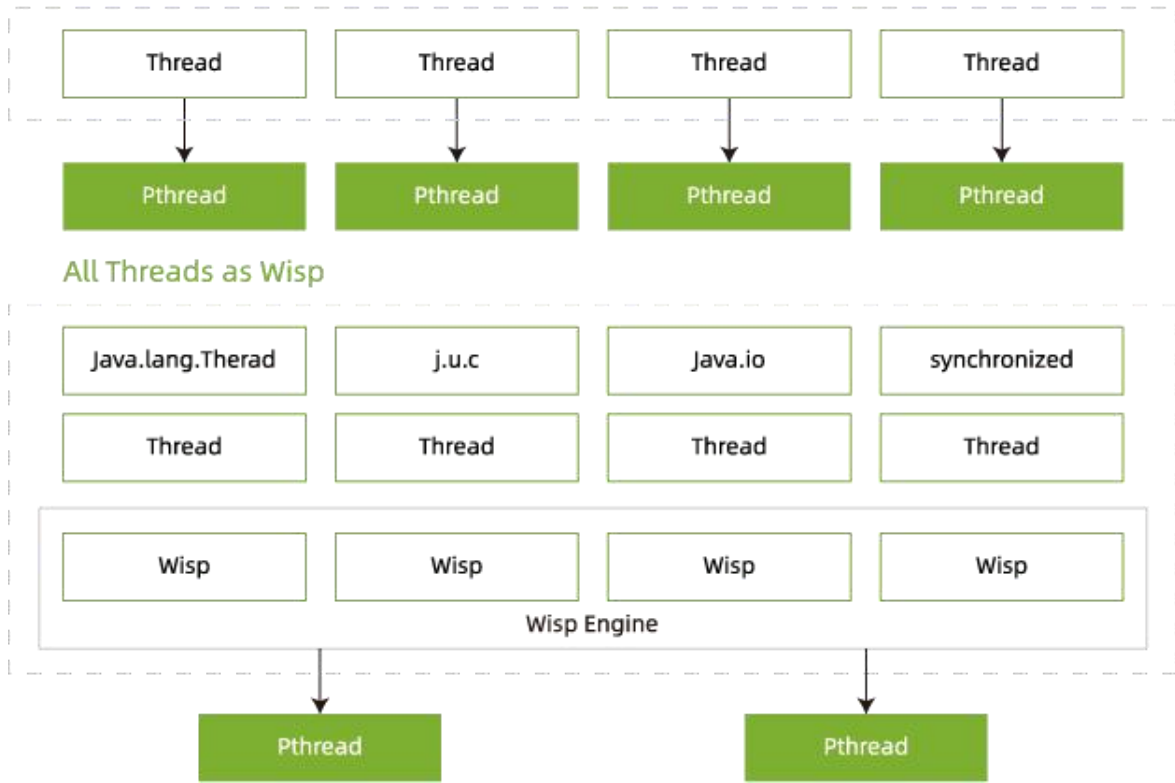
Alibaba Dragonwell 是 OpenJDK 的下游发行版本，支持 X64/AArch64 平台，被广泛应用于在线电商、金融、物流等领域，百万量级部署规模。Alibaba Dragonwell 依托于丰富的阿里巴巴 Java 应用场景的锤炼，全面拥抱云原生，为 Java 注入新鲜血液。



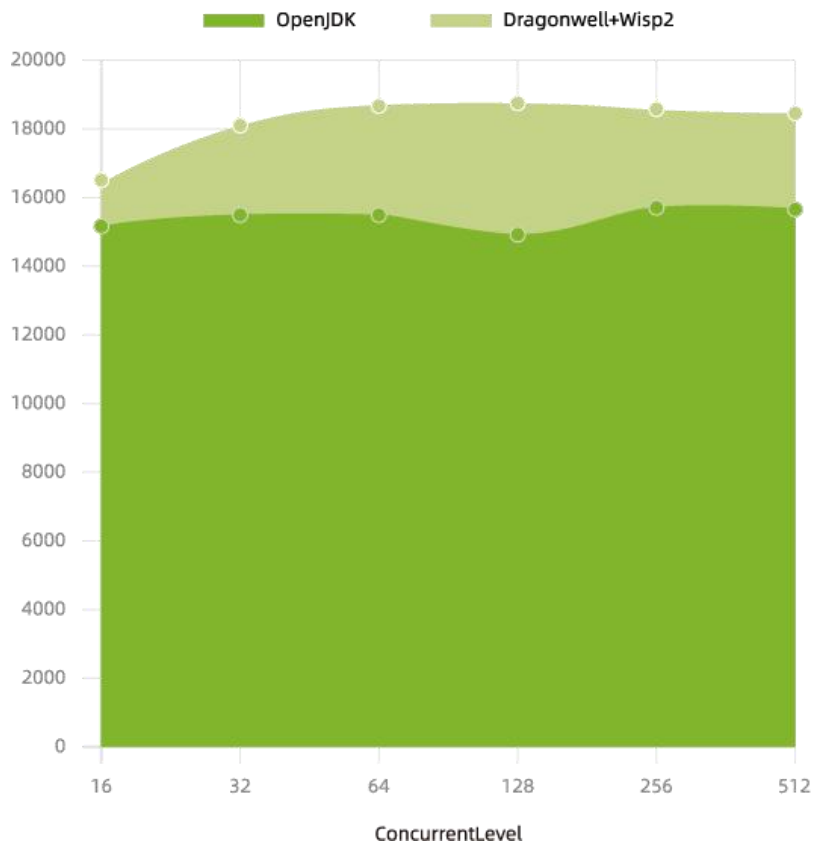
5.8.2.2 Wisp 协程

在分布式微服务应用领域，存在着大量的网络 IO，请求处理线程通常会阻塞等待后台的数据库、缓存、RPC 访问。这种开发模型导致线程频繁阻塞，大量 CPU 资源浪费在调度和上下文切换上。协程方案可以以阻塞的方式写出异步执行的代码，极大提升密集网络 IO 型应用的性能。

Wisp 在 Alibaba Dragonwell 上提供了一种用户态的线程实现。开启 Wisp 后，Java 线程不再简单地映射到内核级线程，而是对应到一个协程，JVM 在少量内核线程上调度大量协程执行，以减少内核的调度开销，提高 Java 应用性能。



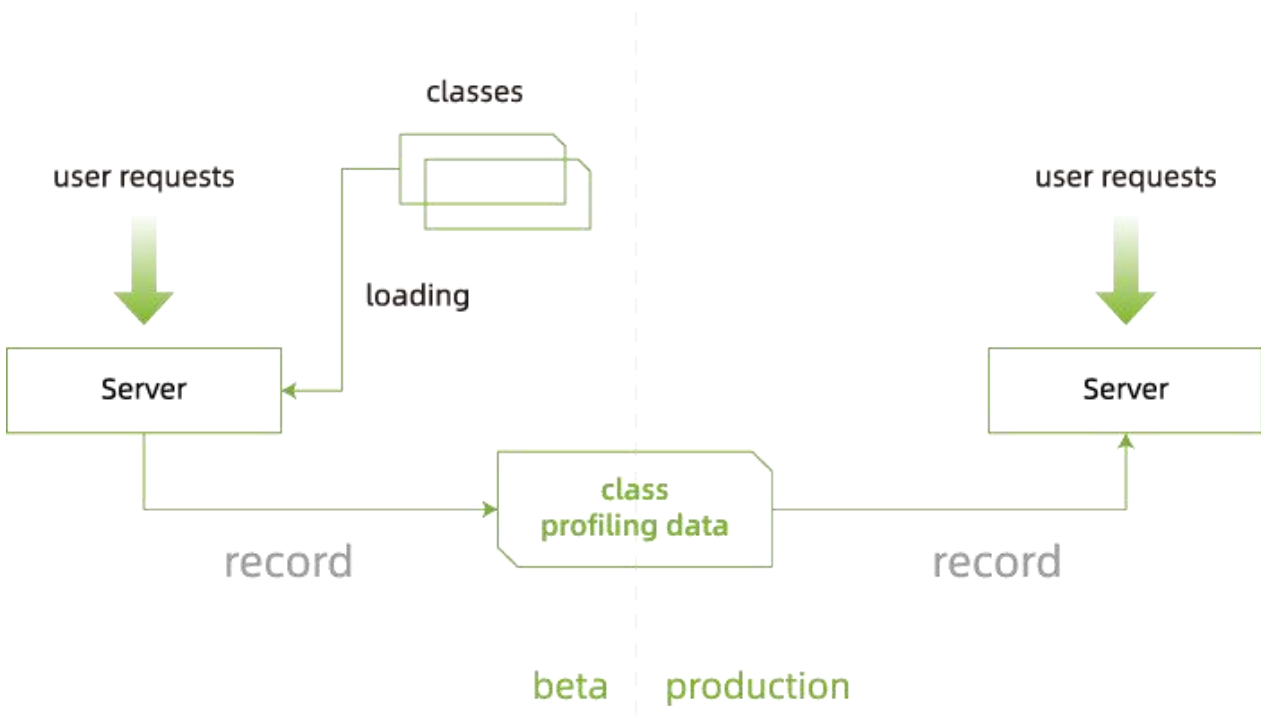
开启 Wisp 后，应用程序无需任何修改就可以获得性能提升。以下是在 Framework Benchmark 的 Spring 实现下，开启协程和关闭协程的性能比较。



5.8.2.3 JWarmup 编译预热

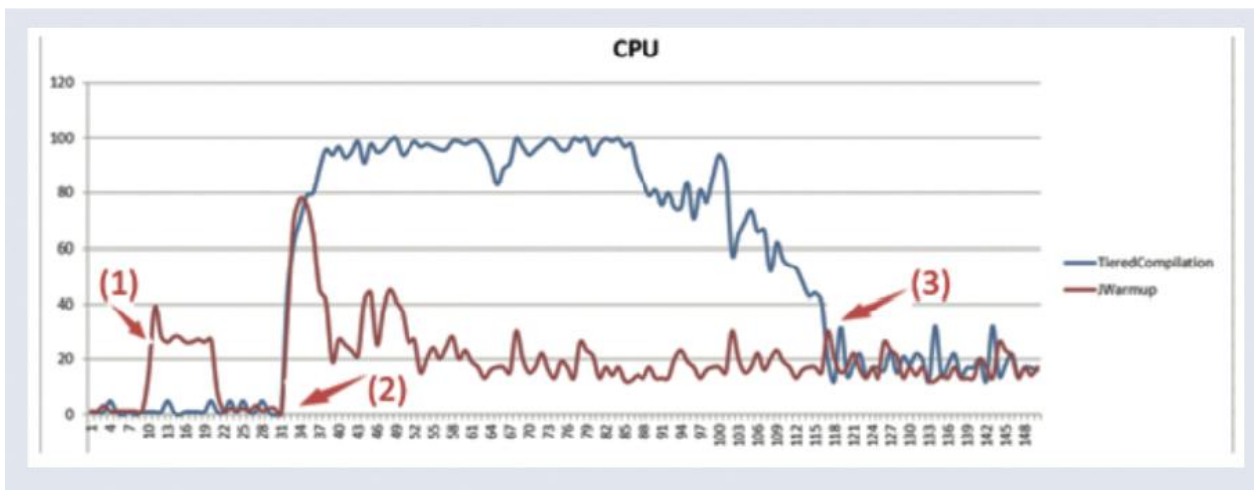
Java 拥有即时编译特性，代码以解释器执行为基础，当方法执行足够多次数成为热方法后会触发 Just In Time(JIT)编译，性能得到数十倍提升。但应用程序有一个预热的过程，通常需要运行一段时间才能达到峰值性能。

JWarmup 以可控的方式来完成预热：根据前一次程序运行的情况，记录下热点方法、类编译顺序等信息，在应用下一次启动的时候积极加载相关的类，并积极编译相关的方法，进而应用启动后可以直接运行编译好的 Java 代码 (C2 编译)。



上图显示了 JWarmup 典型的用法：

- 在 Beta 灰度环境，进行应用压测，记录(Record)热点方法、类编译顺序等信息。
- 在 Production 环境，使用提前记录的 profiling data 提前编译(Compile)热点方法。



上图显示了生产环境下使用 JWarmup 与关闭 JWarmup 的 CPU 曲线对比。可以看到代表 JWarmup 使用的红线 CPU 使用率相当稳定：

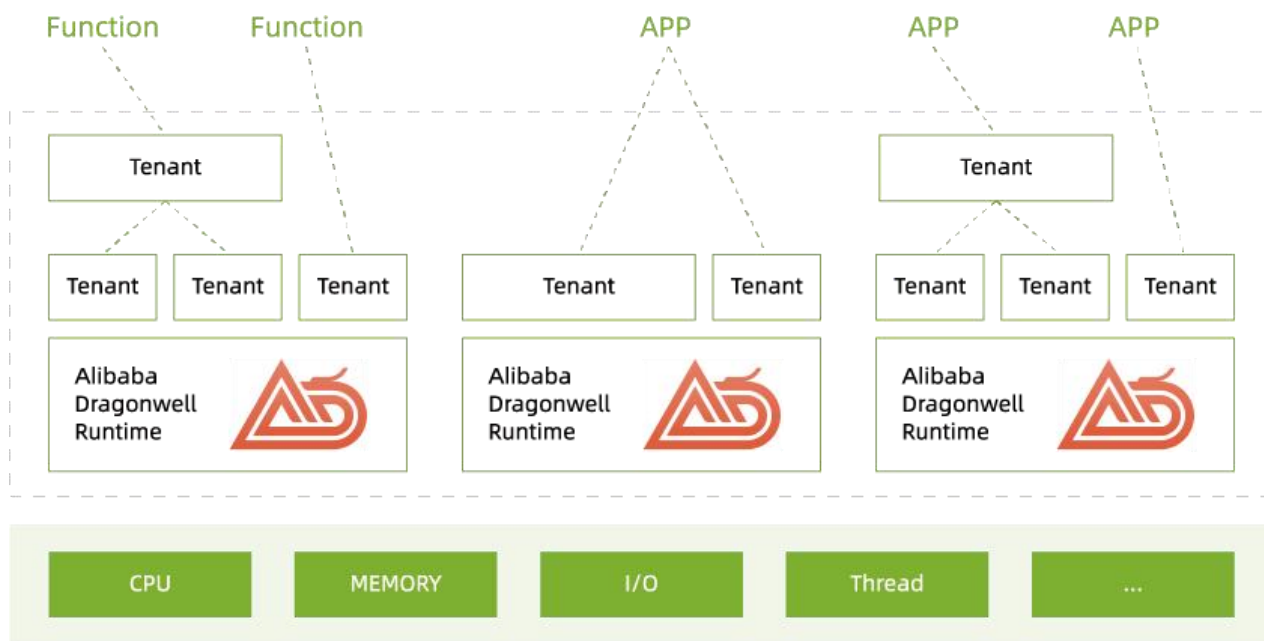
- 在(1)的时间点过后, JWarmup 提前编译方法, 相对于正常蓝线情况, 红线使用的 CPU 上升。
- 在(2)的时间点过后, 真实流量进来, 因为 JWarmup 情况下方法已经在 (1) 被提前编译, 所有使用的 CPU 要明显低于蓝线。

5.8.2.4 多租户

在有些场景中, Java 应用并非作为单一业务用途的程序存在的, 而是作为一个平台存在, 在他上面运行着一些更加轻量的应用或函数。在这类平台型 Java 应用上面, 一般通过动态类加载机制把遵循一定编程接口规范的, 和 Java 字节码技术兼容的软件模块(可以从 Scala、Kotlin 等语言编译而来)加载到应用进程, 并运行其中的业务逻辑, 一个典型的例子是 Tomca 的动态加载机制。

这类架构有一个缺点:就是平台型 Java 应用缺乏对轻量应用所使用资源的管控能力。容易出现某个应用占用过多资源--比如 CPU 时间--而 导致其他同进程应用无法响应。 JDK 多租户技术的目的就是为平台型 Java 应用提供一个细粒度资源管控的能力。

Alibaba Dragonwell 多租户技术通过在 JDK 中创建虚拟的进程容器“租户”，来让 JVM 可以识别出运行时代码所持有的资源组，架构图如下：



在高密度部署场景，多租户技术允许将多个 Java 应用安全部署在同一个 JVM 中，为基于 JVM 技术栈的 PaaS、SaaS、FaaS 应用平台提供了基于租户粒度的底层资源，包括 CPU，内存等隔离能力。

5.8.2.5 生产就绪 ZGC 及弹性堆

Alibaba Dragonwell 11 第一个版本应业务和云上客户的需求，默认提供了 Java 11 的实验性 ZGC 特性。随着 ZGC 进入生产实践而逐步落地，客户在享受响应时间优化的同时，也遭遇到了一些实际问题。因此我们发布了 Alibaba Dragonwell 11.0.11.7，其中的 ZGC 特性由 OpenJDK 11 中的实验特性改造为生产就绪(production-ready)特性，同时保证 Alibaba Dragonwell 11 长期支持的质量稳定性：

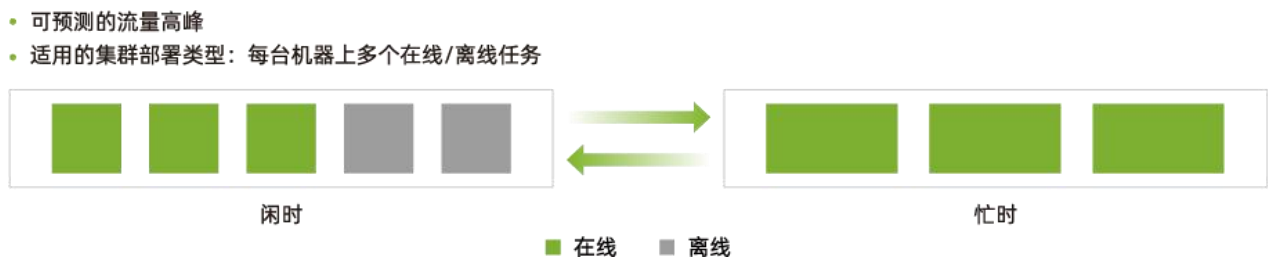
- 系统性移植 OpenJDK15 ZGC 代码:OpenJDK15(首个支持生产就绪 ZGC 的 OpenJDK 上游正式版本)的大部分 ZGC 相关代码，这些代码完善了 ZGC 的功能，支持更多的平台，并且修复了重大 bug。

- ZGC AArch64 平台优化:Alibaba Dragonwell 向 OpenJDK 社区贡献了 AArch64 平台上 ZGC 的优化方案，减少内存屏障指令，将 Heapothesis benchmark 的 ZGC 吞吐能力提升超过 15%。

Apache RocketMQ 使用 ZGC 暂停时间从 200ms 降到 10ms 以内。

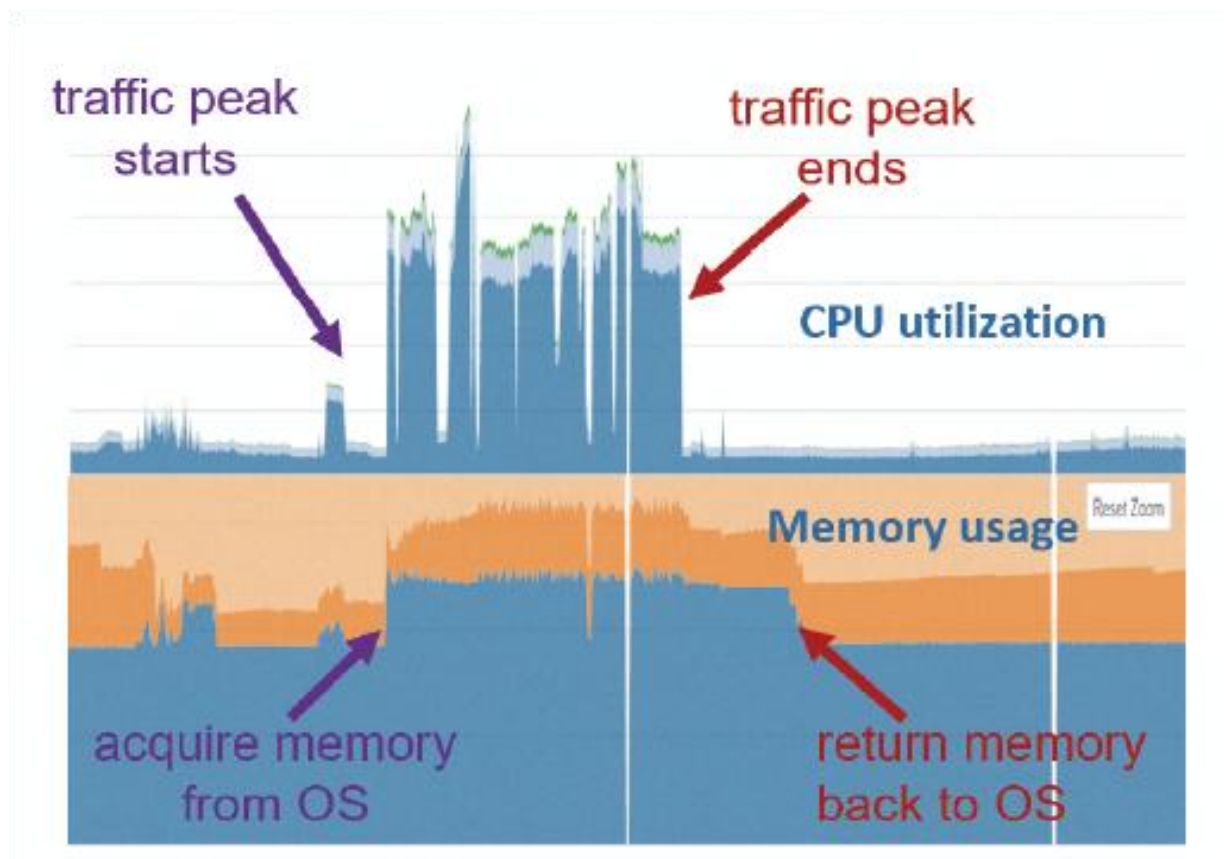
JVM 为应用程序提供了自动管理堆内存的能力，包括空闲内存存在内。即使应用完全空闲，这些内存也无法被操作系统中其他进程使用。G1ElasticHeap 特性支持在 G1 中动态归还堆物理内存并降低 Java 进程的内存占用。

在多应用混合部署的场景，G1ElasticHeap 空闲内存回收特性可以在应用低负载时降低内存使用，供其他混部的应用使用。下图蓝色表示在线任务，绿色表示离线任务。在线服务空闲时通过 G1ElasticHeap 释放空闲内存，以供离线服务使用。



另外一个典型的应用场景是大促，Java 进程内存根据实际服务的压力动态调整。当大促高峰服务繁忙期间，Java 进程会占用比较多的内存，而在服务空闲时段，Java 进程会及时归还物理内存给操作系统。

如下图：



5.9 社区基础设施

5.9.1 T-One: 全场景质量协作平台

5.9.1.1 背景概述

T-One (testing in one) 是一站式、全场景的质量协作平台，通过它可以解决大型软件各类测试问题；我们在利用 T-One 解决龙蜥社区测试问题的同时，也通过 T-One 建立了社区的测试标准，另外也在帮助社区的合作伙伴解决他们面临的同类问题。

基于 T-One 建立的社区众测共创模式，解决了开源项目松散的开发模式与商业化产品高质量需求之间巨大的鸿沟；统一平台、统一标准，共同打造开源模式、商业化品质的龙蜥 OS 发行版。

T-One 社区版链接: <https://tone.openanolis.cn/>

5.9.1.2 技术方案

T-One 包括一整套测试解决方案, 按照 1+N 模式进行演进, 包含若干组件:

- 一站式自动化测试平台 T-One, 是核心的测试管理、自动化测试执行引擎。
- Testlib 是一个测试管理系统, 包括测试用例、测试方案、测试任务等管理能力。
- Testfarm 是测试数据对外披露系统, 测试数据可以自动通过 T-One 上传到 Testfarm 进行披露。为方便社区模式里多家企业的协同测试, T-One 提供分布式业务模式, 可以多份部署, 把测试任务分发到不同的企业、硬件环境里进行测试, 最后再把数据统一上传到 Testfarm 进行管理披露。

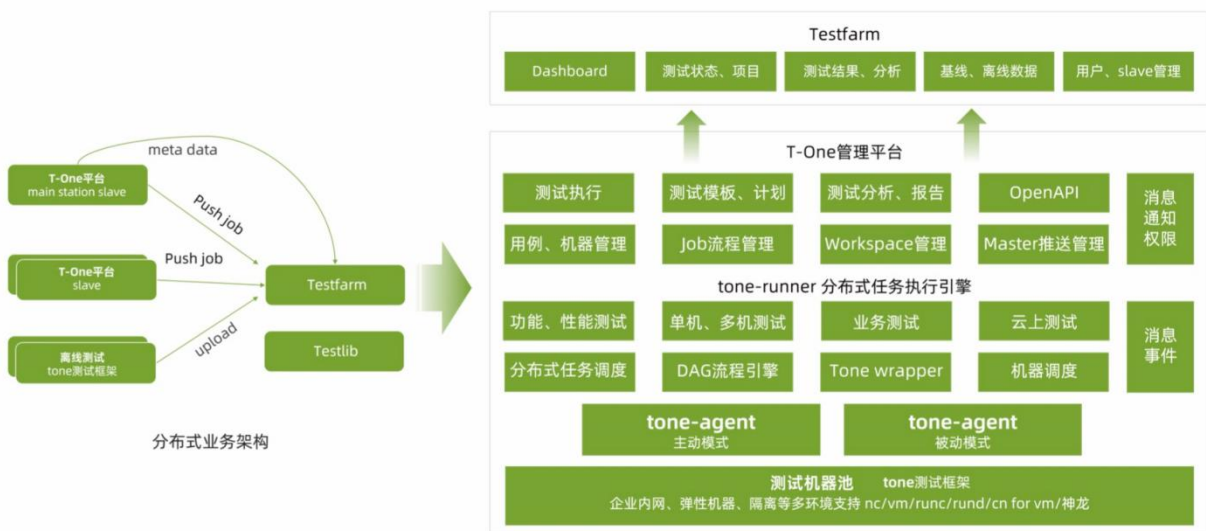


图 T-One平台架构示意图

T-One 主要有下面三方面的优势:

- 提供全场景的测试能力
 - 支持多 CPU 混合架构 (x86、arm、loongarch64、risc-v) ;

- 支持多操作系统类型（龙蜥、centos、debian、ubuntu、统信、麒麟）；
- 支持复杂环境测试（企业内网、网络隔离环境、弹性云虚拟机/容器、应用集群及多种混合环境）。
- 提供一站式的测试支持，打通了从环境部署，测试执行、测试分析、测试计划、测试报告等整个测试流程闭环：
 - 基线跟踪模型：聚合型基线模型、测试指标跟踪模式；
 - 分析及报告：时序分析、对比分析等分析能力；灵活定制测试报告；
 - 可快速搭建 CI 流程；自定义测试计划。
- 高效的质量协作模式，通过独立租户空间、离线模式和独立部署，充分解决测试协作问题。

T-One 经历多年迭代开发，累计运行时长超过 930 万小时；目前集成了各领域、各类型 120 多种业界主流 benchmark，3000+测试套件。

5.9.1.3 应用场景

T-One 支撑了龙蜥社区的所有测试活动，包括版本测试、软件包 CI 测试、镜像 nightly 测试等等，T-One 不仅应用于产品研发过程中的质量保障，还可以作为测评项目的测试平台使用，在相关评测中提升测试效率 30 倍以上。

目前有超过 20 多家厂商设备接入社区 T-One 测试平台，支持了 40 多个项目的质量协同以及数百台测试机器并发执行；在龙蜥社区被包括统信、电子五所、浪潮信息、中科曙光、中兴通讯、新支点等等 20 多家合作企业、机构采用。

5.9.2 ABS：一站式构建服务

5.9.2.1 背景概述

ABS (Anolis build service) 是一站式的基础构建平台，提供免费、安全、可靠的一键构建能力，以及简单易用的编译构建环境。通过它可以完成 RPM 包、ISO 镜像 和 Docker 镜像等构建工作，同时它还提供发行版软件全生命周期管理能力，支撑社区开发者构建和社区产品发行构建，方便开源软件包引入，扩大龙蜥社区的产品生态。

ABS 平台链接：https://abs.openanolis.cn/all_project

5.9.2.2 技术方案

平台能力

ABS 提供的主要功能有：

- ABS 提供了多架构的构建能力，支持多 CPU 架构 (x86、arm、loongarch64、risc-V)；
- ABS 提供生产构建及测试构建能力，方便开源软件包的引入，扩大产品生态；
- ABS 提供一键 Anolis OS ISO 镜像 rebrand 功能，快速定制下游衍生版；
- ABS 提供一键构建 Docker 镜像及分发的能力，支持从构建、测试到发布的全自动化流程；
- ABS 提供全流程的上游软件包跟踪及更新能力，保障社区软件包供应链能力。

系统架构

- 用户空间层：为社区爱好者、合作伙伴、发行版团队提供产品构建及发行的支撑，并提供一系列开发工具集提高软件包研发效率；
- 服务支撑层：主要包括构建支撑模块和分发模块，提供各类产品形态的构建服务，同时向上提供接口服务；
- 设备管理层：我们 Docker 镜像构建服务基于交叉编译，其他构建服务基于 koji 开源系统进行二次开发，向上提供多架构的构建能力。



5.9.2.3 应用场景

ABS 平台支持的使用场景有：

- 软件包研发过程的测试和构建。
- 下游厂商可以通过 ABS 构建操作系统衍生发行版。
- 社区开发者可以通过 ABS 进行 Docker 镜像的制作工作。
- 发行版生命周期维护。

过去一年，龙蜥社区发布了 Anolis OS 8、Anolis OS 23、龙芯版等重要版本，这些都是通过 ABS 构建系统完成的。ABS 上线以来，构建的软件包数量超过 30000 个，构建次数超过 40000 次，创建项目总量超 2100 个。平台除服务社区外被社区爱好者以及多家企业、机构使用。

06

龙蜥+精选方案与案例

6.1 方案

6.1.1 统信软件“3+3+6”CentOS 替换解决方案

统信软件“3+3+6”CentOS 替换解决方案，是针对国际主流服务器操作系统公司宣布对其下游停止更新服务后，打造的向统信服务器操作系统 V20 安全迁移的整体方案。方案采取原地替换、新增替换以及过渡性的安全接管三种策略，并结合用户服务器系统在历史建设过程中搭建的单机、集群和云环境三种场景，定义并遵循六步实施路径方法论（详见下图）。

三种应对手段

■ 原地替换

- 直接迁移：对存量业务系统软件，可选择兼容统信服务器操作系统V20(X86版)进行利旧迁移，完成迁移；
- 适配迁移：有自主开发能力或有ISV支持，可对存量业务系统软件进行适配后利旧迁移至统信服务器操作系统V20。

■ 新增迁移

- 通过整体规划分步实施，新建系统逐步切换到国产芯片、整机、操作系统、中间件、数据库等的国产化平台。

■ 安全接管

- CentOS 7/8系统：可提供安全漏洞公告、安全修复更新源和技术支持等服务；
- CentOS 5/6/7/8系统：可提供“有固”安全产品为系统进行安全加固。

三种部署环境

单机环境	CentOS迁移需中断业务，割接式搬迁，该类搬迁方案和原应用升级方式等同，属于成熟方案（如单机数据库、单机业务应用、单机混合部署应用等场景）。
集群环境	CentOS迁移基本无需中断业务，可采取先备后主，基于主备状态同步机制，平滑搬迁（如主备数据库、主备业务应用等场景）。
云环境	CentOS迁移基本无需中断业务，可基于分布式软件的伸缩扩容机制，滚动迁移，实现平滑搬迁（如大数据平台、虚拟化、云平台等场景）。

六步实施路径



该方案是统信软件根据当前正在使用 CentOS 的用户实际情况，依托统信服务器操作系统

V20, 基于 2021 年大型央企的 CentOS 试点迁移的经验积累, 以及 2022 年在金融、运营商、部委等垂直行业的规模迁移实践, 结合统信“有易”迁移工具, 通过抽象和定义用户迁移场景和应对手段, 提出“3+3+6”一体化解决方案, 覆盖用户服务器操作系统迁移全场景, 是 CentOS 替换的最佳实践。

CentOS 替换不仅仅是产品替代, 实施和维护过程也同样重要。统信软件可为用户提供远程支持、现场支持、培训服务、顾问咨询、系统定制等一系列服务支持。不仅能够满足用户快速响应、及时处理和修复问题的要求, 还可以按照用户的个性化需求提供订制服务, 满足不同用户在各种复杂业务场景下的需求。

以统信软件“有岳”为核心的服务器操作系统产品家族, 已经深入应用在党政、金融、运营商、能源、电力、交通、军工、教育、医疗等行业领域 (详见下图)。



(图/统信服务器操作系统产品家族)

6.1.2 英特尔基于阿里云八代 SPR 实例的 DLB 最佳实践

Intel DLB 在 Alibaba Cloud Linux 3 上可以达到卓越的负载均衡加速效果，在使用 CPU 核心数越多，系统负载越高的情况下更加显著，在 DPDK 7P7C 不同 Burst Size 场景下，可以达到软件负载均衡的吞吐量的 2.5~4 倍，数据与 Intel 披露的 3.27 倍相当。其次，DLB 通过无锁队列能大幅降低网络包处理延迟，并且对吞吐量也有明显提高。通过实验数据分析，DLB 针对 Nginx 长链接场景表现更加优异，延迟可以降低 50%~80%，吞吐量最大提升 100%，而在 Envoy 的短链接情况下，延迟和吞吐量均优于 CPU，在超过 1w 连接数的情况下，延迟降低 30%~50%，吞吐量最大提升 16%。

6.1.3 浪潮信息云峦 KeyarchOS 低延迟网络通信解决方案

方案背景

金融行业、通信行业等都有大量对网络通信的时延要求严苛的业务场景，例如交易所的量化交易业务对任务响应时间、数据处理速度要求极高。数据包在传输过程中的延迟性能受多个方面的影响，比如硬件、操作系统、应用软件、网络的处理时延等均会影响延迟性能，现有方案一般仅从硬件或者软件层面进行时延优化，性能提升效果不理想。而软硬协同优化能够最大程度释放硬件能力，为降低网络时延提供更加高效的方案。

方案架构

在 KeyarchOS 低延迟网络通信解决方案中，硬件平台使用浪潮服务器（CS5280H2）搭载中科驭数低延迟网卡（SWIFT-2200），从 CPU、内存、网卡等硬件，BIOS、BMC 等固件及操作系统（调度算法、中断处理、亲和性等）层面对网络数据包的传输时延进行软硬件协同调优，最大化降低网络时延。

方案效果

在相同的硬件环境下，使用 Solarflare 的 SFNT 测试工具对网络延迟性能进行测试，基于 KeyarchOS V5.8 的低延迟网络通信解决方案比友商 OS 的延迟性能高 40%-50%。

6.2 案例

6.2.1 统信软件助力中国联通集中业务支撑、计费系统等系统创新应用

案例创新替换

- 首个云底座 CentOS 系统替换，统信软件负责 5 个生产系统迁移。
- 生产系统领域广：涉及多个业务系统，包含云平台、计费出账系统、业务支撑系统、5G 等，涵盖了生产、管理、服务等多领域。
- 技术组件种类多：涉及 100 多种技术组件，涵盖云计算、数据库、大数据、中间件、AI、虚拟化以及多种专业化业务组件。

应用概况

为验证国产操作系统在通信行业应用可行性，中国联合网络通信有限公司软件研究院对生产运营、云平台等 3 个典型业务系统，开展了操作系统迁移工作，涵盖存量设备、新增设备两种场景，涉及技术组件超过 100 个，在方案设计、工具研发、适配迁移等方面，为下一步中国联通推广应用国产操作系统提供了实践经验和参考依据。

应用系统名称	原服务器芯片架构和操作系统、数据库、中间件、云计算等软件情况	现服务器芯片架构和操作系统、数据库、中间件、云计算等软件情况
--------	--------------------------------	--------------------------------

中国联通 集中业务 支撑系统	服务器芯片：X86 操作系统：CentOS 7.4 数据库：DRDS、HBase、KVStore 中间件：Redis、Marathon-LB、SpringBoot、ElasticSearch 等 虚拟化工具：DC/OS、Docker	服务器芯片：X86 操作系统：统信 UOS 服务器版 V20 数据库：DRDS、HBase、KVStore 中间件：Redis、Marathon-LB、SpringBoot、ElasticSearch 等 虚拟化工具：DC/OS、Docker
计费系统	服务器芯片：X86 操作系统：RHEL 7.3 数据库：Etcd 中间件：Zookeeper 虚拟化工具：Chronos、Marathon、Mesos、Docker	服务器芯片：X86 操作系统：统信 UOS 服务器版 V20 数据库：Etcd 中间件：Zookeeper 虚拟化工具：Chronos、Marathon、Mesos、Docker
联通云平 台	服务器芯片：X86 操作系统：CentOS7.4 数据库：Etcd、MySQL、Redis 中间件：Zookeeper、Kafka 虚拟化工具：DC/OS、Kubernetes、Docker	服务器芯片：X86 操作系统：统信 UOS 服务器版 V20 数据库：Etcd、MySQL、Redis 中间件：Zookeeper、Chronos 虚拟化工具：DC/OS、Kubernetes、Docker

(表 1/ 系统迁移前后软硬件配置表)

应用实践及成效

集中业务支撑系统为全联通 4 亿多用户办理日常业务（如充值缴费、选号办卡等），是中国联通核心生产运营系统。目前已完成 131 台物理服务器 CentOS 迁移为统信 UOS 服务器版 V20，兼容 Redis、SpringBoot、Marathon-LB 等数据库、中间件，与原 CentOS 集群混合部署，共同承载套餐余量、账务中心、账户中心等业务。经测试，替换后整体系

统性能与替换前持平，支持 1 万并发，平均响应时长 50ms。

计费系统为全国联通用户提供准实时计费、信用管控、话费账单等业务，已完成 144 台物理服务器 RHEL 迁移为统信 UOS 服务器版 V20，兼容 Chronos、Marathon、Mesos 等云组件，已迁移节点支撑所有 4 亿用户的预出账计费业务，平均每秒实现 14.6 万条话单批价，系统整体性能与之前持平。

联通云平台是中国联通全新打造的大规模云原生企业级平台，此次实践以联通内部私有云部分为主。通过将 1058 台物理服务器 CentOS 迁移为统信 UOS 服务器版 V20，实现与原 CentOS 集群的混合部署，共同承载联通总部、40 个分子公司的 100 多个业务系统运行。替换节点主机平均承载容器 32 个，承载能力、运行效率与替换前基本持平。

上述三个典型业务系统共计完成 1058 台物理服务器操作系统替换，各业务系统运行稳定，功能、性能满足业务需求。



典型经验

• 通过备份方案保障操作系统迁移的数据安全

保障系统配置和业务数据不丢失是迁移工作的主要挑战，本次迁移实践形成了两种备份方案，有效保障迁移的数据安全。

一是应用程序和业务数据备份：根据应用对数据备份策略的要求和存储类型实施备份，如共享存储需经过断连、数据服务停止等过程，本地存储需通过备份软件保障备份数据的准确性。

二是操作系统备份：通过使用 ReaR 备份工具，将操作系统及配置备份到 NFS 主机。备份后，基于同配置的测试机，验证当前系统备份的可用性，即能否成功恢复。

• 通过多技术手段最大限度降低用户感知

首先，通过迁移工具提升迁移速度，降低业务应用中止的时间；其次，区分业务类型，将有状态应用和无状态应用分类处理，充分利用云平台的调度能力进行应用的迁移；最后，根据组件和应用程序特点（如主备、分布式等），制定程序和数据迁移策略，待业务隔离后，完成操作系统替换。如基于联通“容器+微服务”云原生架构，通过多实例部署，仅需做一次重新调度运行，即可保障业务不中断，整体上做到业务低感知。

6.2.2 统信软件支撑国网信通产业集团国产操作系统替换

案例创新替换

Intel 服务器 + CentOS 7 + MySQL + Tomcat+ VMware ⇨ 国产服务器+统信 UOS 服务器版 V20+国产数据库+国产中间件 + Nova Core Center。

应用概况

为全面验证国产软硬件在能源电力行业的应用，选取企业生产经营管理系统、统一研发测试环境、城市综合能源系统三个典型业务应用进行替换改造，即增加一定台数的国产服务器，将部分应用模块的支撑环境由 CentOS 迁移至统信 UOS 服务器版 V20，并同步开展国产服务器、数据库、中间件、云计算以及桌面 PC 等迁移。

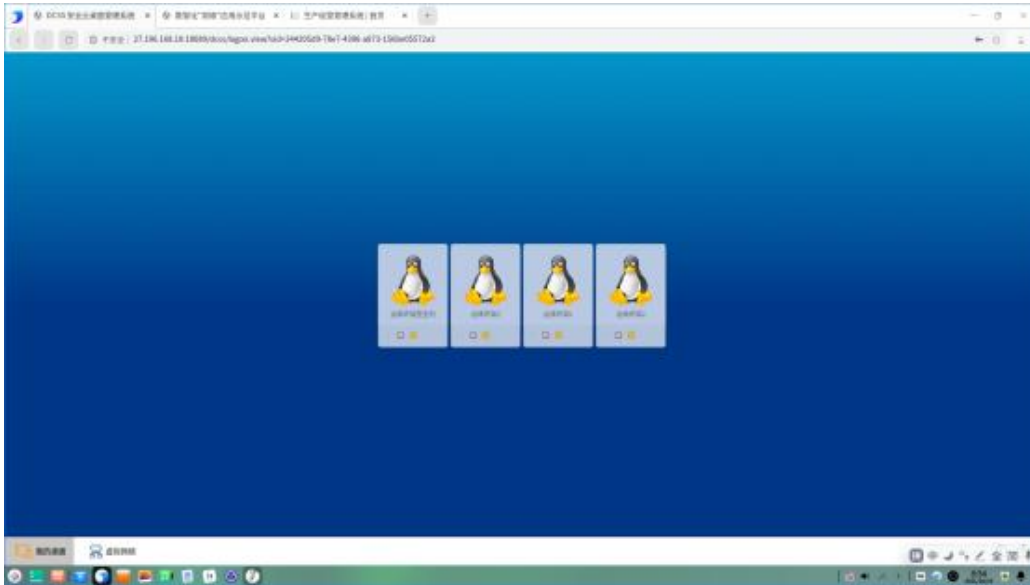
应用系统	原服务器芯片和操作系统、数据库、中间件、云计算等软件情况	现服务器芯片和操作系统、数据库、中间件、云计算等软件情况
统一研发测试环境	服务器芯片：X86 操作系统：CentOS 7 数据库：MySQL 中间件：Tomcat 虚拟化工具：VMware	服务器芯片：飞腾 FT2000+/64 操作系统：统信 UOS 服务器版 V20 数据库：普华东岳数据库 中间件：TongWeb 虚拟化工具：NovaCoreCenter
企业生产经营管理系统	服务器芯片：X86 操作系统：CentOS 7、RedHat 数据库：MySQL 中间件：Tomcat 虚拟化工具：VMware	服务器芯片：飞腾 FT2000+/64 操作系统：统信 UOS 服务器版 V20 数据库：普华东岳数据库 中间件：TongWeb 虚拟化工具：希云 XVP
城市综合能源系统	服务器芯片：X86 操作系统：CentOS 7 数据库：MySQL 中间件：Tomcat 虚拟化工具：VMware	服务器芯片：飞腾 FT2000+/64 操作系统：统信 UOS 服务器版 V20 数据库：人大金仓 中间件：TongWeb 虚拟化工具：NovaCoreCenter

(表 2/ 系统迁移前后软硬件配置表)

应用实践及成效

统一研发测试平台为电网信息系统的生产源头，支撑国家电网公司信息系统建设，是信息化技术为电网生产经营赋能增效的“工厂”，是电网信息化建设生命周期的“前端”，为国网信通产业集团近 3000 人提供研发业务支撑。改造后的平台支撑了用电采集系统、统一

视频系统、集团自主研发基础平台等 3 个应用项目的 60 余名技术人员的研发工作。



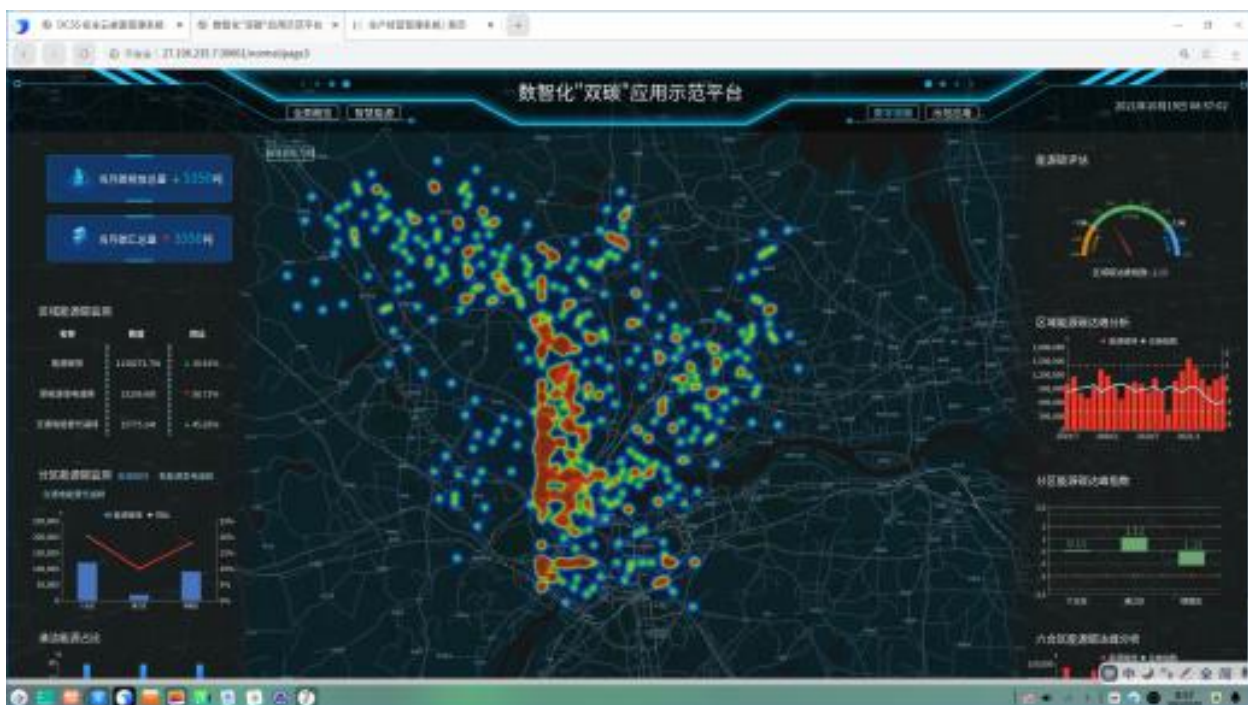
(图/统一研发测试平台)

企业生产经营管理系统是集团企业经营管理的重要依托，支撑集团业务管理和日常办公需求。该系统共有 10 个与人、财、物管理相关的业务模块，支撑集团约 1 万人日常办公。经过对人资、项目、物资、财务、营销等业务模块的应用环境进行改造，业务响应时间较原系统提升 30%。



(图/企业生产经营管理系统)

城市综合能源系统是电网生产服务社会大众的典型场景，是国家电网公司支撑国家“双碳”政策的信息化业务保障系统之一。通过改造，将能源监控、能动分析、能源管理、能源服务等部分核心应用迁移至国产运行环境，系统已在 2022 年 3 月份上线，支持 4 万终端用户同时接入。



(图/城市综合能源系统)

本次改造项目中累计部署了统信服务器操作系统 340 套,目前各业务系统运行稳定,功能、性能等方面能够满足业务需求,充分验证了该综合解决方案在能源电力行业的落地应用效果。

典型经验

在应用部署过程中,存在基础软硬件不适配、业务系统不兼容等问题,通过与统信软件组成的团队共同攻关逐项进行解决,具体如下:

序号	问题描述	解决方案
1	业务应用系统在国产平台下运行的稳定性有待验证。	选用与统信软件完成适配及互认证的产品替换原系统中同类 IT 产品。通过产品厂商的技术支撑和服务,保障平稳运行。
2	企业生产经营管理系统客户端均基于 IE 浏览器开发,使用基于统信 UOS 服务器版 V20 的浏览器访问,存在控件兼容问题。	鉴于业务应用客户端均为 B/S 架构,统信软件对业务应用客户使用的控件进行排查,采用同类控件替换不兼容的 IE 控件解决兼容性问题。需做部分代码改造和再编译。
3	能源电力行业生产经营系统业务复杂、数据量大,在测试环境不能完全模拟实际业务情况进行适配验证。	采用分功能模块、分部署节点,从局部到整体逐步完成业务系统的全量替代,实现用户侧无感知替代。
4	生态体系初步建立,国产软硬件版本升级后容易影响与其他软硬件的兼容性。	加强与统信软件等厂商的协作,通过现场技术支持服务,完成系统的软硬件部署集成,提高工作效率,保障迁移工作平稳完成。

6.2.3 浪潮信息云峦 KeyarchOS 助力百视通 IPTV 业务底层系统完美切换

CentOS 停服,客户业务连续性如何有效保障?业务需求急迫,如何实现快速交付?

浪潮信息以服务器预装自研操作系统云峦 KeyarchOS 的方式,为上海百视通提供完善解决方案。

百视通是在国家三网融合政策指引下,率先创立 IPTV 业务模式的开拓者,IPTV 行业技术标准的制定者,是国内领先的 IPTV 及互联网电视集成播控及内容服务商。作为跨地域、

跨领域的大屏集成播控平台，百视通是家庭用户过亿的全国化主流媒体，是行业可持续发展的先行者和领导者。

客户痛点：CentOS 停服后，百视通后续服务无法保障

数据安全和无法保障

百视通原有产品以 CentOS 作为底层操作系统，集成自有业务软件，形成整体解决方案。但是随着 CentOS 宣布停更，客户面临安全漏洞无人修复管理、售后服务没有专业支持的挑战，而 IPTV 业务恰恰对数据安全和服务保障具有极高要求。

产品业务发展和技术革新受到影响

操作系统停更也意味着未来的新技术、新产品无法在旧系统上适配和使用，受此制约，百视通的 IPTV 产品将无法实现业务发展、技术革新所带来的需求。

业务系统无法快速交付

百事通为尽快实现业务系统上线，满足广大网络电视用户观看需求，对交付效率提出了更为严苛的要求。

KeyarchOS 为应对以上挑战，为百视通提供了一套对自身业务软件兼容性好，且能提供长期稳定、专业可靠的技术支持的解决方案。

解决方案：KeyarchOS 完美替代 CentOS，实现快速交付

广泛兼容 稳定可靠

KeyarchOS 作为浪潮信息自研的服务器操作系统，对主流的软硬件生态广泛兼容，满足客户业务安全稳定运行的需求。

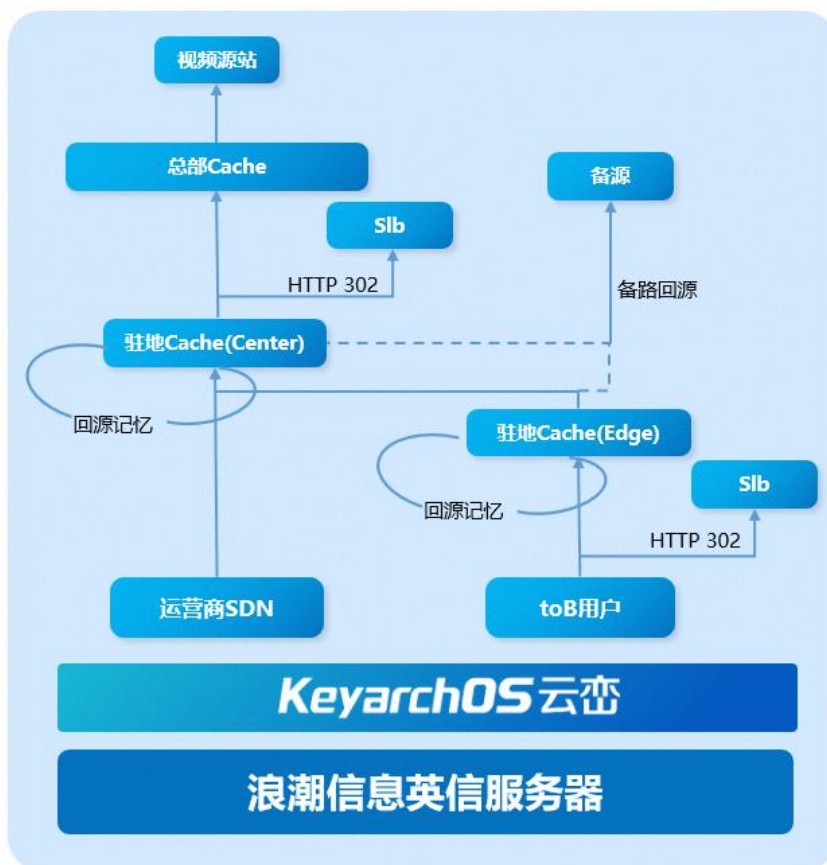
百视通的业务应用在 KeyarchOS 上安装部署后性能出色，运行流畅，充分证明 KeyarchOS 可以稳定支撑百视通现有解决方案的集成交付和未来的产品迭代更新。

专业售后 服务支持

浪潮信息的三级服务体系 and 独有的专家经验库，可以给客户提供稳定专业的售后支持服务，保证客户在后续使用过程中无后顾之忧。

预装出货 开箱即用

为提升交付效率，浪潮信息在发布 KeyarchOS 的同时，就提供了服务器预装 KeyarchOS 出货的服务，在出厂前即完成操作系统的安装调试工作，减少了客户侧交付的时间和人力成本，软硬一体，开箱即用，实现了客户业务快速上线。



(图/百视通 IPTV 业务架构)

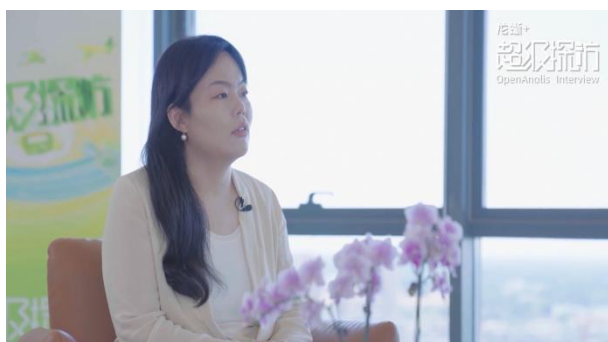
07

社区风采

7.1 明星 IP

7.1.1 龙蜥+超级探访

为了更好的服务于生态伙伴和广大用户，龙蜥社区推出“全网首档操作系统探访体验节目”《龙蜥+超级探访》，该栏目将带领大家走进龙蜥的生态伙伴和用户现场，共同揭示龙蜥与生态伙伴如何实现从技术创新到商业变现的跨越，共同探寻算力新浪潮下龙蜥如何帮助用户拥抱智算时代。7月31日重磅上线，首期走进统信软件，全网播放量突破200万。



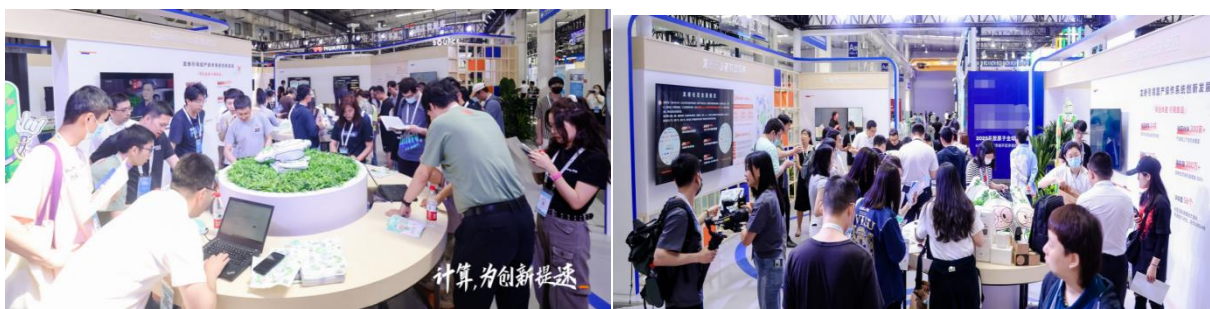


扫码查看首期《龙蜥+超级探访》

7.1.2 人人都可以参与开源

「人人都可以参与开源」是一款面向开源新人、技术常客的开发者的活动，数千款基础、进阶型任务可供选择，让开发者从入门到精通玩转龙蜥社区。完成活动任务，不仅能够拥有社区定制礼品/实习证明，还有机会获得实习机会、参与年度评选，可关注龙蜥官网参与活动。

在 2023 开放原子全球开源峰会上，龙蜥论坛和展区吸引了近千位参会者参与互动，亮点满满，精彩不断。除线下活动外，开发者可以在龙蜥官网与龙蜥的各大子社区上，线上参与龙蜥活动、参与社区贡献。





(图/2023 开放原子全球开源峰会线下展区活动图)

7.1.3 龙蜥大讲堂

龙蜥大讲堂是龙蜥社区推出的系列技术直播活动，邀请龙蜥社区的开发者们分享龙蜥技术、龙蜥 SIG 双周会、开源贡献入门，内容包括但不限于内核、编译器、机密计算、容器、存储等相关技术领域。龙蜥大讲堂系长期活动，每周 1-2 场，分享内容以科普为主，突出技术亮点和行业落地实践，吸引更多开发者通过社区参与贡献。

龙蜥大讲堂技术系列直播现已举办 100+ 场。2023 年推出“主题演讲系列”“分享，如基础设施、系统运维、Intel 合作+创新等，邀请了统信软件、浪潮信息、阿里云、Intel、电子五所、Arm、飞腾、海光、龙芯、普华基础软件、移动云、中科方德等技术大咖分享前沿技术，覆盖 11 万+ 开发者，与超千位开源爱好者互动。其中，为确保直播效果，特此制定了针对系统运维专场的调研问卷，问卷显示近 80% 的用户认为此次直播很有帮助。

<p>07月06日 周四 16:00-17:00</p> <p>支智昇 * 龙蜥T-One SIG Maintainer * 工业和信息化部电子第五研究所 自动化工具负责人</p> <p>《全场景质量协同平台 T-One》</p> <p>听众收益 让新同学，能对T-One有一个总的直观印象；与长期活跃的同学，探讨、交流T-One的优势和优化方向。</p>	<p>07月11日 周二 16:00-17:00</p> <p>单凯伦 龙蜥基础设施SIG Contributor</p> <p>《一站式构建平台 ABS》</p> <p>听众收益 了解龙蜥社区官方构建平台，熟悉 AnolisOS 软件包、镜像构建流程。</p>	<p>05月31日 第八十一期</p> <p>李东世 浪潮数据云计算研发高级研发工程师</p> <p>《libvirt虚拟机热迁移流程简介》</p> <p>听众收益 了解libvirt虚拟机热迁移整体流程，迁移方式及关键迁移参数作用及影响。</p>
<p>02月22日 彩播直播</p> <p>朱运阁 云原生机密计算SIG Maintainer Intel高级云计算工程师</p> <p>《Intel 开源机密计算社区CCZoo》</p> <p>听众收益 intel SGX和TDX技术背景介绍 / CCZoo 背景介绍 / CCZoo 典型案例分析</p>	<p>12月21日 第五十六期</p> <p>王次臣 移动云开发工程师</p> <p>《bclinux-sysmt跨版本升级OS流程解析》</p> <p>听众收益 理解Redhat leapp 框架的原理，交流在操作系统跨版本升级的实践经验。</p>	<p>12月07日 第五十四期</p> <p>季宗耀 龙蜥云原生SIG Contributor 统信高级研发工程师</p> <p>《云原生技术在容器方面的应用》</p> <p>听众收益 了解云原生技术概述及其在容器方面的应用。</p>
<p>9月21日 第四十七期</p> <p>姚嘉伟 普华基础软件资深系统架构师</p> <p>《多架构体系下的内核与系统开发》</p> <p>听众收益 多架构体系下的内核完善与系统底层适配实践。</p>	<p>09月08日 第四十四期</p> <p>陈莉君教授等 eBPF技术探索SIG Owner</p> <p>《eBPF的技术和发展》</p> <p>听众收益 了解eBPF的当前和未来技术趋势，了解eBPF技术探索的下一步规划。</p>	<p>6月1日 第十九期</p> <p>李文成 龙蜥社区 Arm SIG 核心成员 飞腾软件技术专家</p> <p>《飞腾平台软件调优方法》</p> <p>听众收益 介绍飞腾服务器CPU的性能调优原理以及相应调优方法。</p>
<p>7月13日 第三十一期</p> <p>殷时友 龙芯中科系统研发部高级工程师</p> <p>《视频编解码基础知识入门》</p> <p>听众收益 了解视频常见格式、属性以及操作，成为一个有深度的音视频用户。</p>	<p>7月20日 第三十二期</p> <p>冯浩 龙蜥社区云原生机密计算SIG核心成员 海光资深软件工程师</p> <p>《海光CSV机密容器方案介绍》</p> <p>听众收益 理解海光CSV机密容器的工作原理、部署方法。</p>	<p>6月29日 第二十五期</p> <p>樊志成 中科方德云计算架构师</p> <p>《基于开源OpenStack、Ceph构建企业私有云平台》</p> <p>听众收益 深入了解通过开源软件建设生产级别的云平台的方法。</p>

(图/龙蜥大讲堂部分演讲嘉宾)

7.1.4 龙蜥开发者说

开发者与开源社区相辅相成，相互成就。这些个人在龙蜥社区的使用心得、实践总结和技术成长经历都是宝贵的，我们希望让更多人看见技术的力量。所以龙蜥社区正式推出「龙蜥开发者说」，开发者说系长期活动，诚邀开发者们分享真实体验，以文会友、共同学习、一起进步。

截至目前，「龙蜥开发者说」已推出 24 篇优秀文章，邀请了来自龙蜥合作伙伴的技术成员或以个人形式贡献社区的开发者分享其在社区的所见所闻，现已成为龙蜥社区的明星栏目之一。

<h3>肖微</h3> <p>「龙蜥社区2021年度突出贡献奖」获得者 龙蜥社区技术委员会委员</p>  <p>联通软件研究院公共平台与架构研发事业部副总架构师，高级工程师，龙蜥标准化SIG主要成员。热爱开源，主要工作领域在云计算、基础软件。</p> <p>是挑战也是契机！我见证了国产操作系统的雄起</p> <p>“ 我认为，能够将社区的研发计划、研发过程开放，有外部开发者尤其是个人独立开发者参与，是简单的代码开源和开源社区最大的区别。 ”</p>	<h3>王楷元</h3> <p>龙蜥社区 Distro SIG 成员</p>  <p>从事于浪潮信息 KOS 操作系统开发工作，参与龙蜥社区期间，基于 Anolis OS 8.6 构建衍生版 KOS 5.8，也积极参与BUG 反馈，问题修复，提交多个 PR。</p> <p>历时三周，记录如何从 0 到 1 构建龙蜥衍生版</p> <p>“ 随着一个 PR 合入主线，我每每都有切实参与到龙蜥社区工作中的沉浸感和自豪感。 ”</p>	<h3>柳辛</h3> <p>「龙蜥社区 2021 年度开源参与贡献奖」获得者 「2022 龙蜥社区年度优秀贡献奖“代码之星”」获得者</p>  <p>系统软件工程师，龙蜥社区 Cloud Kernel SIG Contributor，负责上海兆芯CPU硬件平台在 Anolis OS 及 Cloud Kernel 的适配支持与性能优化。</p> <p>给芯片以系统、给系统以社区</p> <p>“ 初见龙蜥OS，就惊叹于其很高的完成度和很强的适应感。 ”</p>
<h3>陈成</h3> <p>龙蜥社区云原生 SIG Contributor 系统运维 SIG Contributor</p>  <p>联通软件研究院软件开发工程师，主要负责云平台、容器化相关工作。在龙蜥社区主要协助基于 Anolis OS 8.2/8.4 的构建工作。</p> <p>6 年前打开的开源“潘多拉盲盒”，如今都解了哪些未知数</p> <p>“ 特别点赞系统运维 SIG 社群维护同学和 T-One 测试平台，以及 Gitee PR 与 T-One 平台的联动集成，让我既可以方便地观察测试进展等，也极大地提高了效率。 ”</p>	<h3>姚胤楠</h3> <p>2022 编程之夏龙蜥社区项目参赛者 OpenInfra Days 2022 China 社区新星</p>  <p>广州大学研二学生，个人研究方向是容器运行时安全，主要涉及到使用 eBPF 等技术对容器运行时安全进行实时监控和追踪取证等方面的研究。</p> <p>开源是场马拉松！来自广州大学姚同学的开源成长记</p> <p>“ 这只是我在龙蜥社区参与的一个项目，我却可以把它作为一个开始，今后我希望在社区中不仅仅参与项目代码维护和功能支持方面的任务，也希望尝试去参与社区项目技术路线的讨论。 ”</p>	<h3>邬丽娟</h3> <p>「龙蜥社区2021年度开源参与贡献奖」获得者 LoongArch 架构 SIG Contributor</p>  <p>曾负责多款服务器及操作系统研发测试，在龙蜥社区协助进行 LoongArch 架构的适配工作。</p> <p>众人拾柴火焰高！聊一聊我在社区的所思所想</p> <p>“ 在社区中的伙伴虽然并不熟悉彼此，但从因此就减少沟通的热情，这样的社区氛围谁又会不喜欢呢？ ”</p>

(图/龙蜥开发者说部分分享作者)

7.2 特色活动

7.2.1 年度重点活动

2023 开放原子全球开源峰会

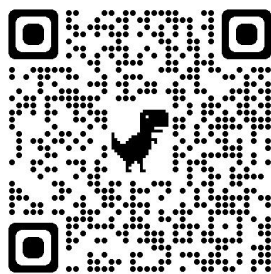
2023 开放原子全球开源峰会于北京成功举办，龙蜥携社区最新成果和动态亮相峰会，获得峰会现场逾千人的极大关注。为期 3 天的峰会现场，龙蜥展区吸引近 1500 位参会者互动，活动满意度高达 96%，充分展现了龙蜥社区的引力和活力！值得一提的是，在开放

原子全球开源峰会主论坛上，阿里云市场总裁湘雯公布了 1+4 开源战略，龙蜥操作系统（Anolis OS）属四大战略之一，这表达了阿里云持续投入建设龙蜥的决心，也极大地鼓舞了社区伙伴共建的信心。



(图/开放原子全球开源峰会展区现场图)

本次峰会上，开放原子开源基金会副秘书长辛晓华，中国开源软件推进联盟副秘书长、头歌教研中心主任尹刚，统信软件副总经理、龙蜥社区副理事长朱建忠，阿里云研究员、龙蜥社区理事长马涛，浪潮信息高级副总裁、龙蜥社区理事张东，中国科学院大学教育基金会秘书长赵硕等 6 位产学研嘉宾代表，共同出席并见证了“[龙蜥社区人才培养计划](#)”发布仪式。龙蜥社区人才培养计划”是龙蜥社区联合阿里云、统信软件、浪潮信息 3 家理事单位发起，面向广大用户和开发者群体，推出“龙蜥+”模式的人才认证体系和操作系统课程。目前，龙蜥学习中心已上线龙蜥官网，学习考试认证已开启，可实现一次考试两张证书（扫描下方二维码直达学习中心）。



扫码直达龙蜥学习中心

与去年不同的是，龙蜥社区本次还邀请到浪潮信息、飞腾、Intel 等多家理事单位多名技术专家现场分享其在龙蜥社区的开源实践、合作规划等，这充分展现了龙蜥社区“共建共治，行稳致远”的理念，也是龙蜥社区理事参与共建足够成熟的标志。

峰会期间，龙蜥社区获新浪网、中国日报、CSDN 等超过 15 家主流媒体报道，参与了首届开放原子开源大赛，孵化机密计算等创新项目的赛题。



(图/Intel、浪潮信息和飞腾等理事单位快闪演讲现场)



(图/开源大赛 Workshop 嘉宾合照)

2022 云栖大会龙蜥操作系统峰会

2022 年 11 月 3-5 日, 云栖大会龙蜥操作系统峰会各路大咖云集, 中国软件行业协会常务副秘书长陈宝国、浙江省软件行业协会秘书长王小号为龙蜥站台致辞。1 场主论坛, 3 场 Workshop 专场, 来自统信软件、移动云、浪潮信息、中科曙光、新华三、龙芯中科、Intel、阿里云等四十余位资深专家现场分享产业话题, 思想力的碰撞、行业趋势展望。大会上重磅发布了《2022 龙蜥社区全景白皮书》、《龙蜥社区生态发展计划》以及 40 多家标杆用户颁奖等仪式。线下龙蜥展区异常火爆, 现场参与互动 5000+人, 线上直播观看近 2 万。



(图/峰会现场嘉宾大合照) (图/龙蜥展区现场)



(图/2022 龙蜥社区全景白皮书发布仪式)

(图/龙蜥社区生态发展计划发布仪式)

在 2022 云栖大会龙蜥操作系统峰会上，龙蜥特约顾问刘澎、龙蜥社区理事长马涛为政采云、杭州西软、网易 Curve 开源团队、统信软件、统信软件产研中心、火山引擎内核与虚拟化团队、浪潮信息、阿里云、麒麟软件、英特尔、OceanBase、PolarDB、上海识装信息科技有限公司、凝思软件、小红书、天数智芯等优秀合作企业和团队颁奖。



(图/新晋理事现场授牌仪式)



(图/龙蜥社区优秀合作企业/团队现场颁奖仪式)

龙蜥社区也举办了 eBPF & Linux 稳定性、云原生专场、RISC-V 专场 3 场 Workshop，现场座无虚席，亮点满满，精彩不断。



(图/龙蜥社区 3 场 Workshop 线下合影)

1024 程序员节

中国 1024 程序员节，龙蜥社区参与 CLK 大会、purecpp 社区大会、城市峰会、主题论坛；此外，还设有龙蜥线上云展厅，参与人数火爆。

第 17 届中国 Linux 内核开发者大会 (主论坛)

OpenAno 龙蜥社

龙蜥：围绕云计算的操作系统 开源软硬件技术生态

宋卓
龙蜥社区技术委员会委员
阿里云资深技术专家
CLK 2022, 2022.10.22

直播期间关注公众号“CSDN”
回复“1024”
抽取精美大礼包!

2022 长沙·中国
1024 程序员节
聚力新时代 开源创未来

purecpp 社区大会

Rpc的本质

- RPC(Remote function call)

远程函数调用!

像调用本地函数一样调用远程函数，不用关心底层细节(序列化/反序列化、网络IO、rpc路由和调用……)

祁宇
purecpp 社区负责人
(深入应用C++11) 作者

直播期间关注公众号“CSDN”
回复“1024”
抽取精美大礼包!

2022 长沙·中国
1024 程序员节
聚力新时代 开源创未来

purecpp 社区大会

Case Study Quick Profiling

Alibaba Cloud

Modules	Where are used	What are used
async_simple	tests and demo example	Almost templates: Lazy<T>, Future<T>, ...
asio	demo example	Nearly No templates: socket, io_context, ...
std	async_simple, tests and demo	A lot of templates: vector<T>, ...

许传奇
C++ 标准委员会委员 clang owner
(modules&serialization)

直播期间关注公众号“CSDN”
回复“1024”
抽取精美大礼包!

2022 长沙·中国
1024 程序员节
聚力新时代 开源创未来

(图/龙蜥社区技术专家线上分享)

全球开源技术峰会 (GOTC)

GOTC 是由上海浦东软件园、开放原子开源基金会、Linux 基金会亚太区和开源中国联合发起的，面向全球开发者的一场盛大开源技术盛宴。5月27-28日，龙蜥社区 Java 语言和虚拟机 SIG 成员、龙蜥社区 RISC-V SIG 成员李三红受邀担任“基础设施与软件架构”分论坛的出品人，丁天琛、林子熠等社区多位核心技术专家也受邀与开发者们在国际开源技术舞台上一起探讨 eBPF、基础设施与软件架构等热门技术主题。



(图/龙蜥社区技术专家参加 GOTC 现场演讲)

第四届中国云计算基础架构开发者大会 (CID)

第四届「中国云计算基础架构开发者大会 (简称 CID)」在 2023 年 10 月 21 日深圳举办，大会呈现 30 多场精彩技术分享，内容涵盖网络、存储、虚拟化、云编排器、云操作系统等丰富议题。龙蜥社区作为本次 CID 大会支持的单位，也有多位专家参与此大会，且带来多场硬核技术分享。



(图/龙蜥社区技术专家参加 CID 现场演讲)

Kubernetes Community Days (KCD)

Kubernetes Community Days 由云原生计算基金会 (CNCF) 发起, 由全球各国当地的 CNCF 大使、CNCF 员工以及 CNCF 会员单位联合组织。2023 年 10 月 21 日, KCD 2023 在杭州举办, 由 CNCF、蚂蚁开源、龙蜥社区、Dragonfly 社区、Harbor 社区联合发起。龙蜥社区作为本次 KCD 大会的联合发起社区, 郝世荣、吴超等多位专家参与此大会, 且带来《龙蜥社区国产机密计算技术解决方案》、《Kata 3.0: 火山引擎安全容器落地实践》等硬核技术分享。



(图/KCD 现场龙蜥嘉宾分享)

2023 RISC-V 中国峰会

8月23日, 2023 RISC-V 中国峰会在北京召开。平头哥凭借玄铁 RISC-V 高性能全栈技术, 在安卓商业化应用、视频视觉、数据中心、大屏交互等场景率先广泛落地。龙蜥社区 RISC-V SIG 携手平头哥、算能、RISC-V 大使傅炜等合作伙伴, 共同完成针对算能 SG2042 的平台支持, 同时完善包括数据库、JVM/Java、Web 服务等云上应用和场景的支持, 推动 RISC-V 持续向高性能应用演进。



OCP China Day 2023

OCP China Day 2023 以"OPEN MOMENTUM: 智能化、可拓展、可持续"为主题, 汇聚了 30 余家顶级技术大咖、行业专家, 龙蜥社区、OCP、OpenPOWER Foundation 等软硬件社区领袖以及互联网、IDC、能源交通等领域的高级代表, 共同探讨数据中心基础设施、开放计算创新、开放计算生态、绿色计算发展、开放系统设计等话题。

在 OCP China Day 2023 上, 龙蜥社区产品生态总监张鹏程分享了《同走龙蜥开源特色路, 共创云时代数智计算基石》、浪潮信息 KeyarchOS 生态专家潘珏君做了《浪潮信息与龙蜥社区的生态实践》的主题演讲, 与现场嘉宾分享并探讨了龙蜥社区前沿的创新技术、思考视角以及发展趋势。



(图/龙蜥社区产品生态总监张鹏程现场分享) (图/浪潮信息 KeyarchOS 生态专家潘珏君现场分享)

7.2.2 龙蜥社区走进“合作伙伴系列” MeetUp

「龙蜥社区“走进系列”MeetUp」是由龙蜥社区与生态合作伙伴联合主办的系列月度活动, 每期走进一家企业, 聚焦龙蜥社区和合作伙伴的技术、产品和创新动态, 展示硬核技术, 共建繁荣生态。每期活动邀请 10+ 技术大咖分享, 吸引了 100+ 企业, 11 万+ 线下/线上开发者参与。

今年，龙蜥已走进理事单位 Arm 、Intel、浪潮信息等举办了系列 MeetUp：7 月，龙蜥社区二度走进 Intel 与上海举办，采用线上+线下的活动形式，其中，线上超 5 万人观看并参与了互动，现场超 50 位开发者参与了“关于 Intel 至强可扩展处理器在人工智能、安全保护以及性能加速方面的应用实践等”技术讨论。10 月，龙蜥社区走进 Arm，现场座无虚席，超 70 位开发者参与讨论。



(图/龙蜥社区走进 Intel MeetUp 合照)



(图/龙蜥社区走进 Arm MeetUp 合照)

除此之外，龙蜥社区也举办了多场技术 MeetUp：系统安全、开发者服务平台 devFree 、标准化 SIG、 Serverless SIG 、系统运维、云原生等等，其中系统安全发布《商用密码技术最佳实践白皮书》和《云原生机密计算最佳实践白皮书》两大龙蜥社区操作系统安全白皮书，致力于帮助广大面临 OS 安全问题的用户深入了解操作系统标杆产品实践。



(图/开发者服务平台 devFree MeetUp 活动合照) (图/系统安全 MeetUp 活动合照)



(图/标准化 SIG MeetUp 活动合照)

(图/系统运维 SIG MeetUp 活动合照)



(图/云原生 SIG MeetUp 活动合照)



(图/云原生机密计算最佳实践白皮书发布现场)



(图/商用密码技术最佳实践白皮书发布现场)

7.2.3 LLUG 城市站点沙龙系列·2023

在 2023 开放原子全球开源峰会上，龙蜥社区联合一流的 Linux 与开源交流社区-Linux 中国举办了 LLUG 线下系列沙龙活动，线上线下参与者突破万人。截至目前，上海、北京、深圳多地已成功举办，帮助更多的开发者了解到 Linux 社区中最新的实践和分享。





图/ 龙蜥社区与 Linux 中国联合举办 LLUG 活动

7.2.4 龙蜥高校行

近年来，龙蜥社区积极参与各大赛事，为大赛设计赛题、提供导师、培训技术、参与评审等，将产业发展思考融入赛事，加强操作系统领域人才的培养。2022 年，龙蜥社区走进了北大开源实践课，为高校生系统普及开源知识并系统授课龙蜥操作系统，同时参与了教育部产学合作协同育人项目、中科院开源之夏、阿里巴巴编程之夏、大学生系统能力大赛操作系统设计赛、“互联网”大学生创新创业大赛等项目，与多所高校师生分享交流开源，在学术研究、课程合作、赛事赞助等多方面保持与高校的密切合作。

2023 年，龙蜥社区一如既往地支持开源人才培养，参与以上高校合作的同时并走进清华大学、南京邮电大学等众多高校，龙蜥社区边子政、徐静波、严懿宸等多位技术专家受邀进行技术分享，受到现场同学们的热烈欢迎。积极参与 2023 全国大学生系统能力大赛操作系统设计赛，社区核心开发者常怀鑫获得 2023 大学生操作系统赛——操作系统设计赛特殊贡献奖，操作系统设计赛北部区域赛龙蜥社区赛题参赛队“啊对对对”队获二等奖。



(图/龙蜥社区走进高校现场演讲)



(图/龙蜥社区参与高校赛事的部分奖项)

7.2.5 年度龙蜥社区优秀榜单评选

为了鼓励龙蜥社区的开发者同学积极参与社区共建，龙蜥社区每年都会推出年度优秀开发者评选活动，所有社区的注册用户均可参与。首届评选活动已于 2021 年圆满落幕，评选出 10 位年度突出贡献奖及 10 位开源参与贡献奖。

「2022 龙蜥社区优秀贡献者」评选升级，奖项设置不仅有龙蜥代码之星、龙蜥布道之星、龙蜥卓越贡献奖、产学研合作促进奖，还设有团队及项目奖：龙蜥最佳研发团队、龙蜥最佳 SIG、龙蜥优秀开源项目。

龙蜥社区特约顾问、学术代表、运营委员会、技术委员会等 12 位成员组成的评委团，以及龙蜥社区运营委员会、龙蜥社区技术委员会和龙蜥社区理事会科学且严谨的评选出 41 位/支个人/团队。在龙蜥社区（OpenAnolis）第三届理事大会举办的“2022 年度优秀贡献者颁奖典礼”上，龙蜥社区特约顾问刘澎、龙蜥社区理事长马涛、副理事长朱建忠，龙

蜥社区技术委员会主席杨勇、副主席孟杰，龙蜥社区运营委员会主席陈绪博士等为获奖者进行颁奖。



(图/“卓越贡献奖”获得者合照)



(图/“代码之星”获得者合照)



(图/“布道之星”获得者合照)



(图/“最佳研发团队”获得者合照)



(图/“最佳 SIG”获得者合照)



(图/“最佳开源项目”获得者合照)



(图/“产学研合作促进奖”获得者合照)

08

社区年鉴

2020.9

龙蜥社区正式成立
由阿里云、统信软件等
业内头部企业共同发起

2021.3

龙蜥社区第一个发行版诞生
龙蜥操作系统（以下简称
Anolis OS） 8.2 RC1 发布

2021.6

社区首届运营会议召开
Anolis OS 8.4 正式发布



2021.7

社区首届理事大会召开



2021.9

社区首次走进合作伙伴
龙蜥社区“走进龙芯”
MeetUp 启动



2021.10

龙蜥重磅亮相云栖大会
发布《OpenAnolis 龙
蜥社区技术创新白皮书》



2021.11

龙蜥社区决定将捐赠给
开放原子开源基金会

2021.11

龙蜥社区联合 InfoQ
推出系列公开课
栏目《龙蜥大讲堂》



2021.12

社区上线 CentOS
停服解决方案专区
启动生态合作「龙腾计划」

2022.1

龙蜥 LoongArch GA 版正式发布
龙蜥社区走进高效能服务器
和存储技术国家重点实验室

2022.2

首届社区年度突出贡献奖公布
龙蜥社区走进北大课堂



2022.3

社区推出开发者分享栏目“龙蜥开发者说”



2022.5

龙蜥社区持续参与“2022 开源之夏”、“编程之夏”等开源大赛



2022.6

更多龙蜥自研、生产可用的 Anolis OS 8.6
正式发布
社区推出「人人都可以参与开源」活动



2022.7

新一届理事大会隆重召开

4 位产学研嘉宾作为特约顾问加入龙蜥



2022.7

龙蜥社区亮相 2022
开放原子全球开源峰会





2022.8
龙蜥支持全国首个
政府采购平台-政采
云完成 CentOS 迁移

2022.9
龙蜥及其理事单位分获
“2022 OSCAR 尖峰
开源社区及项目、
尖峰开源人物”奖项



2022.9
麒麟软件、浪潮信息、
中科曙光、新华三
4 家头部厂商加入
龙蜥社区实现从服务器到
操作系统的开放产业生态

2022.11
龙蜥社区亮相
2022 云栖大会
近 3000 位开发者参与
互动，成为展位焦点



2022.11
龙蜥生态发展计划——
龙腾计划 2.0 重磅发布

2023.2
龙蜥标准化 SIG、云原生
SIG 首届 MeetUp 举办
《龙蜥社区治理规范》
征求意见稿发布



2023.3
第三届理事大会成功举办
新增凝思、蚂蚁、
中兴 3 家理事单位

2023.3
贡献者沙龙暨 2022
年度优秀贡献者颁奖
典礼在京圆满结束



2023.3
龙蜥系统安全
MeetUp 圆满举办
发布 2 大技术白皮书

2023.3
更多龙蜥自研特性
Anolis OS 8.8 版本发布

2023.4

龙蜥社区理事长马涛当选
开放原子开源基金会 TOC 副主席

2023.5

2 万+人在线观看
龙蜥社区开发者服务平台 (devFree) MeetUp
火热登场



2023.6

亮相 2023 开放
原子全球开源峰会



动手实验室、开源大赛
Workshop、LLUG 沙龙等精彩纷呈

2023.6

开放原子领导出席
共同发布人才培养计划
推出“龙蜥+”合作模式



2023.7

龙蜥正式推出首款
全面拥抱智算的国产
操作系统 Anolis OS 23



2023.7

“芯”有灵“蜥”融合
·创新



2023.7

全网首档操作系统探访
体验栏目“龙蜥+超级探访”
震撼上线



线上观看 5 万+
走进 Intel MeetUp 圆满结束

2023.8

龙蜥社区安全联盟
(OASA) 正式成立
启明星辰、绿盟、360
等 23 家厂商重磅加入



2023.10

理事长马涛带队走进
中兴通讯南京研发中心



2023.10

龙蜥社区走进
Arm MeetUp 于上海
圆满结束



09

合作伙伴说

马秀发 中国联通软件研究院副院长

操作系统作为重要基础软件, IT 系统的‘魂’, 在龙蜥等国产开源社区的助力下, 近几年国产操作系统蓬勃发展, 中国联通软件研究院积极参与其中, 大规模推广使用, 通过与社区和合作伙伴一起, 促进国产开源生态的建设, 实现创新共赢。

王旭 蚂蚁集团开源技术委员会副主席

在当今的云原生时代, 开源软件供应链面临着前所未有的挑战, 而操作系统在软件供应链中的中流砥柱作用虽然低调但却是无可替代的, 龙蜥作为一个操作系统社区, 蚂蚁积极参与其中, 期待和大家一起, 共同保障基础软件生态的供应链, 帮助和促进基础设施软件技术创新。

王瑞 安恒信息副总裁

一个适合用户的操作系统也必然是一个安全的操作系统，让安全融入到操作系统应该是每个操作系统运营团队的理念，龙蜥操作系统团队关注用户、关注系统安全，安恒信息作为国内专业的信息安全厂商，愿与龙蜥一起协同，让安全更好的融入系统、服务用户，希望更多的用户使用龙蜥，也希望更多的网安厂商参与生态，共同建设一个安全的操作系统。

马庆怀 曙光信息解决方案中心总经理

龙蜥社区是一个技术领先的操作系统开源社区及技术创新平台。中科曙光作为我国核心信息基础设施领军企业，在硬件适配、联合方案及案例、联合技术开发等方面与社区积极展开合作，借助在高端计算、存储、安全、数据中心等领域积累的优势与社区共同推动软、硬件及应用生态繁荣发展，助力数字中国建设。

方健挺 千寻位置技术总监

千寻位置基于云计算和人工智能技术，构建空天一体的高精度北斗时空智能开放服务平台。截止目前千寻位置的多款高精度产品已经与龙蜥操作系统完成深度适配及融合且在电网、石化及路网等多个民生领域做了实施落地，相信不久的将来千寻位置能够携手龙蜥在更广泛的领域生根、发芽并成长。”

穆景远 政采云技术保障总监

近年来，针对操作系统的升级和适配正如火如荼的进行中，得益于龙蜥操作系统前瞻性贡献，特别是兼容性适配、标准制定以及基础工具链打造，大大加速的业务系统的操作系统更新迭代进度，同时也降低了适配成本。通过引入龙蜥操作系统，不仅完美解除了 CentOS 停服后的影响，也极大的增强了当下以云原生、eBPF 为基础的技术架构背景下的基础设施能力，为业务系统的敏捷开发、持续交付和稳定提供了强有力的保障。感谢龙蜥社区卓越的工作成果，相信在产业各方积极努力下，未来以龙蜥为基础的操作系统生态将日益丰富和健全，政采云将更多的引入行业场景和诉求，与生态伙伴一起沉淀相关基础设施能力，不断地应对来自复杂业务场景和技术架构的挑战。

白皮书作者

陈 佳	蔡佳丽	程书意	陈宇翱	丁 宁	冯富秋	冯倩倩
侯芳东	郝世荣	黄 莹	胡玉溪	金美琴	高 翔	吕荟晶
刘 奖	李靖轩	李 敏	龙 勤	李三红	李 晔	刘 峥
马 乔	马 涛	庞训磊	钱 君	祁 宇	单凯伦	石晓海
孙林林	谭伯龙	田瑞冬	王宝林	王江波	王 强	郁 磊
尹斌斌	杨 勇	袁艳桃	郑 耿	张梦瑶	张天佳	张鹏程
张旭芳	张永超					



感谢您认真阅读来到这里（或直奔我们而来）

我们坚信，未来十年，操作系统的大发展一定势不可挡。

加入龙蜥，一起打造一个面向云时代的开源操作系统！欢迎您随时和我们联系。



微信公众号

扫码关注微信公众号
“OpenAnolis龙蜥”



微信视频号

扫码查看
更多龙蜥精彩瞬间



龙蜥社区社群

(群号：43205002258)

钉钉扫码入群
交流龙蜥前沿技术

龙蜥官网

<https://openanolis.cn>

龙蜥助手：小龙

微信号：openanolis_assis

龙蜥邮箱

secretary@openanolis.org

partner@openanolis.org



OpenAnolis
龙 蜥 社 区