



绿色计算与电子标准化

标准化动向

P8 加速数据中心基础架构之标准化及开放共建
从服务器走向边缘计算和物联网

操作系统专题

P13 开放合作 协同创新 共同谱写中国操作系统发展的新篇章
P16 开源驱动 协同创新 推动操作系统产业生态建设





绿色计算与电子标准化

标准化动向

P8 加速数据中心基础架构之标准化及开放共建

从服务器走向边缘计算和物联网

操作系统专题

P13 开放合作 协同创新 共同谱写中国操作系统发展的新篇章

P16 开源驱动 协同创新 推动操作系统产业生态建设



2021.1

内部资料/免费交流



中国赛西

CESI

机构介绍

中国电子技术标准化研究院（工业和信息化部电子工业标准化研究院，工业和信息化部电子第四研究院，简称“电子标准院”、“电子四院”，又称“中国赛西”），创建于1963年，是工业和信息化部直属事业单位，是国家从事电子信息技术领域标准化的基础性、公益性、综合性研究机构。

电子标准院以工业和电子信息技术标准化工作为核心，通过开展标准科研、试验检测、计量校准、认证评估、培训服务、产业研究等业务，面向政府提供政策研究、行业管理和服务决策的专业支撑，面向企业和社会提供标准化技术服务。

电子标准院承担55个IEC、ISO/IEC JTC1的TC/SC国内技术归口和17个全国标准化技术委员会分技术委员会秘书处的工作，与多个国际标准化组织及国内外知名机构建立了合作关系，为标准的应用推广、产业推动和国际交流合作发挥了重要的促进作用。



电子标准院建有政府授权和权威机构认可的实验室、认证机构和工作站，在深圳、广州、上海、苏州等地设有分支机构，依托赛西实验室、赛西认证、赛西培训、赛西信息服务等平台，面向市场和客户提供专业的试验检测、计量校准、认证评估、培训咨询等服务，在电子信息和工业领域的标准化和合格评定方面发挥着核心的技术基础作用。

电子标准院坚持“标准为本，创新致远”的文化核心，秉承“科学、公正、创新、服务”的精神，履行“支撑政府，服务产业，奉献标准化最大价值”的使命，加速推进国内一流，国际知名标准化科研与服务机构的建设和发展。

卷首语

绿色计算与电子标准化

2021年 | 第1期 | 总第2期

编委会

梅 宏 肖 然 吴雄昂 赵 波 黄 莹
 程春平 谢 强

本期责编

刘志宏 任 翔 赵 鑫 郝文建 江大勇
 杨 琴 梁 冰 祝秀秀

投稿联系人

李卫忠 xcb@opengcc.org.cn

印 刷 北京新华印刷有限公司
 印 数 1000 册
 编印日期 2021 年 2 月 9 日
 发送对象 中国电子技术标准化研究院内部

主 办 中国电子技术标准化研究院
 编 印 《绿色计算与电子标准化》编辑部
 地 址 北京市安定门东大街 1 号
 电 话 010-64102127
 邮 编 100007
 E-mail gcmcsc@opengcc.org

内部资料/免费交流



数字经济的技术创新属性，使其成为经济长期增长的重要动力。这既包括对相关技术本身的创新，也包括与传统行业深度融合时新技术在应用场景的创新。因此，数字经济的发展对加快推进产业数字化转型升级提出了要求。

加快产业数字化转型的关键在于夯实数字化底座，硬件 + 操作系统是数字化底座的基础。硬件提供算力，操作系统上连应用、下接硬件，释放算力价值。5G、AI、云原生、智能边缘等新技术发展使得数据量以指数级增长。据国际数据公司《数据时代 2025》白皮书预测，2025 年全球存储数据量将达到 180 ZB，数据量激增带来算力需求的飞速增长，同时，应用场景的多样化使得单一算力很难满足产业升级带来的所有需求。为支持多样性算力，拥抱数字化转型的需求，操作系统迎来新的挑战和机遇。

开源社区“共建、共享、共治”，打造协作创新平台。

在以数字科技创新为引擎的经济发展新阶段，打造协同共生的计算产业生态尤为重要。为了加快多样性算力生态建设，华为确定“硬件开放、软件开源、赋能合作伙伴”的生态战略。开源社区是社会高效协作打造软件生态的重要模式，华为把多年实践积累的软件能力开源开放出来，例如，将操作系统 (EulerOS)、数据库 (GaussDB)、AI 框架等系列基础软件开源开放，主导建立 openEuler、openGauss、MindSpore 开源社区，以加速多样性计算产业生态繁荣。

以 openEuler 社区为例，正式开源不到 1 年，已经有超过 2000 名贡献者，在全球 54 个国家 1000 多个城市 3 万次下载，惠及 3 万社区用户注册；吸引了包括中国移动、中国联通、中国银联、飞腾等 60 多家企业、机构和高校



打造最具活力的操作系统开源社区 全产业链共享多样性算力创新价值

华为副总裁 计算产品线总裁 邓泰华

的加入；社区 SIG 特别兴趣组已增加到 70 多个，覆盖了内核、虚拟化、云原生、桌面等方向；openEuler 社区已正式成立理事会、技术委员会等组织，通过开放治理模式，共同推动社区的繁荣和发展、技术创新与迭代。未来 3~5 年，社区将发展千家企业、万级开发者、百万级用户，使 openEuler 成为充满活力的操作系统开源社区。同时，社区也会继续保持与全球开源体系融合，与各开源社区、开源项目广泛协作，积极推动全球开源软件技术生态更好地支持多样性算力。

赋能合作伙伴商业发行，全产业链共享多样性算力创新价值。

openEuler 社区致力于打造全产业链共享的开源社区，在硬件厂商、基础软件厂商、应用软件厂商、系统开发商、开发者到用户的全产业链之间，形成产业正循环，打造商业可闭环的良性生态系统，从而持续、高效地创新。这就需要全产业链达成共识，保护知识产权，加快正版化进程，真正还原基础软件价值，为软件产业的长期、可持续创新提供市场保障。

坚持有所为、有所不为，华为自己不做操作系统的商业发行，全面赋能合作伙伴发展自有品牌的商业版本，助其快速实现商业成功。目前国内领先的操作系统供应商：麒麟软件、统信软件、中国科学院软件研究所、普华软件、麒麟信安、拓林思等，都已加入 openEuler 社区并发布了商业发行版，同时积极参与社区贡献。其中，麒麟软件已经成为社区第二大贡献者，并在金融、电力等行业实现规模商用。

助力培养基础软件开发人才，激发开发者创新活力。

创新循环的实质是人才驱动。创新驱动产业发展，产

业发展聚集人才，人才又激发创新，从而引领产业持续发展。操作系统的开发是一项复杂而庞大的工程，操作系统的内核创新、端边云多场景、安全可信等方向，需要培养大量专业人才。

华为与教育部将通过建立“智能基座”产教融合协同育人基地，与 72 所高校在联合课程开发和教学合作、课外实践活动和认证考试等方面开展合作，深化信息技术领域人才培养模式改革和协同创新，培养适应和引领新一轮科技创新和产业变革的卓越创新人才。

同时，openEuler 社区与中国科学院软件研究所共同推动“开源软件供应链点亮计划”，针对重要开源软件的开发与维护提供 Mini 项目，向全国高校学生开放报名，学生可自主选择感兴趣的项目进行申请，并获得该项目资深维护者（社区导师）亲自指导的机会，优秀成果将进入相关开源软件的主线版本。培育创新人才是一项长期而艰巨的任务，“智能基座”产教融合协同育人基地和“开源软件供应链点亮计划”是华为助力培育创新人才迈出的坚实步伐。未来，华为将坚持开放、与各界合作，共建人才生态圈。

数字经济是当前全球经济发展的焦点，计算产业是数字经济的底座和引擎，可持续循环的创新生态是计算产业成功的关键。华为将持续投入基础软件的创新，openEuler 社区将秉承“共建、共享、共治”的理念，携手全产业链共建可持续发展的操作系统产业生态。

欢迎更多企业、组织、开发者加入 openEuler 社区，共同打造最具活力的操作系统开源社区，共享多样性算力创新价值。■

目次



操作系统专题

把握和遵循操作系统技术发展的基本规律，围绕人机物融合的泛在计算模式和环境，研究和开发新型操作系统技术及系统，构建新型操作系统生态。

卷首语

02-03

打造最具活力的操作系统开源社区 全产业链共享多样性算力创新价值

02

标准化动向

06-12

全国工业和信息化工作会议在京召开

06

第四届全国信息技术标准化技术委员会第一次全体委员会议召开

06

2020 绿色计算产业峰会聚焦计算产业发展新趋势

07

中国操作系统产业峰会召开 正式成立 openEuler 社区理事会

07

加速数据中心基础架构之标准化及开放共建 从服务器走向边缘计算和物联网

08

操作系统专题**13-45****专家视点**

开放合作 协同创新 共同谱写中国操作系统发展的新篇章	13
开源驱动协同创新 推动操作系统产业生态建设	16

技术探讨

仅用一年即成中国最具活力的开源社区 openEuler 何以破局?	19
openEuler 20.09 创新版技术综述	22

技术实践

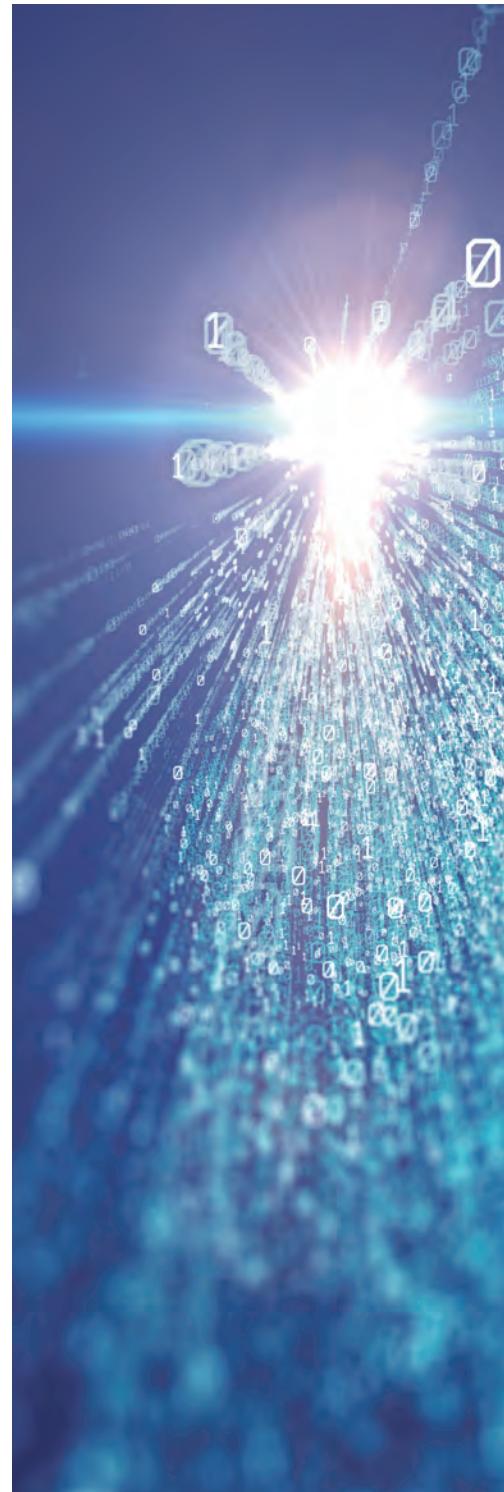
开放合作 走操作系统自主创新之路	32
——访 openEuler 社区理事会理事、麒麟软件执行总裁韩乃平	
中国移动：以自主创新勇立新基建潮头	34
——访中国移动信息技术中心研发创新中心副总经理张春	
建信金科推进金融新基建 助力共建操作系统产业新生态	36
——访建信金融科技信用卡及开放银行总经理彭云	
解题下一代操作系统	38
——访中国电科普华基础软件技术副总经理肖南	
开源软件供应链点亮计划暑期 2021 正式启动	41
——访中国科学院软件研究所所长赵琛	
云时代操作系统路在何方？麒麟信安的踏雪寻梅之道	43
——访湖南麒麟信安科技股份有限公司总裁刘文清	

技术聚焦**46-60**

10 Gb/s 以太网、FC、RapidIO 标准体系电参数对比研究	46
服务器应用场景性能测试方法分布式存储标准解读	50
绿色计算服务器可信赖技术要求解读	53
机密计算技术研究	57

链接**61-64**

一个50岁中国操作系统开发者的故事	61
——记操作系统老兵陈棋德	



标准化动向

全国工业和信息化工作会议在京召开

全国工业和信息化工作会议日前在京召开。会议总结 2020 年工业和信息化工作和五年来所取得的成绩，部署 2021 年重点工作。工业和信息化部党组书记、部长肖亚庆做工作报告。“十四五”时期要坚定不移建设制造强国、网络强国，把科技自立自强作为战略支撑，全面推进产业基础高级化、产业链现代化，推动工业化和信息化在更广范围、更深程度、更高水平上实现融合发展。突出抓好五方面任务：一保持制造业比重基本稳定；二增强产业链供应链自主可控能

力；三加快制造业高端化智能化绿色化发展；四培育壮大优质企业；五构建新型信息基础设施及应用生态。

2021 年工业和信息化工作的总体要求是立足新发展阶段，贯彻新发展理念，构建新发展格局，以推动高质量发展为主题，以深化供给侧结构性改革为主线，以改革创新为根本动力，以满足人民日益增长的美好生活需要为根本目的，坚持系统观念，更好统筹发展和安全，着眼制造强国和网络强国建设全局，把推进产业基础高级化、产业链现代化摆在突出重要位置，落实“六稳”“六保”任务要求，增强重点产业和关键环节自主可控能

力，更好支撑国民经济运行在合理区间，确保“十四五”开好局，以优异成绩庆祝建党 100 周年。

2021 年要围绕构建新发展格局突出抓好八个方面的重点工作任务：一推动基础和关键领域创新突破；二着力稳定和优化产业链、供应链；三加快制造业数字化转型；四大力推动信息通信业高质量发展；五加大支持中小企业发展；六坚定落实改革开放举措；七做好常态化疫情防控保障支撑；八是科学制定工业和信息化领域“十四五”规划。■

第四届全国信息技术标准化技术委员会第一次全体委员会议召开

2020 年 12 月 25 日，第四届全国信息技术标准化技术委员会（以下简称“信标委”）第一次全体委员会议在京召开。第四届信标委主任委员、工业和信息化部王志军副部长参加会议。

王志军主任委员对加强信息技术标准工作提出五点要求：一是要明确发展方向，聚焦重点领域。紧扣技术和产业发展趋势，聚焦重点领域，提前布局、加快行动，将标准融入到技术研发、产业发展和应用迭代等各项工作中。二是要强化顶层设计，健全标准体系。围绕制造强国、网络

强国、质量强国和数字中国等国家战略，深入研究新一代信息技术的发展演进规律，紧密结合新技术层出不穷、新产品形态丰富、新业态推陈出新和新基建加速推进的特征和需求，加快构建信息技术产业高质量发展的新型标准体系。三是要注重融合发展，提升标准供给质量。把握新一代信息技术与制造业深度融合发展的机遇，探索建立跨行业的标准化联合工作机制，加快制定工业软件、工业大数据、车联网等领域的一批融合发展重点急需标准。四是丰富应用手段，推动标准有效实施。加快建设信息技术标准化基础设施，为标准应用

推广提供技术支撑和公共服务保障。五是要贡献中国方案，深度参与国际标准化活动。加强国际标准化理论和规则研究，做好国际标准化发展态势的跟踪研究，积极参与国际标准化组织的治理活动，为国际标准化工作做出新的、更多的贡献。

第四届信标委委员、副秘书长、观察员、联络员，以及下设的分技术委员会、工作组等 32 名代表现场参加会议，85 名代表线上参加会议。■

2020 绿色计算产业峰会聚焦计算产业发展新趋势

由绿色计算产业联盟(GCC)主办的“2020 绿色计算产业峰会”日前在北京召开。大会以“凝心聚力，共赢绿色计算新时代”为主题，聚焦计算产业发展趋势、多元异构计算架构的标准化、产业链协同等议题展开深入研讨。中国科学院院士梅宏、工信部电子信息司副司长任爱光出席峰会并致辞。

梅宏院士在致辞中回顾了联盟在绿色计算标准研制、测评认证、人才培养、产业应用等方面所做工作和取得的成果，并对联盟后续工作提出了三点要求：一坚持开源开放，完善绿色计算技术和产业生态；二加大应用推广力度，扩大价值行业示范效应；三加强产学研融合，

共建技术创新和人才培养体系。

任爱光副司长指出，计算力就是生产力，先进计算已成为经济的发展基石、智能社会的发展引擎，正推动计算理论、架构变革，绿色计算要顺应技术发展趋势，加快构建产业生态。任爱光在讲话中对绿色计算产业发展提出三点建议：一要加强创新动力，二要加大合作力度，三深化开放，促进绿色计算产业做大做强。

峰会按照“1+3+1”模式设置，即1个主论坛、3场分论坛（绿色计算基础软件分论坛、绿色计算开放硬件分论坛、绿色计算行业应用分论坛）、1个绿色计算成果展览。会议

期间发布了9份绿色计算标准成果，来自华为、Ampere、飞腾、安谋（中国）、麒麟软件、宝德、浩瀚深度、长亮科技及志凌海纳等与会厂商专家从基础架构、硬件端、软件端、应用端等不同层面分享绿色计算进展情况。峰会得到了行业专家、科研院校和企业的积极响应，深化了联盟在行业中的影响力，取得预期效果。

电子标准院、华为、飞腾、安谋（中国）、Ampere等联盟成员及来自国内外主要计算产业企业代表700余人参加会议。■

中国操作系统产业峰会召开 正式成立 openEuler 社区理事会

由中国电子技术标准化研究院、中国软件行业协会、绿色计算产业联盟主办，华为、飞腾、麒麟软件、统信软件、普华基础软件、麒麟信安、中科院软件所及拓林思协办的操作系统产业峰会日前在北京举行。

中国科学院院士、中国计算机学会理事长、绿色计算产业联盟理事长梅宏认为，在软件定义一切的时代，泛在操作系统的概念将引领下一次操作系统的跨越式发展，面对巨大创新空间，需要加强“产学研用”协同创新，并对我国操作系统的未来发展，提出了如下认识

和期望：产业发展，生态先行；应用导向，试点先行；创新模式，开源先行；支撑研发，人才先行；产权保护，“严”字先行。力争形成生态聚合效应，共同谱写软件发展新篇章。

华为公司副总裁、华为计算产品线总裁邓泰华，openEuler社区理事长、华为鲲鹏计算业务副总裁江大勇，麒麟软件执行总裁韩乃平等专家发表了主题演讲。会上，openEuler社区理事会正式宣布成立、发布了开源软件供应链点亮计划，并启动“智能基座”openEuler操作系统合作等

产业活动，协同全产业链，推动操作系统产业生态繁荣发展。麒麟、统信、麒麟信安、普华四大分论坛同期举办，探讨操作系统的价值应用与未来发展方向。

大会旨在从产业政策、技术创新、商业验证、生态共建、开源共享等多个方面，共同探讨操作系统产业生态发展的新进展、新趋势、新模式和新生态。作为操作系统领域的年度盛会，此次峰会汇聚产业界各方力量，为操作系统产业发展指明方向。■

加速数据中心基础架构之标准化及开放共建 从服务器走向边缘计算和物联网

为加速配合新基建基础设施布局和落地，推进以数据中心、智能计算中心为代表的算力基础设施建设技术协同及达到“开箱即用”实际产业化价值，2020年9月9~10日，绿色计算产业联盟（OpenGCC）召开年度国际深度技术交流及培训会议。

受全球疫情影响，2020年会议改为线上形式。本次会议由联盟CTO郭晶（Jill）女士召集及主持，坚持开放、中立、国际化原则，连线Arm全球来自美国、印度、中国大陆及中国台湾地区的技术专家。内容主题也由围绕服务器领域为主的芯片、操作系统、核心部件及通用软件平台的标准化设计及认证，延伸至高性能计算、边缘计算、AI智能计算等多场景的能力及产业实用结合，在高性能计算研究领域卓有成效的上海交大技术专家也受邀上线讲解。

受限于云端会议的时间，会后郭晶女士又分别与各位技术专家进行一对一专题精华问答，以帮助产业伙伴对内容的深度理解及落实到产研结合中。以下为精华问答。

关于 ServerReady 认证（以下简称“SR”认证）

Jill (GCC) :

对芯片设计伙伴而言，ServerReady 认证的价值几何？

Paul (Arm) :

简单而言，Silicon 合作伙伴采用 Arm 标准方法可加速其 Arm-based 的硬件芯片与固件产品支持行业标准适配现成的操作系统。例如 CentOS、Redhat、Ubuntu、Windows、VMware。

SR 认证已经获得全球众多产业合作伙伴的认可及达标，包括云厂商、OEM 设备厂商、操作系统厂商、固件厂商的支持。加入 Arm SR 认证计划帮助 Silicon 合作伙伴更简单地去对接整个服务器基础架构的核心价值链，与各层级生态伙伴共同规范，加速产品开发时间，节省沟通适配成本。

接下来，更多其他 Arm 架构的边缘计算项目，例如 Project Cassini，也都是要基于 Arm 基础架构的标准认证平台去发展对应的云端软件与安全标准。

Jill (GCC) :

对 OEM/ODM 系统厂商而言，SR 认证的价值是什么？

Paul (Arm) :

除了以上提到的特点外，OEM/ODM 采用 Arm 架构处理器的很大理由，除了 Arm 处理器本身优异的性能外，更多的考虑在于 Arm 丰富的软硬件生态链。OEM 可有很多芯片商 Silicon 合作伙伴的产品可选择，一切也都是基于兼容的指令集与相同的软件生态支持。在没有 Arm 基础架构标准认证计划前，碎片化问题一直是很多系统集成商使用 Arm 服务器的痛点。所以，对 OEM/ODM 来说，SR 认证可帮他们支持标准及适配现成的操作系统并解决生态碎片化问题。

Jill (GCC) :

对于还没有接触 SR 认证测试的厂商，有什么好的建议？

Paul (Arm) :

可先从使用 ACS (Architecture Compliance Suite，一套开源测试工具，用来对 SBSA 和 SBBR 两个标准的符合性验证) 测试开始，去了解相关 SBSA/SBBR 规范。在认证上如有兴趣的合作伙伴可以联系 Arm，在中国也可以通过 OpenGCC 联盟的协同和帮助来加入 SR 认证计划。

关于 Architecture Compliance Suite (ACS) 测试工具

Jill (GCC) :

我们应该如何加入 ACS 开源开发社区？对初学者有什么建议？

Paul (Arm) :

ACS 一直采用 Apache-2.0 许可证的开源软件开发实践。所有代码都托管在 Arm 软件下的 Github 中。我们欢迎任何对 ACS 开发感兴趣的合作伙伴加入我们的 Arm 企业 ACS 团队，并使用 Git 机制提供问题反馈甚至补丁请求。

Jill (GCC) :

如果我们在测试中遇到 bug，我们应该如何报告问题？

Paul (Arm) :

对于与硬件和软件实现无关的纯测试代码问题，可以在 Github 存储库 (armenterpriseacs) 中打开该问题。但是，如果您担心隐私 / 机密性而无法公开，您可以联系您的 Arm 支持渠道或 Arm 系统就绪支持团队。

标准化动向

Jill (GCC) :

在哪里可以获取到用户指南、SBSA 和 SBBR 规范等所有文档？

Paul (Arm) :

Arm 已将测试环境搭建和执行说明以及构建过程、用户指南、测试检查表、ACS 测试架构手册等文档放置在 ACS 测试库（Arm enterprise ACS）中，您还可以访问服务器系统 -Arm 开发人员，了解认证程序，并下载相应的规范。

SBSA 精华 highlight

Jill (GCC) :

SBSA 要求的重点是检查硬件的最低功能？

Edhay (Arm):

启动操作系统，开箱即用。

Jill (GCC) :

在哪里可以查看最新版本的 ACS 版本？

Edhay (Arm):

在 Arm 企业 ACS Github 存储库中，查找 readme.md 文件获取最新版本信息，可以获取到 image 文件。

Jill (GCC) :

允许合作伙伴根据其系统更改哪一层 SBSA 软件代码？

Edhay (Arm):

平台抽象层。

Jill (GCC) :

SBSA6.0 中的大多数新需求都集中在哪个特性上？

Edhay (Arm):

PCIe 规则。

SBBR 精华 highlight

Jill (GCC) :

SBBR 规则侧重于哪些要求？

Edhay (Arm):

固件。

Jill (GCC) :

组成 SBBR 的主要行业标准是什么？

Edhay (Arm):

UEFI、SMBIOS、ACPI 等。

Jill (GCC) :

SCT 测试关注哪些规范？

Edhay (Arm):

UEFI。

Jill (GCC) :

FWTS 测试关注哪些规范？

Edhay (Arm):

ACPI、UEFI、SMBIOS。

Jill (GCC) :

作为 SBBR ACS 的一部分，Arm 是否定制 SCT 和 FWTS？

Edhay (Arm):

Arm 定制。

有关在云原生操作系统、工作负载和基础设施网络中部署 ServerReady 的事项 highlight

Jill (GCC) :

请问在哪里能找到这些技术 on Arm 的手把手教学？

Tina (Arm):

建议关注 2020 年 10 月的会议，见链接：<https://devsummit.arm.com/agenda/?search=1178#/>。

会议主题：Cloud Native Developer Experience。

会议学习目标：通过此研讨会，与会者可以学习如何使用 KubeEdge / Istio / Envoy / Cilium 在基于 Arm 的基础架构上构建分布式云本机应用程序，并获得动手经验。

Jill (GCC) :

有点小遗憾，以上会议时间友好程度有一定打折，正好处于中国大陆长假期间，而且是深夜凌晨。争取今后在大中华区适时组织有关会议。

会议时间：2020年10月7日，上午9:30-11:00

技术水平：初学者、中级

受众：软件开发人员

关键词：安全性、CI / CD、跨平台开发、Cloud Native、Linux、网络、开源

云原生网络和服务网格：KubeEdge / Istio / Envoy / Cilium

已被广泛用于现代Cloud Native开发中，在本次研讨会中，我们从高度地理分布的云原生应用程序的一个实际使用案例开始，该案例是一个高速公路ETC（电子收费系统）。

Jill (GCC) :

用于性能测试的工作负载有哪些？

Tina (Arm) :

SpecCPU17, SpecJBB15, Nginx, MySQL, Memcached, Video codecs, MLPerf, Deepbench (but phasing it out), Tomcat.

关于上海交大设计推出的基于高性能计算HPC的性能测试模型STAR Model的进展

Jill (GCC) :

STAR Model的正式程序是否开源，会在什么时候正式发布？

Key (SJTU) :

STAR Model的正式程序待正式发布后会开源供公众免费使用。由于涉及的平台和学科众多，且2020年受疫情和中美关系影响，开发进度受到影响。目前代码已经恢复正常开发，并已经为多个平台进行适配，于2020年底正式发布，同时也欢迎各个芯片和服务器厂商积极送测，协助我们不断完善STAR模型。

Jill (GCC) :

在实际的计算业务中，请举几个应用STAR模型的典型场景？

Key (SJTU) :

首先需要强调，STAR模型最重要的应用并不是通过评分来给受测集群进行性能排序，而是通过测试手段提供统一标准下的性能评价，便于查找性能瓶颈、分析性能问题，以及帮助用户寻找性能参照。举几个例子说明，例如，某综合性超算中心的计算平台，在建设完成后，可以使用STAR-dev模型，评测在不同扩展规模下的STAR分数，使得建设早期就可以知道随着扩展性增加平台是否会存在潜在的性能瓶颈。

又例如，某公司开发了一款用于流体力学模拟的应用，但发现性能低下，此时，可以采用STAR-app进行代码评分，与受测设备的STAR-dev模型对比，看是否充分发挥了计算设备的各项能力，也可以将STAR-app分数与公开榜单中相似计算类型的应用对比，看自己开发的应用是否在代码层面存在性能瓶颈。

再例如，某大学希望新建超算集群，不知道应该如何搭配节点数量、内存大小和处理器选型，此时便可以根据校内的计算需求类型，参照已经公开的各个集群的STAR分数，以获取多角度的性能指标参考。

标准化动向**■ 关于在数据中心 / 智能网卡中运用人工智能的加速及推断****Jill (GCC) :**

Arm 的 NPU 有什么特点？

Alex (Arm) :

计算的高效性，配置和使用的灵活性。

Jill (GCC) :

智能网卡 Smart NIC 上采用 AI 会有什么好处？

Alex (Arm) :

可在网络管理和资源优化方面引入人工智能的技术，同时以更低成本、更低延时的方式解决海量的日上升的人工智能推理需求。

■ ServerReady 标准化工作将走向边缘计算和物联网**Jill (GCC) :**

在刚才的演讲里提到了边缘和物联网标准的重要性，请问标准化带来的最大益处在哪里？这些边缘和 IoT 标准什么时候发布？我们如何参与标准的制定？

Dong (Arm) :

最大的益处是把硬件和固件的基本需求统一后方便多种操作系统或虚拟环境可以不经移植直接安装使用，省时省力，更快把产品投放市场，并把精力花在对客户直接有益的应用层的优化和差异化。

这些标准在 2020 年 10 月的 DevSummit 发布，希望大家踊跃参加。

标准的制定目前仍然在 ServerAC 中进行，OpenGCC 已由 CTO 郭晶代表签署 NDA 并在 2019 年底成为 ServerAC 会员，中国区的会员也可通过 OpenGCC 来参与。

Jill (GCC) :

服务器上我们对标准有 SR 认证，那么在边缘和 IoT 的标准我们会有类似认证吗？对你之前提到的 Raspberry Pi 的工作，它也会以某种方式认证吗？

Dong (Arm) :

Arm 正与合作伙伴一起讨论边缘及 IoT 的认证方式。在 2019 年 10 月国内海南峰会期间 OpenGCC 的 CTO 郭晶提出过 EdgeReady 对我们深有启发。大家关注 2020 年 10 月 Arm DevSummit 大会。

我们期待接下来 Arm 就边缘和物联网的标准化认证的详细发布，以及与我们在大中华区域的产业合作落地加速！

专家视点

开放合作 协同创新 共同谱写中国操作系统发展的新篇章

文/中国科学院院士 梅宏

信息技术发展正在进入人机物融合泛在计算的新时代，软件定义世界、万物均需互联、一切皆可编程将是这个时代的基本特征。就我国而言，建设数字中国、发展数字经济已成为社会经济发展的主旋律，数字化转型、网络化重构、智能化提升正在推进和引领各行各业的深度信息化。新时代带来新需求和新挑战，操作系统技术和产业既迎来了发展的新机遇，又面临着创新的系列新挑战。在这样的背景下，希望能够汇聚产业界各方力量，共同探讨操作系统技术和产业发展的新趋势、新模式和新生态。

回顾操作系统过去近 70 年的历史，存在主辅两条发展轨道，主线是面向单机的操作系统的发展，其主要目的是面向计算机硬件的发展，提供更好、更高效的硬件资源管理能力，同时面向新的应用需求和用户需求，沉淀应用领域共性，提供更便利易用的人机交互。随着网络技术的发展，计算机不再是孤立的计算单元，而是要经常通过网络与其他计算机进行通信和协作。为此，在单机操作系统发展主线之外，对网络和基于网络的并行、分布计算提供更好的支持就成为操作系统发展的一条重要辅线，中间件、网络操作

系统等概念也就围绕这条线索诞生。然而，无论是哪条发展轨道，其共同之目标都是提供一个“向下管理好各种各类资源，向上支撑好各行各业应用”的系统软件平台，而且我们还看到，两条发展轨道一直存在相互借鉴、相互交迭的合一趋势，操作系统概念也一直在扩展和泛化中，出现了互联网操作系统（Internet Operating System）、云计算操作系统（Cloud Operating System）、机器人操作系统（Robot Operating System）、物联网操作系统、基于浏览器 Web OS、智慧城市操作系统（Urban OS）、家庭操作系统（Home OS）等新概念。

如果考察操作系统几十年来发展的重要事件及其时间节点，我们不难发现，操作系统的重大变迁似乎存在一个 20 年周期律，即每 20 年出现一次跨越式发展机遇，诞生新一代操作系统。从大型主机操作系统，到个人计算机操作系统，再到移动终端操作系统，各领风骚 20 年。计算机产业有一个“贝尔定律”，说的是计算设备约每 10 年完成一次升级换代，设备数和用户数均增加一个数量级（10 倍），催生新型应用，成为新的蓝海。这也进而推动了操作系统的升级换代和新型操作系统的诞生，进而形成新的操作



梅宏
中国科学院院士

操作系统专题

系统生态。当然，20年律并不是说原来的操作系统生态就此消亡，让位于新型操作系统，而是新旧生态并存，但新生态在数量规模上却是一到两个数量级的扩张。在这个发展过程中，也出现了一个有趣的现象：每代操作系统形成规模、占领市场后，尚无在原赛道上后发赶超的先例；原赛道霸主也很难在新型操作系统领域延续成功和辉煌；新的生态霸主均无一不想通过“农村包围城市”的路径“回攻”原有生态，如 Windows Server 已占据 70% 以上的服务器市场。

考察操作系统发展的现状和主要态势，在传统大型主机和超级计算机领域，依然是 Unix 及 Linux 一枝独秀，在桌面个人计算领域，Windows 形成垄断，在过去近二十年发展起来的智能终端设备上，基本上被 Android 和苹果两大生态瓜分。当前，人机物融合泛在计算的新时代正在开启，万物互联、软件定义无疑将带来新需求、新蓝海，当然，也会带来新挑战，是否又将可能催生一个新型操作系统生态发展的新 20 年？这是可以期待的态势，也是值得努力的方向！

从国家安全和产业安全的视角，追求核心关键技术领域的自主可控一直是我们努力的目标。操作系统和 CPU 是计算机系统的核心，也是产业生态的核心，更是信息时代安全的基石，无疑属于核心关键技术领域。“缺芯少魂”一直是我国信息技术和产业发展的心头之痛！过去十余年，国内不少企业在传统赛道上，以替代为目标，付出了不懈的努力，推出了系列自主可控的操作系统，应该说成就是巨大的。但是，囿于构建生态的困难，要进入良性发展依然面临巨大的挑战。我认为，在核心关键技术领域追求基于自主可控的替代是应该坚持的目标，也是必须要坚守的战场。另一方面，面对新时代的新蓝海，我们也需要抓住机遇，加快布局，把握和遵循操作系统技术发展的基本规律，围

绕人机物融合的泛在计算模式和环境，研究和开发新型操作系统技术及系统，构建新型操作系统生态，通过追求创新发展和卓越引领，建立自主可控的技术体系，避免在新一轮发展周期中出现面向“新蓝海”的“缺芯少魂”。

何为泛在计算？计算无处不在、无迹可寻！要支持人机物融合的泛在计算，我们将面临“云管边端物”乃至“人”的海量异构资源的管理需求，我们也将面临需求、形态多样的新型应用的共性凝练，还将面临应用需求变化频繁、应用场景动态多变的复杂环境，因此，我们需要新的、支持按需灵活定制的软件平台！要实现这样的软件平台，遵循“基础资源虚拟化”和“管理任务可编程”技术本质的软件定义方法就成为不二选择。基于这样的认知以及我们团队过去在面向互联网计算的网构软件和网构操作系统方面的研究和实践，2018 年，我提出了泛在操作系统 (Ubiquitous Operating Systems, UOS) 概念，认为，新一代泛在计算模式和场景需要新的、多样性的操作系统，面向不同的计算设备、不同的计算系统、不同的应用模式和场景，需要构建不同的 UOS；UOS 是传统操作系统概念的泛化与延伸，其形态呈现为面向单个计算节点的操作系统、运行在节点操作系统之上的网络层操作系统，或二者的结合；“软件定义”将是实现 UOS 的基本方法学和技术途径。当前，围绕 UOS 概念，我们已经针对工业物联网领域，在学术界开展了系列研究和实践工作，并取得了初步进展。加强和产业界的紧密合作，将是我们下一阶段的目标。我期待也欢迎产业界感兴趣的企业或工程师，加入并支持这项工作。

经过多年的努力和持续的演进，国内发展操作系统的环境氛围已经具备，依托国家信息技术创新的发展机遇，建立了稳定的用户群体，正

“

中国操作系统发展，需要加强“产学研用”协同创新，改变“小而散”的现状，营造协同攻关氛围，力争形成生态聚合效应。

”

在稳步实现市场的良性循环。然而，我们还是应该清醒地认识到，我国的操作系统领域无论从基础研究、技术研发、产品开发和应用、以及人才队伍等方面，距离国际先进水平依然存在较大差距。具体表现在基础研究投入不足，技术创新不足，高端人才供应不足，跟随式发展导致路径相对单一，竞争式发展导致缺乏统一标准。中国操作系统发展，需要加强“产学研用”协同创新，改变“小而散”的现状，营造协同攻关氛围，力争形成生态聚合效应。在当前形势下，对于我国操作系统领域的未来发展，分享以下认识和期望。

一、产业发展，生态先行。需要广泛汇聚芯片、整机、操作系统、行业应用和服务商共同参与，形成一个协同创新技术生态，一方面加快操作系统与不同芯片架构和应用软件的适配，另一方面通过全栈优化、架构整合、软硬件协同来提升整体竞争力。

二、应用导向，试点先行。新时代带来新应用，需要各个行业领域面向新场景、新需求给予操作系统技术创新和应用试点的空间，共同营造鼓励新思想、新概念，有利于创新并宽容“失败”的发展环境。

三、创新模式，开源先行。软件开源、硬件开放已成为不可逆的趋势，需要从传统的封闭开发模式转变为开源开发模式，聚集企业、高校和个人的力量，协同推进操作系统技术的迭代创新。当前，国内对开源的重视正达到前所未有的高度，以至于开源社区和平台建设开始出

现一定的无序竞争态势。我以为，这是违背开源“贡献为先”的基本精神的，长此以往，也势必带来资源的浪费。加快建设中国的开源生态，更好地支持本土开发者的特色需求，如中文交流、无时差、行业特定需求等，无疑是必要的，但是同时仍需秉承“开放、分享、合作、共建”的开源精神，坚持国际合作与开放，共同打造全球化的开源生态。2016年，我曾通过科学院学部给上级部门上过一个关于开源的咨询报告，这里我想再分享一下我对推动我国软件开源的认识，即“参与融入、蓄势引领”，鼓励企业“参与融入”国际成熟开源社区，争取话语权；汇聚国内软件资源和开源人才，打造自主开源生态，伺机实现引领发展。

四、支撑研发，人才先行。需要加强操作系统研发人才培养体系建设，做好教材和课程建设，打牢系统软件人才培养的基础；发挥国家科研项目和评价体系的引导作用，鼓励更多的高校科研选题聚焦系统软件；深化产教融合、校企合作，加快高校科研到企业产品化的成果转化。

五、产权保护，“严”字先行。我国软件产业还处于产业链的中低端的一个重要原因，是全社会对软件知识产权保护的认识和手段严重缺失。需加强软件知识产权保护的宣传，加强各个领域、各种形态、各种应用场景下的软件技术知识产权保护方法和措施研究以及法规制定，完善健全软件知识产权保护体系并建立严格的实施机制，切实保护软件技术和应用创新。

我们深知，建立一个完整的基础软件生态体系是一项艰巨性、长期性的任务，我国操作系统产业经过十几年探索，进步长足，但仍处起步阶段。目标是明确的，道路是崎岖的。希望我们戮力同心，开放合作，协同创新，尊重规律，尊重市场，在全球化的大背景下，共同谱写中国软件发展最难写、最壮丽的新篇章。■

专家视点

开源驱动协同创新 推动操作系统产业生态建设

文/中国工程院院士 倪光南



倪光南
中国科学院院士

处理器 + 操作系统，是计算机系统的核心，也是产业生态的核心，更是这个时代安全的基石，涉及每一个单位、每一个个体，甚至上升到国家层面。多样性计算、人工智能、大数据、云计算等新兴技术正在驱动下一代操作系统创新发展，新基建、数字经济进一步加大基础技术自主创新的研发投入，中国的操作系统产业迎来发展新机遇。

70年来，操作系统的产品形态和商业模式在不断演进，先后经历了大小型机时代的硬件附属阶段、PC时代的独立软件产品阶段、“互联网+”时代的“软件即服务”阶段，以及数字经济时代的“软件定义”阶段，泛在计算的普及导致操作系统无处不在，到处都在用。操作系统在很多地方都会有泛在存在，这是传统操作系统的泛化也是延伸，而本质就是软件定义。上层应用软件的共性功能不断沉淀融入到操作系统之中。操作系统的功能越来越丰富，逐步从“单个产品”的操作系统发展成为支撑“信息系统体系基石”的创新软件平台，呈现出明显的平台化演进特征，操作系统迎来巨大的创新机会。

早在2013年，习近平总书记就指出：“计算机操作系统等信息化核心技术和信息基础设施的重要性显而易见，我们在一些关键技术和设备上受制于人的问题必须及早解决”。近些年来，国产操作系统经过持续发展演进，实现了从“能用够用”向“适用好用”的发展，依托国家信息技术创新的发展机遇，建立了初步、稳定的用户群体，正在稳步实现市场良性循环。与此同时，我们也应看到，我国操作系统产业与美国等发达国家相比，依然存在较大差距，主要体现在四个方面。

一是国产化操作系统缺乏统一技术标准，聚合效应尚未形成。我们可以参考Android的例子，虽然许多手机厂商都对自己的安卓系统进行了深度定制，但由于Android的技术标准与接口是谷歌公司统一制定的，因此不会造成安卓生态的分裂，方便了开发者，也方便了用户，同时各家手机厂商也能做出足够的差异化来展开有序竞争。这里我们肯定Android在统一技术标准、接口和生态方面的成绩，但同时也反对通过制定统一标准进行市场垄断，形成一家独大，进而形成对市场的控制。市场需要良性生长，反对垄断的目的也在于更好的激

“

为了推动中国操作系统产业高质量发展，需要全产业链共同应对，增强开放、创新的能力，真正打通“政产学研用”，以开源为重要途径，共建产业生态。

”



活市场竞争，让生态可持续的发展，避免形成对市场的控制。

下面我们继续讨论操作系统的统一标准问题。国产操作系统厂家应当联合制定国产操作系统标准，统一的技术路线、技术架构标准与接口定义，确保接口的一致性与兼容性。各个操作系统厂家可以针对不同行业和场景构筑差异化竞争力。软件生态是国产操作系统推广应用的最大障碍。统一标准后，应用厂家只需要做一套应用软件，保证整个生态系统的健康发展。

二是国产操作系统基础研发投入不足，技术创新力不足，需要统一的开源根社区形成创新合力，从分散进攻变成凝聚力量攻关。我们知道，计算机操作系统开发是一项庞大而复杂的工程。例如微软 Windows 系统的研发投入 5 万工程师 200 亿美元。核心技术掌握和创新需要长期的、战略性投入。独行快，众行远，开放开源是软件技术创新的重要途径，充分利用开源、参与开源、支持开源发展操作系统，联合做大做强是当前最为可行之路。当前国产操作系统

都是基于国外上游开源社区做二次开发，例如 CentOS、Debian 等。我们需要构建中国的开源社区，并形成统一的根社区，避免根社区的分化及碎片化。同时，统一根社区需要开放治理。我们需要加大投入搭建可持续的开源合作平台，不断完善开源项目开放治理能力，不断提升面向开源贡献者的社区服务能力，广泛汇聚芯片厂家、整机硬件厂家、操作系统厂家、应用和服务商共同加入，形成百花齐放、协同创新的良好局面。

三是软件价值得不到合理彰显，特别是操作系统等基础软件。由于软件产品易于复制，虽然我国政府力推软件正版化，但一般市场上仍受盗版的影响，再加上外国跨国公司为了维护其市场垄断地位，往往怂恿盗版以扼杀中国国产软件。此外，中国过去长期在科技上落后于发达国家，导致人们还普遍存在着“重硬轻软”观念。凡此种种都使中国市场上软件价值不能得到合理的体现。据统计，我国信息产业营收中软、硬件比例为 29 : 71，而全球平均水平为 55 : 45。软件价值与市场价格的不匹配，无

操作系统专题

法长期可持续发展。需要建立健全软件造价评估机制，完善软件成本度量和软件成本测算方法等，可考虑首先在政府可控市场开展软件成本度量试点，加强知识产权保护，进一步打击网络盗版等行为，切实在全社会营造重视软件、发展软件的良好舆论和文化环境。

最后一点是人才瓶颈问题突出。传统产业转型和新兴产业发展对软件人才的需求激增，国内人才缺口持续拉大，高端复合型人才仍然严重不足。要大力培育操作系统软件人才。创新产教融合、校企合作，强化信息技术新工科建设，推动国产操作系统软件教育纳入高等教育课程。坚持开放合作发展，以顶尖人才和团队为重点，加快海外高层次人才包括外籍高层次人才的引进。

操作系统产业经过十几年探索，我们深知建立自主软件生态体系是一项长期性、战略性的任务，特别需要统一行动。为了推动中国操作系统产业高质量发展，需要全产业链共同应对，增强开放、创新的能力，真正打通“政产学研用”，以开源为重要途径，共建产业生态。

开源软件已成为软件业的主流，促进软件业开放创新，特别是在基础软件行业中，开源驱动了绝大多数的技术创新。从智能手机上搭载的应用，到浏览的每一个网站、平台，再到物联网时代万物之间的协同交互，可以说世界上 90% 以上的代码，背后都有开源的身影。开源促进创新发展、开源也是建立健康、可持续发展的软件生态的基础。openEuler 开源社区就是一个很好的例子。从 2019 年 12 月开源社区上线以来，社区发展非常活跃。麒麟、统信、普华、麒麟信安等多家国内的主流操作系统厂家都完成了基于 openEuler 的商业发行版本，国内 60 多家领先



IT 企业，例如中国移动、中国联通、中国银联、飞腾等，都加入了 openEuler 社区，积极贡献创新项目，全产业链打通，“共建、共享、共治”的局面已经初步形成。

从日前的操作系统产业峰会上了解到，华为、飞腾、麒麟软件、麒麟信安、普华软件、中国科学院软件研究所、统信软件与拓林思软件共同成立了 openEuler 社区理事会。理事会成员将制定社区发展战略，促进社区成员之间的沟通和深入协作，共同推动社区的生态和发展。这种共建、共治、共享的开放的商业模式，非常适合于中国，企业可以通过主动开源进行商业布局，积极跟进相关领域顶级开源项目，深度参与开源贡献，影响开源技术路线；通过开源与上下游企业形成共享代码、协同开发、成本分摊的战略联盟，能够充分发挥各个企业的竞争优势与核心能力，增强企业之间的资源互补，有效地扩大企业的业务范围，提高企业产品的市场占有率，从而增强企业竞争力，帮助企业更快地进入到市场的良性循环中，共建具有竞争力的产业生态。

以原始创新作为发展动力，以开源协作为发展途径，以产业价值作为发展目标，我们有信心抓住下一代信息技术发展的机遇，引领操作产业发展。■

技术探讨

仅用一年即成中国最具活力的开源社区 openEuler何以破局？

文/ 闫跃龙

建

行信用卡业务，无论是客户规模还是交易规模都堪称业界第一，最近该业务上演了一场“飞行中换引擎”的奇迹：其核心系统进行了重构，平滑切换到银行核心系统 + 鲲鹏 + 麒麟 OS（基于 openEuler），改造后性能提升 13%……这是来自 openEuler 社区的最新应用进展，回顾过去一年，openEuler 社区发展之速度令人吃惊，堪称是中国开源领域的里程碑。

初战告捷

openEuler 最早可以追溯到 2010 年开始研发的操作系统 Euler，2019 年 Euler 开源后改名为 openEuler，构建开源社区。由此，openEuler 的身份发生了巨大变化，其不仅仅是操作系统，而是一个极具活力的开源社区，它与操作系统建立紧密的联系，形成关联的正循环：社区的开源让操作系统不断进化、迭代，吸引更多企业和个人加入其中，进而让开源社区的活跃度不断增加……

在 openEuler 开源社区的愿景中这样写道：“通过社区合作，打造创新

平台，构建支持多处理器架构、统一开放的操作系统社区，推动软硬件生态繁荣。”

如何判定一个开源社区的成功程度？答案是两点：一个是看社区做出来的产品先进性和成熟度，这从 openEuler 开源社区的发展速度可见一斑。2019 华为全联接大会发布 openEuler 开源计划，12 月 31 日正式开放源代码；2020 年 3 月 27 日发布 20.03 LTS 版本，9 月 30 日 openEuler 20.09 创新版发布……最新的 openEuler 20.09 创新版有诸多新特性，如 StratoVirt、iSula、虚拟化特性增强、内核特性增强、编程语言和编译器、硬件和芯片使能、桌面支持、智能运维等。

另一个是看社区的活跃程度。鲲鹏计算业务副总裁、openEuler 开源社区理事会理事长负责人江大勇透露，一年之内 openEuler 已经快速成长为中国最具活力的开源社区，目前社区有超过 2000 个社区贡献者，其中参与代码贡献的就有超过 1500 个，有 2 万个 Pull Request，目前已经有 6 家操作系统厂商基于

openEuler 开发了自己的商业发行版，两个季度的时间在服务器领域就实现了 3 万套的发行版销售、3 万个社区版下载用户。

需要指出的是，Pull Request 的数量最能反映一个开源社区的活跃度，因为开源社区的代码更新和贡献都是靠 Pull Request 来驱动。横向对比一下就能知道 openEuler 社区的活跃程度，目前最火爆的 CNCF 社区，Pull Request 的数量是 6 万个，而 openEuler 社区仅用了不到一年的时间在 Pull Request 上就达到了开源社区老大的三分之一，增长速度可谓惊人！

这一点在 openEuler 20.09 创新版也有明显的体现，其由不同厂商、不同机构甚至个人协作完成，是纯社区化运作开发出来的大型 OS 系统。一个数字可以看出这一点：来自华为以外的贡献比例接近 40%，例如中科院软件所贡献了 RISC-V 新指令集架构支持，麒麟软件为社区共享了赏心悦目的桌面 UKUI 系统等。

这在我国开源操作系统历史上具有里

里程碑意义，意味着 openEuler 开源社区在短短一年内即初战告捷。

时势造英雄

openEuler 开源社区的诞生，以及快速壮大，是时势造英雄。具体来说，笔者认为是天时、地利、人和齐聚的结果。

所谓天时，是异构计算时代的大势所趋。伴随人工智能、5G、物联网等新技术的迅猛发展，算力的需求出现爆发式增长，同时摩尔定律的失效导致单靠 CPU 已经无法满足需求，这个时候算力的处理趋势也从传统通用 CPU 向 ARM、NPU、GPU 等一起的并行计算和分布式计算。多样性计算，不能单靠硬件来完成，而是需要软硬协同，尤其是作为软件核心的操作系统，更是在其中扮演重要角色。

openEuler 也诞生在云边端协同的大趋势下，尤其是伴随 5G 的商用，云手机、云游戏等应用如雨后春笋地迸发出来，在这些新的场景下，云边端协同的需求愈发强烈。据 openEuler 技术委员会委员熊伟博士透露，openEuler 有两个目标，首先是做一个服务器的发行版，让云和服务器都能用上；其次是构建一套完整的工具，使之能够从标准发行版剪裁、定制出适合不同场景的小 OS。因此，openEuler 从一开始就是为针对云边端协同场景打造而生。

所谓地利，是国内自主创新的大趋势。正如最近的中央经济工作会议就将科技创新作为工作重点，会议

提出 2021 年经济工作的八项重点工作，前两项分别聚焦强化国家战略科技力量与增强产业链供应链自主创新能力。操作系统是自主创新的核心领域。值得指出的是，开源是操作系统创新的关键手段，社区是开源的“根”，在自主创新的大背景下，显然这个“根”应该立足于本土。

所谓人和，是计算产业生态发展战略的构建，即聚焦围绕鲲鹏和昇腾构筑多样性算力，但是计算产业的本质是从处理器、主板、整机、基础软件和应用软件的全栈和全生态的融合发展。相较硬件，我国基础软件更加薄弱，这一计算产业发展战略，成为软件蓬勃发展的重要保证，而作为计算产业的根——操作系统，将借势“人和”快速发展。

所以，openEuler 的推出恰逢其时，它不仅仅是充分释放多样性算力潜能的全场景协同操作系统，更是我国开源变革的拐点。

开源社区建议方法论

当然，更令人感兴趣的是 openEuler 如何在此如此短的时间内构建起一个成熟的开源社区？经过调研，发现有以下几点非常关键：充分的开放性、架构的包容性、完善的机制化、清晰的商业性。

首先，openEuler 社区构建和运营上有着鲜明的态度，那就是开放。开源软件是华为计算生态战略的重要部分，华为计算始终坚持“硬件开放，软件开源，使能合作伙伴”的生态战

略，通过主导开源、贡献开源、使能商业合作伙伴三管齐下，支撑起具有持续创新能力的技术软件生态。正如江大勇所说，“openEuler 是个底座，在此之上用户需要根据自己的场景、市场、行业去增加差异化的内容，这样既能实现高效协作，也有差异化部分来够满足不同行业客户的需求，实现真正的创新。”

而且，openEuler 积累多年的技术悉数开放出来，对开发者进行赋能。比如在 20.03 版本，openEuler 开放了自动化、智能化性能调优引擎 A-Tune；在 20.09 版本，openEuler 发布了可持续集成的软件平台 Compass-CI，其能够帮助社区开发者更快的将开源软件引入 openEuler 社区，补充更多的测试用例，共同构建一个健康完善的开源软件生态。除此之外，在人才方面，各类线上线下活动都旨在培养开发者，比如与清华大学联合出版了技术图书《openEuler 操作系统》，还授权相关机构进行初级工程师试点培训、在学校里提供更多实践课程来培养 openEuler 开发者。

openEuler 社区的成长壮大，也离不开其架构的包容性。据了解，openEuler 是一款包容性很强的产品，其能够支持 ARM、x86、RISC-V 等多指令集架构，并针对不同架构进行定制优化，这使其能够应对更多复杂场面。

当然，openEuler 的社区运营机制也可圈可点。具体来说，其以 SIG 组作为基本的组织单元，SIG 组里的

工作流程、工作方式、技术演进方向，都在 SIG 组内进行讨论。在 SIG 组之上，是 TC（技术委员会），对 SIG 组起到辅导、促进、监督的职能。目前 openEuler 社区的治理遵循扁平化的原则，除了 SIG、TC，还有理事会、秘书处、安全委员会。理事会和秘书处主要负责社区的运营工作，技术委员会、安全委员会和 SIG 组主要负责技术层面的工作。正是这种共治的机制，激发起社区的活力。

值得注意的是，清晰的商业性也是 openEuler 社区的重要特点，其已经初步构建起全产业链价值共享模式。熊伟表示，期望 openEuler 社区能够成为行业内共同维护的一个底座式平台，大家都能在 openEuler 上获得商业利益，即使是竞合关系也能促进行业的持续发展。中国科学院软件研究所特聘研究员、博士生导师，副总工、智能软件研究中心主任武延军也将商业价值看做是操作系统能否成功的关键要素，他认为像 openEuler 这样的操作系统、开源社区，未来一定要出现像 RedHat 这样具备高商业价值的公司，能证明它在商业上可以取得广泛的成功。

后记：中国开源的里程碑

在软件领域，开源已经是大势所趋，因为仅靠单一或者少部分企业的力量无法适应这个时代，只有汇聚业界智慧的开源模式才是解决之道。回顾开源在全球的发展，从 20 世纪 90 年代以个人和大学为主的萌芽阶段到 Apache 基金会等非盈利组织主导，再到谷歌、IBM 等大型互联网和 IT 企



业为主的阶段，谷歌的安卓系统目前占据全球 80% 以上的智能手机 OS 市场份额，就是因为其开源的特点。

近些年，随着我国软件、互联网产业的高速发展，国内企业和个人对于开源的积极性不断提升，开源生态逐步完善。但是国内开源也有一些问题，其中之一就是国外更注重开源贡献，国内企业更多的是拿来主义，对开源版本使用的多、贡献的少。

最近，在 Linux 圈发生了一件大事：RedHat 宣布，CentOS 将在 2021 年底停止维护。武延军认为，这给大家敲响了一个警钟，并不是所有开源的东西都是可持续的，如果你不参与到社区当中，最后影响的人还是你自己。

形成鲜明对比的，是 openEuler 社区，这棵同样出自 Linux 的系统在短短的一年时间里就落地、生根、开花、结果，强劲生长。openEuler 已经成为 Linux 内核的重要贡献者，尤其体现在对 ARM 体系架构的支持上。在最新的 Linux Kernel 5.10 版本中，华为 patch 提交数量全球第一、代码修改行数全球第二。

更重要的，是 openEuler 社区正在

改变国内开源的现状，激励越来越多的企业和个人参与进来，为系统贡献自己的力量。就像上面提到的中科院软件所，一个机构就运营着 7 个 SIG，在 openEuler 技术委员会的相关社区活动、代码 review、社区 issue 处理等方面也做了很多工作。当国内企业和个人的热情和积极性被点燃，openEuler 注定将在操作系统领域带来变革，改变国产操作系统仅仅是换皮的固有认知。熊伟用盖房子来比喻操作系统的构建，国外的社区，厂商是从森林里采伐原木，加工设计、建造成一个操作系统的房子，而以前我们国内通常是把人家建好的房子整体拿过来，重新刷上油漆，打上自己的 logo，openEuler 的做法则是直接从森林里伐木头，自己设计、打磨、组装，从底到上完全是自己设计和构建的。

由此，openEuler 所干的事情，并不只是一个操作系统、一个中国人的开源社区，更是具有根技术和根社区的特点，是中国开源的变革者，是中国开源的里程碑。

所以，openEuler 社区在过去一年的蓬勃发展仅仅只是开始，更加美好的未来值得期待。■

技术探讨

openEuler 20.09创新版技术综述

1 概述

openEuler 是一个开源、免费的 Linux 发行版平台，将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。同时，openEuler 也是一个创新的平台，鼓励任何人在该平台上提出新想法、开拓新思路、实践新方案。

2 平台架构

2.1 系统框架

openEuler 操作系统面向对象主要是服务器，包括基础加速库、虚拟化、内核、驱动、编译器、OS 工具、OpenJDK 等组件。创新架构、全栈优化，打造全场景协同的 One OS，为多样性架构释放算力。openEuler

系统框架见图 1。

(1) 释放算力：Kernel：分域调度上升 15%，StratoVirt 轻量级虚拟机开销下降 80%，启动速度提高 10 倍，iSula 2.0 云原生容器空载资源消耗下降 68%，BiSheng JDK SpecJbb 上升 20%。

(2) 繁荣生态：Compass-CI 开源软件自动化测试平台：1000+ 开源软件自动化测试；A-Tune 智能调优工具：10 大类场景、20+ 款应用；UKUI 桌面——轻量级 Linux 桌面环境。

(3) 安全可信：IMA 完整性度量架构、防止恶意篡改、secGear 机密计算框架、多平台安全应用开发效率倍级提升。

2.2 平台框架

openEuler 社区与上下游生态建立连接，构建多

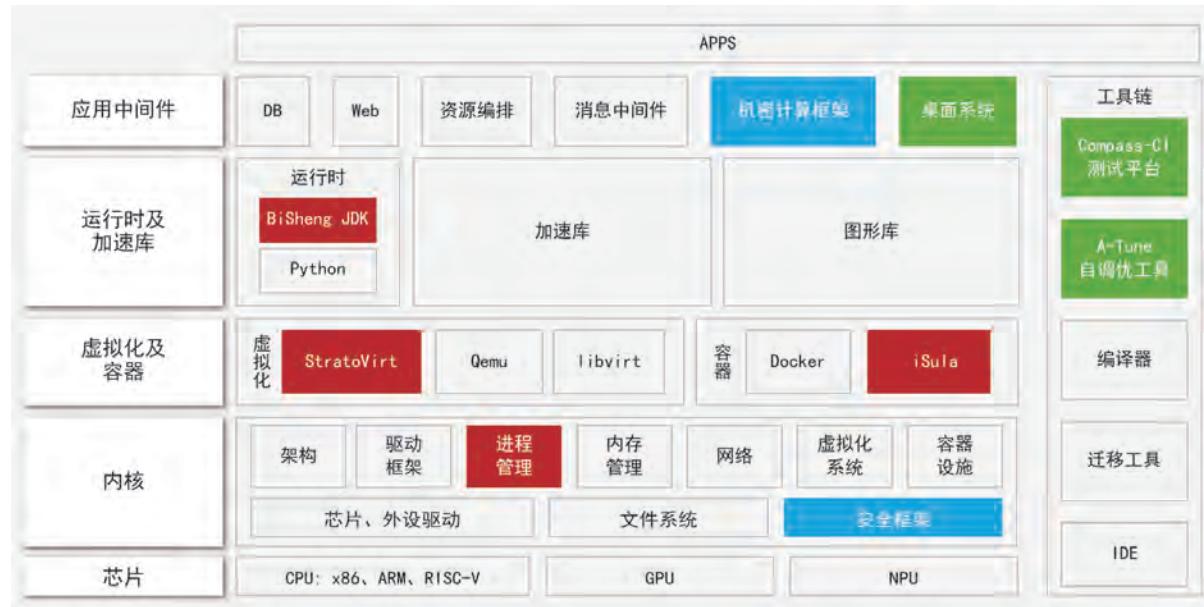


图 1 openEuler 20.09 系统框架

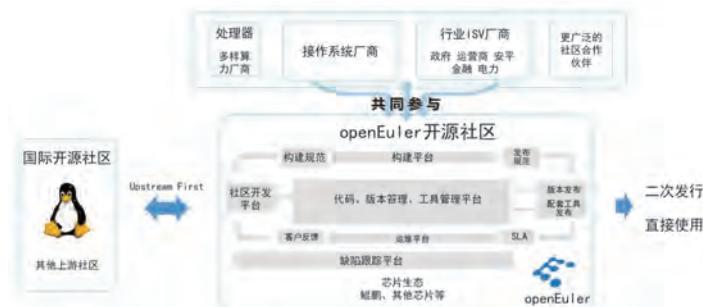


图 2 openEuler 社区平台框架

样性的社区合作伙伴，协作模式开发共同推进版本演进。
openEuler 社区平台框架见图 2。

3 运行环境

3.1 物理机

若需要在物理机环境中安装 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。

3.1.1 硬件兼容支持

openEuler 安装时，应注意硬件兼容性方面的问题，当前已支持的服务器类型如表 1 所示。

说明：(1) TaiShan 200 服务器基于华为鲲鹏 920 处理器；(2) 可以支持华为 TaiShan 服务器和 FusionServer Pro 机架服务器，后续将逐步支持更多款型服务器，OSV 和伙伴、客户也可自行适配扩大 openEuler 兼容性。

3.1.2 最小硬件要求（见表 2）

3.2 虚拟机

3.2.1 虚拟化平台兼容性

openEuler 安装时，应注意虚拟化平台兼容性的问题，
当前已支持的虚拟化平台为：openEuler 自有的虚拟化组

表 1 openEuler 支持的服务器类型

服务器形态	服务器名称	服务器型号
机架服务器	TaiShan 200	TaiShan 200
机架服务器	FusionServer Pro 机架服务器	FusionServer Pro 2288H V5 说明：服务器要求配置 Avago 3508 RAID 控制卡和启用 LOM-X722 网卡

表 2 支持 openEuler 的最小硬件要求

部件名称	最小硬件要求	说明
架构	AArch64x86_64	x86_64 支持 ARM 的 64 位架构。支持 Intel 的 x86 64 位架构
CPU	华为鲲鹏 920 系列处理器 Intel® Xeon® 处理器	
内存	不小于 4GB (为了获得更好的应用体验，建议不小于 8GB)	
硬盘	为了获得更好的应用体验，建议不小于 120GB	支持 IDE、SATA、SAS 等接口的硬盘

表 3 支持 openEuler 的最小虚拟空间要求

部件名称	最小硬件要求
架构	AArch64x86_64
CPU	2 个 CPU
内存	不小于 4GB (为了获得更好的应用体验，建议不小于 8GB)
硬盘	不小于 32GB (为了获得更好的应用体验，建议不小于 120GB)

件创建的虚拟化平台、华为公有云的 x86 虚拟化平台。

3.2.2 最小虚拟化空间要求（见表 3）

4 openEuler 20.09 版本新特性

4.1 多核加速

4.1.1 概述

多核加速主要针对众核场景，从调度、锁和减少 CPU 共享资源冲突等方面，来提升 CPU 多核的并行度，从而实现业务的加速。

4.1.2 背景

Linux 内核在支持众核 CPU 上，扩展性受到严峻挑战，在 40 核 + CPU 时，部分业务场景会出现性能雪崩。

服务器的 CPU 数和每 CPU 核数都在快速增加，中端服务器会达到 96 或者 128 核，高端服务器更会达到 256 核，甚至更多。现有 Linux 内核以及用户态应用如 MySQL，未能充分利用多核，扩展性受到制约。Linux 内核锁等关键机制不感知 NUMA，调度未充分利用众核。

4.1.3 功能描述

(1)NUMA Aware Qspinlock。自旋锁可以小到一个比特位：如“零”代表锁可用。获取锁的线程会通过一条“比较并交换”原子指令来尝试置位，如果锁当前不可用，则重复执行这条指令直到成功，自旋指的就是这个重复执行的过程。但是，这样的自旋锁是无序竞争的，不能保证先申请的进程先获得锁。排队自旋锁，按照要求锁的先后顺序，让最先要求锁的 CPU 在第一时间获得锁，后要求锁的 CPU 排队等候。从而增加了对公平性的支持，进程按照申请锁的顺序排队，先申请的进程优先获得锁。另外，自旋锁的性能也存在一个问题，因为自旋本身就有很大的开销：每一个尝试获取锁的操作都需要将包含锁的缓存行传输到执行操作的 CPU 上。锁竞争严重的情形下，这个缓存行会在自旋的

CPU 之间不断弹跳，导致性能严重下降。鉴于以上情况，Peter Zijlstra、Waiman Long 等引入了 MCS 版本的自旋锁 Qspinlock。通过为每个处理器创建一个变量副本，每个处理器在申请自旋锁的时候在自己的本地变量上自旋等待，避免缓存同步的开销，并且通过一些技巧将把 MCS 自旋放进 4 个字节，避免了结构体变大。

(2)Ktask。Ktask 是一个内核任务的并行处理通用框架，是将单线程处理的任务，分成多个任务，交给 Ktask 框架执行，Ktask 将任务并行到多个 CPU 同时执行，提升系统并行度而提升性能。

(3)MPAM 资源管控。MPAM 是 ARM64 架构 Cache QoS 以及内存带宽控制技术，能实现按进程，虚拟机以及 CPU 等粒度的 Cache 分配，内存带宽分配，因此实现关键进程的 Cache / 内存带宽得到保障，提升关键业务性能。鲲鹏 920 是 ARM64 业界第一个实现此功能的 CPU，openEuler 对此有了完整支持。

4.1.4 应用场景

(1)应用场景 1：NUMA Aware Qspinlock 针对 MySQL 等裸机业务，全局争抢同一个锁的场景，提升业务吞吐量。

(2)应用场景 2：Ktask 主要是针对内核的内存清零场景：KVM Guest 中 VFIO 内存页的清零操作，巨页的内存清零等。

(3)应用场景 3：MPAM 适合虚拟机以及关键业务的 Cache 以及内存带宽的隔离，针对关键虚拟机或者容器，划分固定的 Cache 和内存带宽，保证关键业务性能。

4.2 StratoVirt

4.2.1 概述

StratoVirt 是 openEuler 开源平台上实现的下一代虚拟化技术，Strato 意指大气层中的平流层，寓意为保护 openEuler 平台上业务平稳运行的轻薄保护层。目前 openEuler 平台已经使用的是 Qemu 虚拟化技术，Qemu 代码量庞大、CVE 安全漏洞频出，业界逐

步演进出以 rust 语言实现的 CrosVM、FireCracker 和 Rust-VMM 等架构。安全、轻量、高性能、低损耗的，组件灵活拆分，全场景（数据中心、终端、边缘设备）通用的虚拟化技术是未来的趋势。

4.2.2 功能描述

StratoVirt 功能主要支持轻量虚拟机和标准虚拟机两种模式：轻量虚拟机模式下，单虚机内存底噪小于 4 MB，启动时间小于 50 ms，且支持毫秒级时延的设备极速伸缩能力；标准虚拟机模式下，可支持完整的机器模型，启动标准内核，可以取代 Qemu 的作用，同时在代码规模和安全性上却有较大提升。

4.2.3 应用场景

StratoVirt 配合 iSula 容器引擎和 Kubernetes 编排引擎可形成完整的容器解决方案，支持 Serverless 负载高效运行。

4.2.4 StratoVirt 优势

(1) 强安全性：采用 Rust 语言，支持 Seccomp，实现多租隔离。

(2) 轻量低噪：采用极简设备模型时，启动时间 <50 ms，内存底噪 <4 M，支持 Serverless 负载。

(3) 软硬协同：StratoVirt 支持 x86 的 VT，鲲鹏支持 Kunpeng-V，实现多体系硬件加速。

(4) 极速伸缩：毫秒级设备扩缩能力，为轻量化负载提供灵活的资源伸缩能力。

(5) 高扩展性：设备模型可扩展，支持 PCI 等复杂设备规范，实现标准虚拟机。

(6) 异构增强：除支持常用的硬件 SR-IOV 直通方案，结合昇腾软件定义能力，实现更灵活异构算力分配分配。

4.3 iSula

4.3.1 概述

iSula 是 openEuler 开源平台上的容器技术项目，

包括了容器全栈生态中的多个软件。其中通用容器引擎 iSulad 是一种新的容器解决方案，提供统一的架构设计来满足 CT 和 IT 领域的不同需求。相比 Golang 编写的 Docker，iSulad 使用 C/C++ 实现，具有轻、灵、巧、快的特点，不受硬件规格和架构的限制，开销更小，可应用领域更为广泛。openEuler 20.09 相对 openEuler 20.03 LTS 版本有以下特性更新：(1) iSulad 的性能优化，并发启动和容器生命周期操作性能有了很大的提升。(2) 新增容器镜像构建工具 iSula-build，提供了静态构建、IMA 构建等能力。

4.3.2 性能提升

在 openEuler 20.09 版本中，相对于 openEuler 20.03 LTS 版本，iSulad 主要有以下优化：(1) 对源码架构进行了重构和调整，提高代码可维护性和可扩展性，对外接口保持不变，用户不感知。(2) 优化了容器并发启动性能，百容器并发启动平均耗时从 18 s 降低到 2.2 s(泰山 2288 服务器，iSulad 配置 overlay2 存储)。

iSula-build 容器镜像构建

openEuler 20.09 新增了容器镜像构建工具 iSula-build，它提供了安全、快速的容器镜像构建能力。iSula-build 与 iSulad、iSula-transform 等一系列组件一起，构成了 iSula 全栈解决方案，同时也为容器镜像构建提供了全新的选择。

4.3.3 重点特性

iSula-build 有如下特点：

(1) 完全兼容。Dockerfile 语法 iSula-build 完全兼容 Dockerfile 所有语法，支持多 Stage 构建，用户可以沿用 docker build 的使用习惯，不需要任何学习成本。

(2) 与 iSulad、Docker 快速集成 iSula-build 的镜像导出形式多样，可以直接导入到 iSulad 和 Docker 的本地 Storage。同时，还支持导出到远端仓库和本地 tar 包，与周边组件的集成快速、方便。

(3) 镜像管理。iSula-build 提供了本地镜像管理功能。除了 build 镜像之外，iSula-build 还提供了

import/save/load/tag /rm 等镜像管理功能，这使得其镜像构建的来源更加丰富，导出形式更加多样。

(4) 快速。相比 docker build，iSula-build 不会为每一条 Dockerfile 指令启动一个容器，只有 RUN 指令才会在容器中执行，而且 Commit 的粒度是 Stage 而不是每一行指令。所以在通常的容器镜像构建场景，构建速度会有大幅提高。

(5) 安全。支持 IMA(Integrity Measurement Architecture，完整性度量架构)。这是内核中的一个子系统，能够基于自定义策略对通过 execve()、mmap() 和 open() 系统调用访问的文件进行度量。通过 iSula-build 构建的镜像能够保留 IMA 文件扩展属性，配合操作系统一起保证构建出来的容器镜像在运行侧可执行文件和动态库的完整性度量。

(6) 静态构建。当构建镜像的输入，包括 Dockerfile 和命令行一致，并且指定构建时间戳，则在同一环境多次构建结果得到的容器镜像 ID 相同，在某些需要记录 Dockerfile 对应容器镜像 ID，或者需要固定镜像 ID 的场景下能发挥作用。

4.3.4 应用场景

iSula-build 目前的应用场景很明确，可以在通用场景无缝替换 docker build 构建容器镜像，同时提供了上述涉及的新特性。

4.4 Compass-CI

4.4.1 概念

Compass-CI 是一个可持续集成的软件平台。为开发者提供针对上游开源软件（来自 Github,Gitee,Gitlab 等托管平台）的测试服务、登录服务、故障辅助定界服务、基于历史数据的分析服务。通过 Compass-CI，社区开发者将开源软件快速引入 openEuler 社区，补充更多的测试用例，共同构建一个健康完善的开源软件生态。

4.4.2 背景

开源社区的软件质量保障一直是一个难题，不同的开源软件质量差别较大，同时当前社区测试系统一般以测试为主，较少考虑社区开发者与测试系统的协同能力。开源软件大多数基于个人 PC 开发及调试，缺乏强大易用的多元化测试集群环境。一般测试系统主要关注发现问题，缺乏为开发者提供软件调测、调优、定位、复现能力。openEuler 开放 Compass-CI 测试平台，为开源软件提供基于鲲鹏集群测试服务，一键式登录调试、自动 git bisect、测试结果分析，大大提升社区开发者的开发调试体验。

4.4.3 功能描述

(1) 测试服务 支持开发者基于本地设备开发，往 github 提交代码，Compass-CI 自动获取代码开展测试，并向开发者反馈测试结果。(2) 调测环境登录 Compass-CI 提供 SSH 登录能力，测试过程中如果遇到有问题，开发者可根据需要环境进行登录调试。(3) 测试结果比较 Compass-CI 记录历史测试结果，对外提供 web 及命令行接口，支持开发者针对已有的测试结果进行分析，挖掘影响测试结果的因素。(4) bug 辅助定界 Compass-CI 测试过程中自动识别错误信息，触发基于 git tree 的测试，找出引入问题模块的变化点。

4.4.4 应用场景

(1) 应用场景 1。聚合开发者测试用例：开发者往代码托管平台提交代码、测试用例、测试工具时，Compass-CI 自动获取提交的代码开展构建测试，同时获取开发者编写到开源软件包的用例自动化测试，并反馈测试结果。

(2) 应用场景 2。测试过程中，全面监控系统运行信息 (CPU/MEM/IO/ 网络等)，对测试过程数据快照归档，提供多次测试之间快照数据分析对比能力，协助开发者对测试结果开展分析，找出影响测试结果的因素。

(3) 应用场景 3。测试过程中，发现有 Bug 时，自动触发 Regression 机制，找出首次引入问题 Commit 信息。

(4) 应用场景 4。测试过程中，发现有 Bug 时，可随时提供调测资源服务，登录到环境进行复现、调试。Compass-CI 优点 Compass-CI 集开发调测、测试服务、测试结果分析、辅助定位为一体的综合平台，打造社区开发者极致开发体验。相比业绩其它持续集成软件相比，Compass-CI 平台具有如下特点：软件测试更简单、bug 调测更便捷、测试分析数据更全面。

4.4.5 下一步计划

(1) 优化 git bisect 精准率及效率；(2) 优化数据分析联动能力，让数据分析更加聚焦；(3) 数据可视化优化，更加友好展示数据比较结果；(4) 增强登录认证机制，如：GPG 认证；(5) 优化部署效率。

4.5 A-Tune

4.5.1 概述

A-Tune 是一款基于 openEuler 开发的，自动化、智能化性能调优引擎。它利用人工智能技术，对运行在操作系统上的业务建立精准模型，动态感知业务特征并推理出具体应用，根据业务负载情况动态调节给出最佳的参数配置组合，从而使业务运行于最佳系统性能状态下。

4.5.2 背景

系统调优是一个门槛高的系统性工程，强依赖工程师的技能和经验。一个简单的应用，除了自身代码外，支撑其运行的环境，如硬件平台、操作系统、数据库等都可能影响到应用的性能。如何在众多因素中找到性能瓶颈，需要工程师熟悉大量参数的含义、配置方法，以及业务场景，并不断积累经验，才能对系统进行快速精准调优。

4.5.3 功能描述

Tune 利用 AI 技术，通过对各种类型的业务进行数据采集，建立精准业务模型，并制定相应的调优策略。A-Tune 具有如下功能：(1) 在线静态调优 A-Tune 简化了系统调优，尽可能地屏蔽了硬件和操作系统底层细节，使用者无需感知底层细节，就可以实现快速调优。它利用 AI 技术，通过采集 52 个数据维度进行数据分析和机器学习，识别到具体的应用，快速匹配出多种配置组合，并从积累的优化模型库中找到最佳配置进行设置，满足多业务多场景下的性能调优。(2) 离线动态调优 A-Tune 在离线场景下，采用重要参数搜索算法筛选出影响该业务场景下的重要参数，通过贝叶斯优化算法对筛选出的重要参数空间进行迭代搜索，不断优化参数配置，直到算法最终收敛，获取到最优配置。对于配置项多，业务复杂的场景能够极大提升调优效率。

4.5.4 A-Tune 的特点

(1) 新增多 种调优算法支持：一种调优算法并不能适用所有的调优场景，因此新增多种调优算法：GP(Gaussian Process)、RF(Random Forest)、ET(Extremely Randomized Trees)、GBRT(Gradient BoostRegression Tree)、LHS(Latin Hypercube Sampling)、ABTEST，可供使用者适配多种调优场景。

(2) 支持增量调优：对于单次调优时间较长的系统，意外中断导致一次次重头开始调优是一样非常费时的事情，A-Tune 提供 Restart 的方式实现增量调优能力。

(3) 新一代负载分类模型：采用双层分类模型和特征工程方法自动选择重要维度并利用随机森林算法进行分类，识别粒度从业务大类识别增强到具体应用识别。

(4) 敏感参数识别与自动筛选：系统可调参数成百上千，过多的调优参数组合导致传统调优算法难以收敛，新增重要参数选择算法（基于模型精度的加权集成式重要参数选择算法），利用多轮增量式参数筛选裁剪参数空间加快调优算法收敛速度。

(5) 支持多种环境部署：支持虚拟机和物理机，支

持 x86 和 ARM64 架构。

(6) 支持引擎独立部署 :AI 计算会耗费大量的算力 , 与调优系统一起部署会占用系统本身的资源 , 新增 AI 引擎独立部署能力。

(7) 支持自动化模型训练 : 增加一键式自动化模型训练功能 , 满足用户自定义场景下应用负载模型训练自动化。

4.6 IMA

4.6.1 概述

内核完整性度量架构 , 全称 Integrity Measurement Architecture , 是内核中提供的一个强制访问控制 (MAC) 子系统 , 自 2.6 版本引入。IMA 能够基于用户自定义的策略对通过特定系统调用 (例如 execve 、 mmap) 访问的文件进行度量 , 度量结果可被用于两个目的 : (1) 度量 (measure) , 检测对系统的意外或恶意修改 , 支持本地或远程证明 ; (2) 评估 (appraise) , 度量文件并与预先存储的参考值比较 , 以保护本地文件完整性。IMA 作为可信计算在 openEuler 中的实现之一 , 连接了信任链中的可信操作系统和可信应用。需要注意的是 , IMA 和常见的软件签名技术的区别在于 , 对软件签名只能保证软件在安装时是完整的 , 无法保证安装后软件不被篡改 , 而 IMA 在每次程序被访问之前都对其进行完整性校验 , 保证了程序直到运行前一刻都是完整且来源可信的。

4.6.2 背景

可信 , 根据可信计算工作组 TCG 的定义 , 是指对于一个特定的目标 , 实体的行为总是与预期的相符 , 则针对这个目标 , 该实体就是可信的。一个可信计算系统由信任根、可信硬件平台、可信操作系统和可信应用组成 , 它的基本思想是首先创建一个安全信任根 (TCB) , 然后建立从硬件平台、操作系统到应用的信任链 , 在这条信任链上从根开始 , 前一级认证后一级 , 实现信任的逐级扩展 , 从而实现一个安全可信的计算环境。

传统安全机制类似 “ 头痛医头 , 脚痛医脚 ” , 发现一个漏洞修复一个漏洞 , 无论防火墙、入侵检测还是杀毒软件 , 都属于黑名单机制 , 存在一定的滞后性 , 因为始终存在未被发现的漏洞和病毒 , 无法彻底杜绝安全风险。可信计算采用的是白名单机制 , 即只允许经过认证的程序在系统上运行。在运行一个程序前 , 除了经过传统的操作系统权限判断 , 系统还要将其与一个可信的参考度量值对比 , 如果发现程序已经发生了更改 (或原本就是一个未知的程序) , 就拒绝对该程序的访问。

4.6.3 应用场景

(1) 构造可信的本地环境。在运行关键应用的现网环境下 , 本地文件完整性是系统安全的重要前提 , 如果程序被篡改 , 或者有未知程序被执行 , 都可能导致系统行为偏离预期 , 从而为现网带来安全风险。IMA 在开启 enforce 模式后 , 只允许内容及扩展属性和参考值相比完全一致的文件被访问。对于社区原生 IMA 而言 , 参考值是在现网环境的 fix 模式下生成的 , 对于 openEuler 提供的 IMA 摘要列表扩展而言 , 参考值被提前到构建阶段生成。但无论哪种方式 , 都采用的是 “ 在可信环境下生成参考值并签名 , 在现网环境下验签并校验 ” 的白名单机制 , 从而保证现网环境下执行的每个程序都是完整的。鉴于 IMA 是一种十分严格的校验机制 , 我们不推荐在开发环境中开启 IMA 评估 enforce 模式 , 这将使得构建出的程序无法直接运行 , 除非手动为其生成参考值并转移到可信的环境下签名 (这一过程十分繁琐) 。IMA 评估最适合的场景是仅运行官方发布的可信应用的现网环境。

(2) 远程证明 : 验证对端完整性。仅仅保证本地环境的完整性还不够 , 如果与本机进行通信的对端有文件被篡改 (例如生成通信密钥的程序) , 就可能导致错误通过合法的通信接口不断向外扩散。如果在与对端通信之前 , 能够通过一种技术证明对端环境也是完整可信的 , 再建立与对端的会话 , 就能最大限度避免不可信要素在网络中的传播。远程证明就是这样一种技术 , 它能在测试者和被测试者隔开的情况下 , 通过一些证明手段 , 使测试者可以确定被测试者是可信的。和其他可信计算技术一样 , 远程证明依赖

于系统的 TPM 芯片，TPM 的 PCR 寄存器扩展具有单向性，这一点保证了对系统的度量值无法被篡改，从而可以对外提供证明。IMA 在应用层提供了对远程证明的支持，使得可信计算的信任链能够扩展到应用层，如果测试者能够获取到真实的度量日志，即可验证被测试平台加载的文件是否可信。

4.6.4 IMA 的优势

(1) 纵向对比。IMA 是 openEuler 在 20.09 版本引入到内核的新特性，20.03 LTS 及之前版本均不提供对 IMA 以及可信计算的支持。IMA 的引入从无到有地填补了 openEuler 在可信计算领域的空缺，提供了在应用层保护文件完整性的能力。20.09 版本不仅使能了 4.19 版本内核原生的 IMA 特性，同时也提供了一种更安全、更便捷的新方案——IMA 摘要列表扩展供用户选择，新方案在保证安全性的同时，显著提升了度量的效率，方便了用户的使用。

(2) 横向对比。社区原生 IMA 相比内核社区原生 IMA 机制，openEuler 内核提供的 IMA 摘要列表扩展从安全性、性能、易用性三个方面进行了改良，助力完整性保护机制在生产环境下落地。a. 具备完整的信任链。安全性好 原生 IMA 机制要求在现网环境下预先生成并标记文件扩展属性，访问文件时将文件扩展属性作为参考值，信任链不完整。IMA 摘要列表扩展将文件参考摘要值保存在内核空间中，构建阶段通过摘要列表的形式携带在发布的 rpm 包中，安装 rpm 包的同时导入摘要列表并执行验签，确保了参考值来自于软件发行商，实现了完整的信任链。b. 惊艳的性能。由于 TPM 芯片是一种低速芯片，因此 PCR 扩展操作成为了 IMA 度量场景的性能瓶颈。摘要列表扩展在确保安全性的前提下，减少了不必要的 PCR 扩展操作，相比原生 IMA 启动时间减少约 65%。IMA 评估场景下，摘要列表扩展将签名验证统一移动到启动阶段进行，避免每次访问文件时都执行验签，相比原生 IMA 评估场景提升运行阶段文件访问的性能约 20%。c. 快速部署，平滑升级 原生 IMA 机制在初次部署或每次更新软件包时，都

需要切换到 fix 模式手动标记文件扩展属性后再重启进入 enforce 模式，才能正常访问安装的程序。摘要列表扩展可实现安装完成后开箱即用，且允许直接在 enforce 模式下安装或升级 rpm 包，无需重启和手动标记即可使用，实现了用户感知最小化，适合现网环境下的快速部署和平滑升级。需要注意的是，IMA 摘要列表扩展将原生 IMA 的验签过程提前到启动阶段进行，也引入了一个假设，即内核空间的内存无法被篡改，这就使得 IMA 也依赖于其他安全机制（内核模块安全启动和内存动态度量）以保护内核内存的完整性。但无论社区原生 IMA 机制还是 IMA 摘要列表扩展，都只是可信计算信任链中的一环，无法孤立地保证系统的安全性，安全自始至终都是一个构建纵深防御的系统工程。

4.6.4 其他 LSM 模块

SELinux/Apparmor/Smack/Tomoyo 和 IMA 一样都是 Linux 内核提供的强制访问控制 (MAC) 机制，从实现角度看，它们有很多共通之处，比如它们都利用了内核的 LSM 钩子，在文件被访问或进程尝试某种行为时触发校验，以便控制进程的行为和对文件的访问，校验的规则都可由用户自行定义，不同之处只是它们关注和保护的维度不一样。但总的来说，IMA 之外的主流 LSM 模块都在试图对系统中进程的行为做不同粒度的控制，例如 SELinux 能够通过配置精确的规则来控制程序对不同文件的访问，而 IMA 控制的着眼点只在于文件本身而非文件的行为，如果文件是不完整的，那么对文件的访问就会天然地存在风险，应被拒绝或记录在度量日志中，就这个维度而言，IMA 的控制点更小，更精确地集中在文件完整性维度。除此之外，IMA 将可信基建立在 TPM 芯片之上，TPM 记录的单向性使得度量结果无法被篡改，从而能够支持远程证明这样的特殊场景。

4.7 secGear

4.7.1 概述

在云上或数据中心中，为了保护敏感数据的安全性，通过一个安全隔离区来保护使用中的数据称为机密计算技术。硬件会提供一个可信的隔离执行环境供软件使用，让处理敏感数据的软件运行在可信执行环境中，实际上就是一个 Enclave 执行环境，而在普通环境里是无法访问到 Enclave 环境里的内存及相关代码内容。Intel x86 处理器提供 SGX(Software Guard Extension) 特性，划分一部分主存给 Enclave，对 Enclave 内存进行加密，CPU 加载内存的时候进行解密，外部攻击者无法访问到明文数据。

ARM 处理器提供 TrustZone 特性，在内存控制器上实现访问控制，划分给安全区的内存和设备普通模式下 CPU 无法访问，外部攻击者除非攻破安全区软件，否则无法访问到安全区里的内容。

4.7.2 背景

secGear 是基于硬件 Enclave 技术为开发者的一个应用开发框架，开发者基于 secGear 框架做应用开发可以简化编写安全应用的复杂度，提升开发效率。

4.7.3 功能描述

提供 API 支持应用对 Enclave 的生命周期的管理和对 Enclave 安全函数的调用；为安全侧应用开发提供类 Posix 接口，实现非安全侧一致的编程体验；提供 Enclave 状态数据加密和持久化的支持，以及 Enclave 本地和远程证明的支持；提供必要的代码辅助生成工具及 Enclave 二进制签名工具；提供 C 编程语言支持；支持 Intel SGX 和 ARM Trustzone。

4.7.4 应用场景

(1) 应用场景 1：多方计算。多个组织或实体想利用多方所拥有的数据做运算而互相不泄露各自的数据给其他方。比如有三个公司，每个公司有各自的数

据，而且每个公司的数据只能自己公司可以访问，有一种情景，三家公司的数据进行合，并通过 AI 训练进行运算，如何避免数据的泄露呢？这三家公司分别通过 Enclave 技术，将数据通过加密的通道传输给对方的 Enclave，通过远程证明的方式保证 Enclave 执行环境及运行的代码可信，这种情况就做到了各家公司共享数据做计算而不泄露各自的数据。secGear 可以提供开发框架供开发者开发基于 Enclave 技术的多方计算安全应用。

(2) 应用场景 2：密钥管理服务。目前公有云的密钥管理服务，一般会基于硬件 HSM 来实现密钥的安全管理。这些服务可以基于 secGear 开发框架来开发基于 Enclave 技术的安全模块替代硬件加密模块，实现对密钥的保护。

(3) 应用场景 3：安全数据库。在某些应用场景下，为了保护数据库里的内容，数据库所有者只希望应用能通过 SQL 访问返回的结果，对数据库访问的过程需要严格保护，这种情况下，可以基于 secGear 框架开发安全数据库应用，保障数据库的处理过程在可信的执行环境中运行，保证数据库的数据在处理过程中的安全。

4.7.5 secGear 的特征优势

支持多架构：支持 x86、ARM 等多体系架构，不同的体系架构下硬件 Enclave 的实现和编程接口是不一样的，通过 secGear 开发框架可以让用户做到代码归一。一套代码通过在不同体系结构的硬件平台上编译，可以在不同的体系架构硬件上运行。

5 社区治理

5.1 社区愿景

openEuler 社区的愿景是：通过社区合作，打造创新平台，构建支持多处理器架构、统一开放的操作系统社区，推动软硬件生态繁荣。社区沟通和交流 openEuler 包含许多项目，这些项目被组织成社

区团体。这些团体的沟通和交流渠道，包括邮件列表、IRC 频道等，可以在这些团队的 README 上找到。IRC 聊天室 Internet Relay Chat (IRC) 是一个网络实时聊天工具，主要用于组织成员通过频道的形式进行交流，但同时也支持一对一私有信息交流。在 IRC 上您可以和其他任何在线的人交流。虽然一个频道会有很多人，但这些人并不是随时都在系统前，因此如果您的信息没有人响应，请稍等一会以获得响应。

5.2 社区治理组织架构

社区治理组织架构包含五部分；见图 3。

理事会：负责决策 openEuler 社区发展方向、路线和策略。决策 openEuler 的预算、市场营销计划及其相应预算。宣传 openEuler 社区、技术项目。审视技术委员会、最终用户委员会、市场营销委员会的工作，给出指导意见。

秘书处：负责 openEuler 社区的运作、完善工作。制定社区运营规划；制定费用预算，获得社区创始人批准；执行社区创始人筹备社区的工作；openEuler 社区其他未明确分配到责任人的工作；

技术委员会：openEuler 技术委员会 (Technical Committee, 以下和 TC 互换使用) 是 openEuler 社

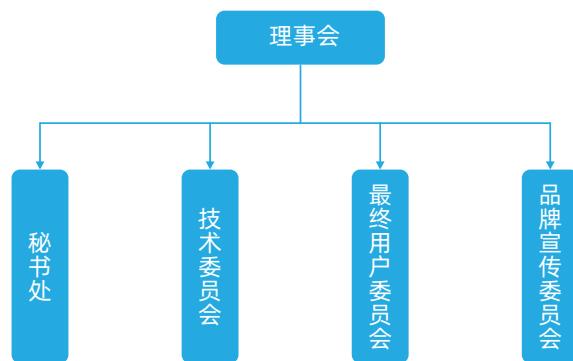


图 3 社区治理组织架构图

区的技术决策机构，负责社区技术决策和技术资源的协调。TC 委员(含主席)名额不得超过 9 名。主席及委员由理事会任命，任期一年。

最终用户委员会：最终用户委员会的主要职责是获取用户在使用 openEuler 操作系统时的需求，来指导技术工作。

品牌宣传委员会：随着 openEuler 社区的发展，社区计划持续组织多种活动，或和其它社区、组织机构等联合举办宣传活动。负责组织 openEuler 的社区活动，包括但不限于 Meetup、Summit、在线直播等，同时协调社区成员参与活动，并在活动前后的协调渠道进行广泛宣传。同时通过定期的 SIG 会议沟通活动机会、协调组织工作、协同宣传等等工作。

5.3 贡献

做出贡献的第一步是从 openEuler 的 SIG/ 项目列表中选择。开始参加 SIG/ 项目会议，加入 IRC 频道并订阅邮件列表。SIG/ 项目通常会由一系列 help-wanted 的 Issue，这些 Issue 可以帮助新的贡献者参与进来。

(1) 签署。CLA 您必须首先签署“贡献者许可协议”(CLA)，然后才能参与社区贡献。

(2) 社区行为准则。openEuler 社区遵守开源社区《贡献者公约》V1.4 中规定的行为守则，请参考 V1.4 版本。

(3) 社区贡献。在社区上总是有可以改进的文档(比如您正在阅读的)，需要检视的代码，可以重构或注释的函数或变量，可以持续补充和优化的测试用例。我们将帮助您了解 openEuler SIG 的组织方式，并引导您顺利的开始您的第一个贡献。■

完整版本下载链接：<https://openeuler.org/openEuler-whitepaper.pdf>

技术实践

开放合作 走操作系统自主创新之路

——访openEuler社区理事会理事、麒麟软件执行总裁韩乃平

文/ 张阳

2020年12月24日，操作系统产业峰会成功举行，大会聚焦软硬件协同、云边端协同的技术趋势以及万物互联的多算力场景，深度挖掘技术创新与社区生态的价值，同时更希望以此次峰会为基点，全面激发openEuler连接行业上下游、助力全产业链共享操作系统创新价值的能力。

华为在2019年全连接大会上，宣布服务器操作系统在年底前开源，命名为openEuler。12月31日，openEuler代码正式开源，openEuler社区正式上线。2020年12月24日召开的操作系统产业峰会上，openEuler社区理事会正式成立。“这是openEuler开源后的又一里程碑。”openEuler社区理事会理事、麒麟软件执行总裁韩乃平表示：“社区理事会的成立标志着openEuler开源社区向专业化社区又迈出了关键一步。随着持续运作，相信openEuler会越来越成熟，汇聚的资源也会越来越多。作为中国企业第一次主导的原生社区，openEuler给了我们自主众所周知，计算产业是芯片、内存、主板等基础硬件和操作系统以及各种应用软件的融合，而操作系统本质上也是软件，一切硬件都需要经由软件才能发挥出最大的作用。无论是硬件还是应用软件都需要依托于操作系统这一软

件，可以说，操作系统是软硬结合最为重要的一环，是计算产业的根，也是未来数字化发展的关键。然而值得注意的是，相比于硬件实力来说，包括操作系统在内的中国软件的基础却更加薄弱。那么，如何摆脱软件尤其是操作系统产业发展的困境？多维协同、合力创新或许是一条有效路径。创新提供了更好的土壤，意义非凡。”

基础创新的深度将决定产业发展的高度。我们亟需培育出自己的操作系统，而操作系统产业的发展壮大只靠一家无疑是力有不逮的，产业的蓬勃发展需要所有开发者、行业伙伴共同参与、共同创新，才能让应用体验更好，计算产业才能更加繁荣。

庆幸的是，已经有越来越多的行业从业者看到了这一趋势，麒麟软件、中科院软件所等越来越多的操作系统厂商都发布了基于openEuler的商业发行版，并积极参与共建开源操作系统生态。其中，麒麟软件将企业级虚拟化解决方案oVirt及轻量级桌面项目UKUI等多个项目引入openEuler社区，维护贡献了近200个软件包，领导了5个SIG组，已经成为openEuler社区仅次于华为的第二大贡献者。



麒麟软件是一家为顺应产业发展趋势和市场客户需求而诞生的中国操作系统旗舰型企业，麒麟软件执行总裁韩乃平长期从事操作系统的研发与推广工作，在行业内有着丰富的经验。

据了解，麒麟软件自1989年开始从事操作系统研发和产业化工作，见证了中国操作系统30年发展之路。根据赛迪顾问统计，麒麟操作系统从2011年开始，已经连续9年位列中国Linux市场占有率第一名；服务中国各行业客户已经超过10000家，且截至2020年12月底，麒麟软件的生态合作软硬件产品数量超过30000款。2020年，麒麟软件不但在

嫦娥、北斗等重要领域获得部署应用，同时实现了电力DCS、中移动综合网管、银行关键业务系统等自主产品的突破性应用。由中央电视台、中央人民广播电台、中国国际广播电台、中国国际电视台联合评选的“2020十大国内科技新闻”榜单中，“银河麒麟操作系统V10”与其他国家科技领域重大成果一起荣幸在册。对麒麟软件来说既是认可也是鞭策。

麒麟操作系统目前已经在全国31个省市自治区、党政机关办事机构实现了全覆盖部署应用。在拓展市场的同

时，麒麟软件也积极贡献国际开源社区。作为Linux基金会成员，麒麟软件目前已向开源社区贡献代码几百万行代码；其中被Linux、Gnome、Unity、OpenStack、Ceph接收patch近5000个。在全球600余个厂商参与的OpenStack社区，代码贡献度中国第一、全球第四。而麒麟软件团队主导建立和运维的优麒麟操作系统创立于2013年，目前已累计发布16个版本，与Debian、Ubuntu、Arch、Gnome、KDE等开源社区建立了良好的合作关系。目前已拥有全球范围数十万人的开源爱好者和贡献者，发行版本下载数千万次，全球版本活跃度前十。

2020年来与openEuler的合作，让韩乃平对于国内操作系统的发展更加充满信心。他说：“有了中国企业主导的原生操作系统开源社区，这是一条开放的道路。特别是理事会的成立，它将决定着openEuler未来的发展框架，这种开放将会让大家更加放心大胆地参与。而从产业层面来看，这是整个中国产业资源汇聚共同支持的社区。所以我们也看到当前中国的操作系统获得优异成长，且来到了市场快速增长的拐点。目前在服务器市场，我们的产品已经完全可以替代国

外的操作系统，但在桌面端的生态与国外确实还有距离，生态还需要持续打磨。”

在2020年3月，麒麟软件已经开始参与openEuler开源社区的建设。openEuler 20.03 LTS (Long term support) 版本在开发者大会(HDC)上正式发布，并与麒麟软件共同发布了基于openEuler的麒麟服务器操作系统。2020年4月，麒麟软件又与华为一起推进召开了首届openEuler峰会2020(openEuler Virtual Summit 2020)，双方合作日益密切与深入。

韩乃平认为，国内操作系统要想取得真正的成功，需要整个产业链的共同参与，大家一起开放合作，贡献力量，在openEuler这个平台上提出新想法、新思路，实践新方案，让我们自己的开源社区活跃起来，发展壮大，才能加速中国计算产业创新发展。同时，韩乃平还补充说：“人才作为企业发展的第一资源，人才培养也至关重要。现在华为有培训计划，麒麟软件也有自己的教育学院且运行了多年，今年麒麟软件学院也开始加速，一方面要有基础研究，另一方面也要有源源不断的人才积累。” ■

技术实践

中国移动：以自主创新勇立新基建潮头

——访中国移动信息技术中心研发创新中心副总经理张春

文/ 赵乐瑄

我国新型基础设施建设的脚步不断加快，产业链供应链安全稳定是构建新发展格局的基础。中国移动以自主创新推进数智化转型、实现高质量发展，进一步增强产业链供应链自主可控能力。近日，中国移动信息技术中心研发创新中心副总经理张春表示，通过研发创新，坚持走自主可控的道路，拥有更多的自主选择权，进一步强化产业链供应链自主可控能力。

引领算力创新

在当前数字经济大发展背景下，5G、数据中心成为新型基础设施的核心，5G时代海量的连接，对计算等基础设施也提出了新要求。5G与人工智能、物联网、云、大数据、边缘计算等技术融合，带来了丰富的创新业务和海量数据，这就需要坚实的多样性算力底座，能够满足不同业务场景的计算需求。

中国移动基于全栈系统性思维，在原有x86算力平面基础上，新增自主可控软硬件和开源软件，构筑多样性算力平面，研发磐基容器云，作为智慧中台技术底座。在自主可控软硬件层面，中国移动已经在计算、存储、网络、操作系统、容器、数据库、中间件等方面初步形成了端到端异构多平面能力。张春表示，在国际形势日趋复杂的当下，多算力平面可以有效规避外部风险，大幅降低断供、“卡脖子”等问题带来的损失。在操作

系统层面，中国移动在打造了BC-Linux操作系统的同时，与openEuler开源社区合作并部署实践openEuler社区版。通过积极拥抱开源社区，中国移动有效打通了上下游产业链。在2020年12月24日举办的“操作系统产业峰会”上，中国科学院院士梅宏表示，我们需要统一的开源根社区形成创新合力，从分散进攻变成凝聚力量攻关。截至目前，openEuler开源社区已有超过2000名贡献者，并吸引了包括中国移动、中国联通、中国银联、飞腾等超过60家国内领先企业参与，社区SIG兴趣组也已增加到71个。

中国移动主动抓住契机，积极开展结合开源软件构筑的全栈自主创新实践。通过openEuler+K8s+iSula开展容器云平台第二平面创新探索，承载于ARM+x86多样性算力。2020年3月，中国移动就启动了IT系统端到端自主可控第二平面试点工作，在全国六省公司率先进行试点。在多样性算力加持下，截至目前，磐基容器云平台已拥有69个集群、5700个节点，运行容器超过3.5万个，承载业务系统超过37个。同时中国移动采用“平台+应用”模式，通过应用推广不断打磨产品，并基于DevOps理念打造磐舟云交付平台实现开发交付过程的双平面代码提交、扫描、编译、构建、灰度发布、上线。

通过多种算力资源的融合部署充分释放多样

性算力潜能。张春表示，随着多样性算力潜能的有效释放，面对不同业务场景，可以在不同架构下进行平滑的资源混合调度、资源共享以及能力互备，逐步增强自主可控能力，“也可以说是给供应链、产业链更多的可选项”，张春如是说。

构建开放合作产业生态

为了更好做到IT领域自主可控，中国移动以智慧中台为切入点，构建开放合作产业生态。“比方说x86已经诞生42年有余，其从上层应用到系统软件生态非常完备，而我国产业生态还需要一个积累和成熟的过程”。中国移动在支持国产生态的过程中，同时作为运营商需要为亿万用户提供品质上乘的服务，确保客户服务质量和效率双提升，实现高质量的可持续发展。

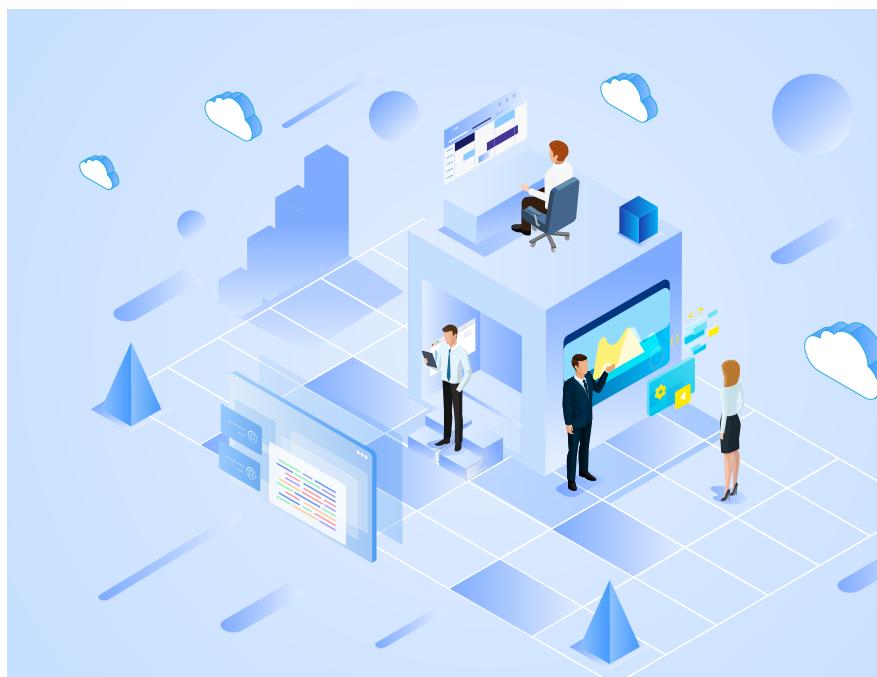
中国移动坚持自主创新，和合作伙伴共建行业标准、共研创新技术、共推应用示范。中国移动在规模多算力部署的同时，牵头成立多样性算力联盟，制定主要IT软硬件设备标准，并成立IT生态实验室，在汇集业界各方产业合作伙伴的同时，积极拥抱开源社区，推进中国基础软件产业的逐步成熟。

在与openEuler社区展开深化合作、共建产业生态的问题上，张春对记者表示，openEuler社区的成立为实现自主可控生态提供了成长的土壤。中国移动下一步将在云原生、操作系统等基础软件层面与openEuler社区中成百上千的贡献者通力合作，打造定制化服务器和云原生、操作系统等基础软件。

独行快，众行远。中国移动积极贡献开源社

区建设。“众人拾柴火焰高，参与的人多，社区和生态的发展就会更快更好”，张春表示，中国移动在未来会将部分自主创新成果反馈给openEuler社区。本届“操作系统产业峰会”汇聚了厂商、从业者、开发者以及众多openEuler社区成员，将产业链上下游合作伙伴汇聚到一起，共商产业发展的新进展、新趋势、新模式和新生态。在峰会上，openEuler社区理事会正式宣布成立，并发布了开源软件供应链点亮计划，并启动“智能基座”openEuler操作系统合作等产业活动，协同全产业链创新发展，推动操作系统产业生态繁荣发展。

勇立潮头，奋楫前行。中国移动在我国新基建浪潮中，通过自主创新，构建开放合作的产业生态，成为网络强国、数字中国、智慧社会主力军，共同推动中国IT产业的发展。■



技术实践

建信金科推进金融新基建 助力共建操作系统产业新生态

——访建信金融科技信用卡及开放银行总经理彭云

文/ 曹元水

未来操作系统的创新空间有多大？未来的操作系统将衍变成什么样的形态？如何把握下一波操作系统创新的浪潮？”近日，2020年操作系统产业峰会成功举行。来自产、学、研、用等领域的嘉宾在会上从产业政策、技术创新、商业验证、生态共建、开源共享等方面共同探讨操作系统产业生态发展的新进展、新趋势、新模式和新生态。建信金融科技信用卡及开放银行总经理彭云在会议期间指出，操作系统生态的繁荣离不开产、学、研、用四方面的协同创新，生态的演化是自底向上的试错和选择与自顶向下的决策和推动相结合的过程；操作系统在银行业务的应用，需要关注高可用、稳定性、健壮性等重要命题。

新需求带来新机遇

当前，发展数字经济已成为社会经济发展的主旋律，数字化转型、网络化重构、智能化提升，正在推进和引领各行各业的深度信息化。据彭云介绍，作为中国建设银行股份有限公司旗下从事金融科技的全资子公司，建信金科在建行包括信用卡、存款与借记卡等在内的多个银行核心业务系统上，都进行了分布式架构和国产化技术平台的应用与实践。

据介绍，和绝大多数银行一样，建行的信用卡核心系统早期构建在 IBM Mainframe 平台之上，操作系统是 Z/OS；随着业务的

不断发展，分布式架构开始得到使用。进一步地，基于鲲鹏 920 + KylinOS + GaussDB 数据库国产软硬件技术平台的信用卡新核心已于今年建成并部分投入使用，其中 KylinOS 操作系统正是基于 openEuler 开源技术构建。目前系统运行稳定，在账单查询等典型交易上的响应时间超出预期效果。

“从实际应用的情况来看，在硬件水平稍有优势的情况下，基于国产化技术栈的新系统的交易响应时间，可以比原有技术栈提高 13% 左右。同时，国产化平台无论是硬件软件平台的采购和维护成本，还是生产运维和应用研发的人力资源成本方面也都具有显著优势。比如，即使算上机房占用和能耗，国产的分布式平台的软硬件成本大约只有大型机的 1/10。另外，大型机主要的开发语言是 COBOL，一种结构化编程语言，现在人才市场上熟悉这门编程语言的人已经越来越少了。而它看似简洁，却并不利于项目的敏捷迭代。”彭云称。

据了解，基于 openEuler 内核的操作系统连接的多样性计算能让更多的硬件厂商灵活接入，也能适配行业多场景统一的技术软件生态，让更多的应用敏捷地创新，非常符合当前的用户需求。

以建行的这套信用卡核心系统为例，其承载的信用卡业务是银行业务中非常复杂的，属于7×24小时的个人业务，面向超过1亿个人用户提供服务，对业务一致性、系统容量和稳定性有很高的要求。而且随着业务的不断开展，还会有新的需求不断出现。“需要更多地关注高可用、稳定性、健壮性等指标，以及如何消除IT平台和基于其上的业务应用的脆弱性等重要命题。”彭云解释说。

新发展呼唤新生态

“从长期来看，软硬件平台的选择往往不是一个既定规划的结果，而是在不断试错和创新的过程中，基于大体量的用户体验，自我迭代和完善的一个演化结果。”彭云说，“在整个操作系统的产业生态中，我们是使用者，也是生态发展的探路者。一个生态得以繁荣往往来自于一线反馈的问题，咱们中国这样的巨大市场有着天然优势，数以亿计的用户是一种红利。从这个意义上说，银行业务是最好的试金石和试验场。”

当前，构建生态已经成为操作系统行业未来发展的重要方向。中国科学院院士，中国计算机学会理事长、绿色计算产业



联盟理事长梅宏提出，操作系统产业要坚持生态先行，需要广泛汇聚整机、操作系统、行业应用和服务商共同参与，形成一个协同创新技术平台。一方面加快操作系统与不同架构和应用软件适配，另一方面通过全栈优化、架构整合、软硬件协同提升。

据openEuler社区理事长江大勇介绍，openEuler社区一直在探索以开源协作的方式打造一个技术创新带动商业成功，商业成功反哺生态繁荣，生态繁荣促进技术创新的良性循环。如今已经初步构建了从硬件到技术软件到应用的完整生态链、价值链。

彭云也表示，建信金科愿意与生态的参与者们取长补短，为国产IT解决方案的产业化之路助一臂之力。“只要我们选对了路，坚定了方向，我相信这个生态一定会是越来越繁荣。我们就走这样一条演进之路上。这是每个中国IT人的使命和情怀。”■

技术实践

解题下一代操作系统

——访中国电科普华基础软件技术副总经理肖南

文/ 新衡

2020 年 12 月 24 日，操作系统产业峰会如期举行。12 月 25 日，openEuler summit 2020 也顺利召开。火热的现场体现了大时代下操作系统产业发展的蓬勃态势和正在迎接的绝佳机遇。

这两件事情都说明了操作系统领域的火热。一个可见的趋势是，投身于此的产业资源正逐年加码，外部环境微妙调整，内部定力就尤其重要。

操作系统是所有软件体系的基础，软件堆栈的基础底座，也是国家信息化建设的核心组成部分。与应用软件相比，操作系统更需要操作系统公司有前瞻、有定力，长期、坚持做底层的技术研发与生态建设等实际工作。在这样的背景下，操作系统的未来和方向，是一个值得长期探索与思考的问题。

操作系统嬗变

提到操作系统，需要弄清楚的是，是什么驱动了操作系统的历史进程？

中国电科普华基础软件公司副总经理肖南认为，操作系统伴随技术进步，从 1970 年问世的 UNIX 诞生至今，存在三次重大的技术革新：第一次，是个人电脑的兴起，当时发生了两件事：Intel 8086CPU 的诞生以及鼠标的出现，这两项技术为图形化的桌面系统奠定了基础，才有了个人的桌面 PC 时代，代表性的公司是苹果、微软和英特尔；第二次是商业互联网的发展，出现了 Facebook、谷歌、腾讯、阿里巴巴这一类互联网巨头，

催生了大量应用和服务，需要有大量服务器的支撑，产生了大量的终端，这一时期，基于操作系统的高并发、集群化等技术得到迅速发展。

第三次就更为我们所熟悉了，高分辨率液晶屏的诞生及多点触控技术、3G、无线通信技术的成熟，使移动互联网的兴起，改变了人们对终端的使用场景。其中，2007 年前后诞生了以 iOS 和安卓为代表的移动操作系统。

肖南认为，分析其中的共同点，不难发现，在操作系统历次革新中，有两次是以交互技术的改变而发生的改变。基于鼠标键盘的操作方式天然适合个人电脑的家用办公用途，而在移动 CPU 技术成熟后，支撑的多点触控技术变为可行，两项技术驱动了移动互联网的爆发。

然而，距离最近一次操作系统变革浪潮已经过去了十多年，更大的变化并没有发生。即使是在人机交互上有所积累的苹果公司，也只是在已有系统上小修小补，更多在指纹与面部识别等技术上做文章，给人以创新乏力之感。“操作系统的发展进入瓶颈期”的共识逐渐增强，原因也不难理解——技术。“从 2007 年移动互联网兴起至今的 13 年中，我们还没有看到下一次操作系统技术的重大革新点。”肖南说。

但看似僵局之下，已经隐隐指明了操作系统未来的方向。从交互技术而言，苹果、微软等操作系统大厂先期布局的 AR 技术，可能是未来操作系统革新的关键点。另一个，则指向至今仍然风生水起的通用人工智能（AGI）。

“新的革新可能也会来自于新的交互技术，比如 AR 技术的成熟，或者是基于 AGI 技术的发展。不同的是，AR 技术的成熟可能会带来革新，但 AGI 技术一旦实现，就一定会对操作系统带来重大革新。”肖南笃定称。

AGI：可能的方向

究竟什么是 AGI？简单地说，AGI 是人机之间交互的桥梁，它能够增强人对计算机操控的能力和效率。具有自主学习能力，能够获取常识进行推理、决策、解决问题。肖南认为，类脑智能的研究是实现 AGI 的正确方向，大脑是我们已知世界中唯一具备通用智能的装置。神经生物学发展到今天，我们看到一些重要的发现已经可以大致构成 AGI 的原型。比如突触的可塑性、神经元的元学习能力以及神经网络广泛的横向调节能力与强大的反馈机制。当然还包括一些其他的重要理论，体现在如何构建更强大的预测和推理等能力。

对于操作系统而言，AGI 技术的两大关键能力非常重要：第一是 AGI 对自然数据强大的处理能力，未来将作为操作系统的原生能力存在。当前操作系统主要提供硬件资源的管理和访问，图像、视频、声音等数据由应用处理。当基于 AGI 技术的操作系统实现，应用不再需要解决数据的处理能力，而是将重点解决如何提供更高效、更丰富的功能。

第二是 AGI 可以提供统一的交互方式，实现与人的无障碍沟通，形成统一的应用界面，从而打破终端局限，让更多用户获得好体验。我们可以想象，AGI 作为一个助理，通过更自然的方式，比如语言、表情、手势等与人进行沟通，再将它所理解的意图转化成相应的指令，替人来操作现有的应用。应用不再是与人交互的第一入口，而是由操作系统来统一实现交互。

“如果说人与人的交互是当前人所能感受到的最自然的交互方式，那么人机交互的发展方向应该是更趋向于人与人的交互方式，即机器通过视觉、听觉等感知能力与人交互，而不是人通过键盘、鼠标、触模屏与机器进行

交互。而这一交互的能力将是建立在 AGI 技术对自然数据的处理能力之上。”肖南说。

当操作系统具备了 AGI 能力后，就可以作为人与应用间沟通的桥梁而存在。那么，通过操作系统与应用的有效融合，人将不再需要学习不同应用的使用方式，节约了学习成本，提高了人机交互的效率。同时，应用也将借用操作系统的这一能力，能够胜任更复杂的任务。比如，当 AGI 技术赋能汽车操作系统，使其拥有更强的智能时，我们将真正实现在复杂环境下的自动驾驶。

从这个角度而言，要想实现操作系统不断迭代，必须要不断革新交互技术。正如 PC 时代的 Windows，移动时代的 iOS、安卓系统，下一代操作系统正是为了实现更自然的人机交互。

肖南指出：“在当前的国际国内形势下，下一代操作系统如何发展与布局，应该是整个国产操作系统行业应该思考的问题。抢占技术高点、优先构建技术与生态壁垒，是操作系统发展的优势策略”

实际上，国家也正在积极加速类脑智能的推进，这一前沿趋势也同时被国内科研机构所关注。在 2020 年 12 月 18 日中国工程院发布的《全球工程前沿 2020》报告中，AGI 所涉及的“类脑智能”便在信息与电子工程行业中被重点提及。学术界也正在推动以类脑智能和类脑计算为方向的新研究方向，来实现由弱到强的人工智能的升级。“对于普华基础软件来说，操作系统是使命，在下一代操作系统的发展布局上不是要不要做，而是如何做？”肖南说。

生态先行

但光有愿景还不够，操作系统是一个需要仰望天空，同时需要脚踏实地的产业。在看到愿景的同时，也需要认识到，操作系统技术门槛高，需要有非常深厚的技术积累和长时间迭代演进，微软在 1985 年推出 Windows 1.0 后，也是经过数十年打磨、优化、迭代，才最终得

“

在当前的国际国内形势下，下一代操作系统如何发展与布局，应该是整个国产操作系统行业应该思考的问题。抢占技术高点，优先构建技术与生态壁垒，是操作系统发展的优势策略。

”

到市场接受。

这项挑战落实在普华基础软件身上，不难发现其团队的努力，作为国内老牌的专注于基础软件的公司，除了其自主研发的 AUTOSAR 汽车电子操作系统，成为国内率先通过 ISO 26262 ASILD 国际功能安全最高等级产品认证之外，在通用操作系统上，普华基础软件做到了支持 x86、OpenPower、龙芯、申威、鲲鹏和兆芯等架构，推出了服务器操作系统产品和桌面操作系统产品。同时，普华基础软件也是国内较早把基于 Linux 内核桌面操作系统部署到切实的生产环境当中的厂商。

2020 年，有关操作系统的探讨，生态建设变得格外重要。在此次操作系统产业峰会上，我们不难看到普华基础软件在操作系统领域的深度参与。作为系统及解决方案的提供方，普华正在给操作系统生态带来更多的改变。

在峰会同期宣布成立的 openEuler 社区理事会上，普华基础软件率先成为首届社区理事会成员，与华为、天津飞腾、中国科学院软件研究所等公司和机构一道，以开放社区形式与全球的开发者共建开放、多元和架构包容的软件生态体系。

操作系统是贯穿软件应用的核心部分，下一代操作系统是操作系统行业的机遇，但在当下时代背景下仍显弱势。据统计，我国信息产业营收中软、硬件比例为 29:71，而全球平均水平为 55:45。软件价值与市场价格的不匹配导致无法长期可持续发展。仍然以微软 Windows 为例，其累计研发投入达 5 万工程师，耗资超过 200 亿美元，我国操作系统显然远远不及。

如今，国产关键软硬件已从单点突破、简单适配阶段，上升为生态协同、融合创新、共创生态价值的新阶段。

统一的技术基础、统一的生态环境、统一的协同整个产业界力量共同集合发展，由统一的社区建设去解决产业痛点是产业发展需要的，但目前来看我们还远远没有实现真正的统一落地。

目前，以 openEuler 为代表的开源社区是我国操作系统的一个重要可行选项，开放开源是软件技术创新的重要途径，充分利用开源、参与开源、支持开源，发展操作系统，联合做大做强是当前最为可行之路。借助社区良好的开源软件支持，可以大幅节省研发成本与时间。

这种合作关系是双赢的，普华基础软件高级安全专家王江涛表示，普华基础软件将通过流程化方式提供软件适配、测试服务，自动化方式构建应用，提供平台硬件支撑、运行支撑和开发支撑工具，长期支撑能力协助用户维护长尾应用项目等方案，去解决 openEuler 应用落地以及未来从开发者到建立商业应用生态问题。

“普华基础软件不但率先加入 openEuler 社区，并且在 2020 年 3 月份，openEuler 第一个 LTS 版本发布的时候就第一时间发布了 openEuler 的商业发行版，并且在行业市场进行了广泛的测试，最终获得了用户的认可。”对于普华基础软件加入 openEuler 社区，华为鲲鹏计算产品部部长颜叶就如是表示。

“产业发展，生态先行。”过去数十年，互联网这些年来的狂飙突进到了一个新的阶段，数字经济想要更好的发展，基础软件部分就必须得跟上来，普华基础软件为代表的操作系统生态参与建设者，为整个产业作出了一个良好示范。

这是数字经济的需要，也是软件产业进一步发展的诉求。■

技术实践

开源软件供应链点亮计划暑期2021正式启动

——访中国科学院软件研究所所长赵琛

文/ 张越熙



数字经济时代，“软件定义一切”。当前，软件已经成为知识、技术和商业模式的重要载体，是数字基础设施建设的重要组成部分。Synopsys 公司的权威代码审计报告指出，2020 年 99% 的商业软件都包含了开源软件组，其中有 70% 直接由开源代码提供。从世界上来看，开源软件占了重要的主导地位，开源软件作为开发的主要方式，成就了国内外的互联网企业，以及手机、服务器等行业。

与此同时，国内开源行业仍然存在开源软件产业价值不高、开源社区贡献不足等问题。例如国外开源软件公司 Red Hat 2019 财年收入高达 30 多亿美元，而国内开源价值还远没有充分发挥；虽然华为在最新 Linux 内核版本中贡献已经排名第一，但整体上国内主导的国际主流开源项目还是太少。

面对这一挑战，中科院软件所率先提出了开源软件供应链的概念。开源软件供应链即一个系统在开发和运行过程中，涉及到的所有开源软件上游社区、源码包、二进制包、包管理器、存储仓库、开发者、维护者、社区、基金会等，按照依赖、组合等形式的供应关系网络，具有迭代周期快、生产线上化、供应全球化、仓储集中化、边际成本低等特点。有了开源软件供应链，就可以挖掘和掌握开源产业链的核心价值，做到有所为有所不为。

要想推动开源软件快速发展，首先需要保证开源软件供应链的可靠性。然而由于种种原因，开源软件供应链目前仍面临着知识产权风险、安全性风险、维护性风险等挑战。而消除这些风险的根本是培养更多的关键开源软件人才。

基于这一背景，以“连通高校学生与开源社区、促进开源文化在高校的传播、吸引更多高校开发者参与开源”为出发点，中国科学院软件研究所联合 openEuler 社区于 2020 年 4 月推出了“开源软件供应链点亮计划——暑期 2020”活动，从“学生贡献、开源社区发展、产业壮大”三个维度化解相关风险，推动开源软件供应链网络的健康发展。该活动共吸引了 42 个开源技术社区、246 位社区导师参与，成功上线 388 个项目。

本次大会上，赵琛宣布“开源供应链点亮计划——暑期

2021”正式启动。据悉，“开源供应链点亮计划——暑期 2021”将在首届活动的基础上扩大规模，计划支持不少于 100 个开源技术社区、800 个项目，力争吸引超过 1 000 名海内外高校学生参与，并与更多的科研机构、技术企业、媒体合作，以期扩大活动及开源社区的影响力，提高成果数量和产出质量。

自 openEuler 开源社区策划和启动以来，中科院软件所下属智能软件研究中心积极参与社区建设，共牵头主导了包括树莓派、ROS、RISC-V 等 7 个 SIG 组，数量仅次于华为公司位居第二，先后完成了 openEuler 操作系统向树莓派的移植，大幅降低了使用门槛，极大促进了 openEuler 操作系统的使用与推广；完成了 openEuler 向 RISC-V 的移植，支持开放指令集处理器架构；完成了机器人操作系统 ROS 的移植适配，为 openEuler 在机器人领域的应用奠定了基础；同时，为 openEuler 提供了权威的第三方软件仓库基础设施。

此次活动还举行了“智能基座”openEuler 操作系统高校课程启动仪式。其中，中科院软件所武延军研究员团队与华为合作的操作系统课程已经进入中国科学院大学，作为 3 学分 60 学时的本科必修课程。

开源之路任重道远，“开源软件供应链点亮计划”以及各项措施的实施，必将让开源领域的从业者拥有更强大的信心与底气，链接更多开源力量、共建开源软件生态、发挥出开源更大的社会价值，加速操作系统等产业提升，共同谱写中国软件发展最壮丽的新篇章。■



技术实践

云时代操作系统路在何方？麒麟信安的踏雪寻梅之道

——访湖南麒麟信安科技股份有限公司总裁刘文清

文/ 贾凯强

何谓云时代？万物皆可上云。从最初的服务器、计算系统，底层的数据库、存储等基础设施，再到如今的 PaaS、SaaS 甚至于云电脑、云游戏全面开花。云已经不再是大厂或者互联网的特权，而是整个时代发展的潮流所向。

云时代会带来什么？毫无疑问，更大的便捷，更多的机会，以及无尽的挑战。从我国云计算产业发展趋势来看，大厂吃肉、小厂喝酒，用户按需选择，这样百花齐放的局面已然成型。

云时代还有哪些欠缺呢？行业布局虽已经成型，但并不意味着万事俱备。尤其是操作系统层面，碎片化和安全性依然是整个生态的阿喀琉斯之踵，如果不解决这些问题，云计算即便翱翔九霄之上，亦难免会有一朝触顶之时。

2020 年 12 月 24 日操作系统产业高峰论坛上，湖南麒麟信安科技股份有限公司总裁刘文清便为大家描绘了云时代的操作系统发展画卷。当前 IT 架构从传统的“计算机 + 网络”向“云 + 端”演进，麒麟信安与 openEuler 携手，面向云计算模式的操作系统技术进行拓展布局，率先推出桌面虚拟化和服务器虚拟化产品，以安全为基点，在云时代开启了一段踏雪寻梅的新旅程。

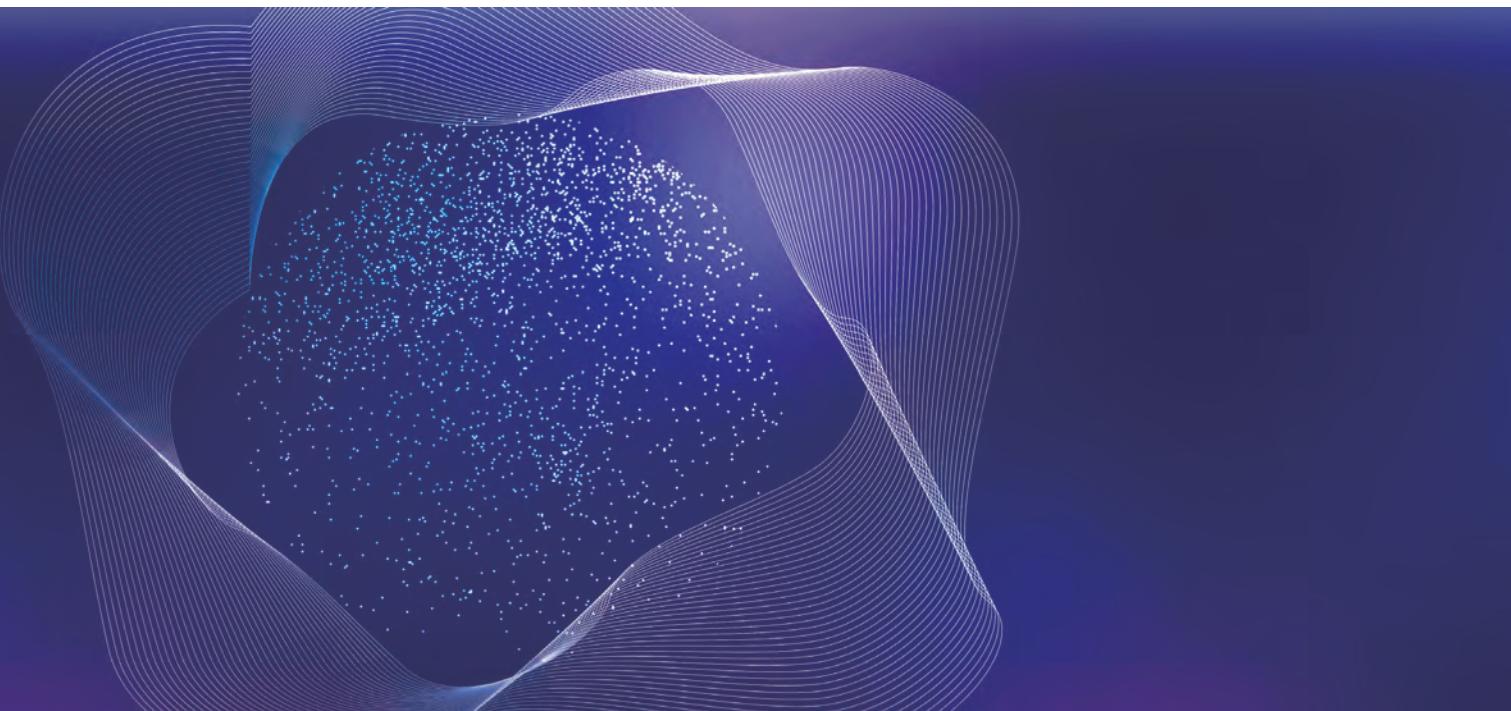
踏雪寻梅：寻一条云时代的操作系统发展路

梅花香自苦寒来。踏雪寻梅是一种雅兴，也是一条必经之路。

云计算产业便处于一个这样的时代里，每个人都知道云的强大，追寻云端发展已然成为一种趋势。刘文清表示，从 2019 年开始，上云是常态，不上云则是意外。而在这种大趋势到来之际，麒麟信安果断抓住了云计算产业操作系统的短板问题，并提前进行布局，围绕未来技术发展趋势，拥抱鲲鹏产业生态和 openEuler 开源社区，进行技术同步创新。

而如果把视野拉回国内，操作系统产业短板的问题就会变得更加明显。我国软件产业发展并不弱，2019 年工信部统计数据软件产业规模已经达到了 7 万亿元人民币。但问题在于，我国软件产业发展存在应用软件强、基础软件弱的结构失衡问题。尤其是在计算机操作系统、数据库和中间件等基础软件领域，问题就更加明显，国产化操作系统在市场中的占有率仅不足 5%。

我国真的没有操作系统行业的深度玩家吗？显然不是的。刘文清表示麒麟信安早就在国产操作系统方面持续深耕，公司高管多为系统安全专业领域的博士，并以安全为特色，专注于服务器和数据中心领



域的操作系统研发。多年的深耕带来的是市场占有率的回馈，麒麟信安与国家电网、南方电网等公司深度合作，在电力产业操作系统领域已然占据了 50% 以上的市场份额。此外如公共事业、信创产业等领域也在近年来发展迅速。

操作系统领域有一个定律——每 20 年行业就会有一次大变革。从大型机到 PC，再到如今万物互联的时代，新的 IT 架构需要新的操作系统技术与之适配，才能够为用户提供更大的价值。面对这样的时代，麒麟信安选择与华为建立长期合作伙伴关系，并作为湖南省鲲鹏生态创新中心的主方办之一，参与到了 openEuler 社区建设及鲲鹏生态建设之中。

双方在达成合作之后，麒麟信安基于 openEuler LTS 推出了麒麟信安服务器操作系统发行版，同时，麒麟信安云桌面系统及轻量级云平台也已迁移至鲲鹏服务器，两款产品面向电力、政务等优势行业应用进行有针对性的行业生态打造，从而形成高效、稳定、安全的行业解决方案，高效实现价值，并始终致力于形成基于鲲鹏平台的全栈基础软件解决方案。

珠联璧合：成一对开源产业的同行者

独行快，众行远。

麒麟信安与 openEuler 的携手是一种对双方的激励。openEuler 开源社区能够通过麒麟信安实现更好的商业落地，在电力等行业进一步增强影响力；而麒麟信安也能够通过 openEuler 的技术赋能提升用户服务能力，并以鲲鹏计算平台为基础打造更具行业影响力的产品，增强生态布局使能。

刘文清表示，openEuler 于麒麟信安而言不只是合作伙伴，还带来了社区的技术支持。麒麟信安采用的是典型的开源软件模式，以往其上游技术大多来源于国际上的一些开源社区，而在与 openEuler 合作以后，麒麟信安可以很便捷地从 openEuler 开源社区获取技术沉淀，完成生态建设，并解决类似知识产权之类的问题。

openEuler 有怎样的能力，很多人都已经明晰。作为国内开源社区创新平台的崛起力量，openEuler 是秉承了“共建、共享、共治”的理念，持续打造共筑开

放、多元和包容的软件生态体系，加速计算产业发展。从 2019 年 12 月 31 日正式开源后，时至今日已经有超过 2000 名开发者参与了社区贡献，成立了 70 余个 SIG 兴趣组，超过 60 家国内领先的企业参与社区建设，未来三年社区还将支持千家企业、万级开发者、百万级用户。

开源意味着双方的互补，而麒麟信安的优势便在于安全。双方合作后，麒麟信安将其积累的在等级保护、核心密码、商用密码等诸多领域的技术经验融入于 openEuler 社区，通过合规的方式进行贡献和共建；而对于一些行业专属性较强的内容，麒麟信安则会基于 openEuler 的基础版本打造商业发行版，用到定向领域中，赋能客户。

同时，openEuler 还保持了全球开源体系融合发展态度，致力于打造从硬件厂商、基础软件厂商、应用软件厂商、系统开发商、开发者到用户之间的良性正循环，并构建商业可闭环的生态系统，从而实现可持续发展的快速创新。麒麟信安也在服务器操作系统及云计算环境下的操作系统技术持续演进，加大投入，并积极参与 openEuler 社区建设，同时与主流软硬件厂商建立了良好的战略合作伙伴关系，打造自主创新信息系统生态体系。

刘文清对双方的合作总结为两点：一是在于 openEuler 只提供基础版，所以其需要麒麟信安打造商业版，并为客户提供支持服务和迁移等服务；二是开源生态的共建，基于开源软件，可以把操作系统和行业属性进行整合，在 openEuler 通用的操作系统和鲲鹏开放的平台之上，聚集更多的参与者。

面向未来：聚一个万物互联的全栈解决方案

未来是属于云计算的，也一样属于万物互联。

万物互联的一大特点，就是开放。像以往在桌面端的闭源操作系统，如果拿到行业上来看，其将会很难进行定制化开发；但对于开源生态而言，不同行业有不同的思考，只要基于同一个底层串联起来，一切都可

以兼容其中。由此可见，操作系统在未来的发展空间必然是巨大的。

那么面临这样的市场空间，麒麟信安又该当怎么做呢？刘文清表示，持续加深与华为的合作将会是未来发展重要的一环。通过多年的积累，麒麟信安已与华为建立长期合作伙伴关系，致力于做关键行业的鲲鹏平台全栈解决方案核心提供者。

未来，麒麟信安还将继续参与 openEuler 社区建设及鲲鹏生态建设，将 openEuler 社区作为版本定制的主要输入源，不断演进产品，面向多场景挖掘创新价值，打造更多的落地应用案例。此前，麒麟信安已经率先发布了 openEuler 最新版本的商业发行版，并在电力、政务等领域实现商业应用，今后还将会把一些典型项目规模化推广，从而覆盖更多人群。

此外，麒麟信安在桌面虚拟化、云平台等方面的产品往鲲鹏平台上迁移，也是下一步的核心内容。基于 openEuler 当前版本，麒麟信安将会打造从整机、操作系统到云的全栈解决方案，双方将从产品级的合作，跨步到全站的解决方案合作。

对于未来操作系统行业的发展，刘文清表示这绝不是一两家企业责任。软件产业发展，操作系统是必须的一环。当操作系统走向了开源模式，这就意味着更多的企业能够参与进来，并且大家都可以在自己熟悉的行业里继续深耕，共同推进国内操作系统产业的发展。而 openEuler 开源社区，能够让大家基于平台开放出来的技术成果，充分发挥各自优势，对行业进行赋能，推进产业 IT 转型，为万物互联时代的到来奠定更为坚实的基础。

那么在这样的过程中，麒麟信安将会扮演怎样的角色呢？刘文清表示：“麒麟信安以操作系统技术立身，以系统安全为特色，以云计算模式下操作系统技术拓展为创新点，以积极拥抱鲲鹏生态建设为公司新的发展战略，持续推进国产化安全应用。” ■

10 Gb/s 以太网、FC、RapidIO 标准体系电参数对比研究

赵梦晗 李可 张越 孔宪伟

摘要：围绕以太网、FC 和 RapidIO，对三种协议电参数进行分析对比，深入研究三种协议电参数的异同。以太网技术、FC 以及 RapidIO 均为用于通信的协议方式，由于诞生于不同的设备或传输环境，有着不同的协议特点和通信方式，其典型电参数对比分析为相关芯片研发、电参数测试验证、测试方法优化以及不同网络间融合提供了一定参考。

关键词：10 Gb/s 以太网 FC RapidIO 电参数特性

1 引言

随着大规模集成电路系统结构越来越复杂，现代大型嵌入式系统内部通信网络往往包含了 FC(光纤通道)、以太网、RapidIO 等通信协议，构成一个多协议异构网络。不同协议电参数的研究，有利于相关芯片的研发和测试验证。

以太网、FC 以及 RapidIO 协议诞生于不同的设备或传输环境，有着不同的协议特点和通信方式。以太网技术涉及多种电缆类型、连接器、速度、信令方法等，随着通信技术的发展不断演变，如今能够支持多种不同的速度、电缆和功能，是应用最为广泛的规范之一。FC 技术与以太网技术的载体不同，以光纤为主要媒介进行信息通信传输，广泛用于设备之间的大容量数据传输。RapidIO 是主要用于高性能嵌入式系统开放互连技术的标准，其互连体系结构基于报文交换，广泛应用于系统内部芯片间以及板级间的互连，能够为高性能嵌入式系统计算节点之间通信提供良好的解决方案。

2 标准体系分析

2.1 以太网

以太网技术基于以太网标准不断发展，已经支持 10 Gb/s(10 GBASE)，目前 40 Gb/s(40 GBASE)、100 Gb/s(100 GBASE) 等也已列入标准。OSI(Open

System Interconnection Reference Model，开放式系统互连参考模型) 参考模型是 ISO 组织在 20 世纪 80 年代提出的用于解决不同体系结构网络互连问题的标准框架，OSI 参考模型定义了网络互连的七层框架，自下而上依次包括：物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层。

10 Gb/s 以太网物理层划分为调制子层 (Reconciliation Sublayer, RS)、10 Gbit 媒体独立接口 (10 Gigabit Media Independent Interface, XGMII)、物理编码子层 (Physical Coding Sublayer, PCS)、物理介质连接层 (Physical Medium Attachment, PMA)、物理介质相关层 (Physical Media Dependent, PMD)、媒体独立接口 (Medium Dependent Interface, MDI) 和广域网接口子层 (Wan Interface Sublayer, WIS)，各个连接层之间的互连关系如图 1 所示。

2.2 FC 协议

FC 协议是美国国家标准委员会 (ANSI) 的 X3T11 小组制定的关于计算机交互设备之间的高速开放式标准数据通信协议，主要以光纤作为传输信号的物理介质。

FC 协议是一种协议标准，与以太网 OSI 七层模型相似，可以抽象为五个独立的层次，从低层到高层顺序为 FC-0(物理链路层)、FC-1(编码解码层)、FC-2(链路控制层)、

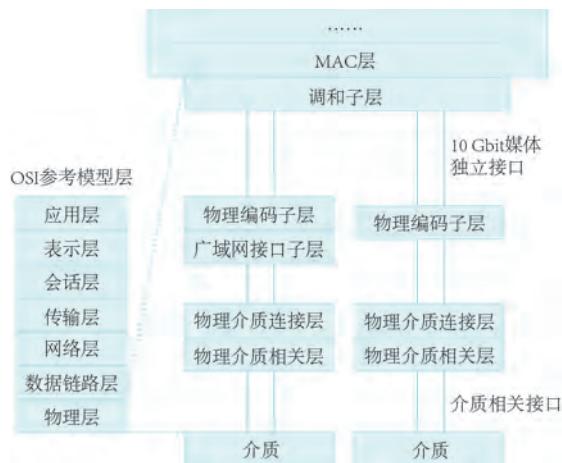


图 1 串行 PMA 和 PCS、WIS、PMD 之间的互连关系

FC-3(公共服务层) 到 FC-4(高层协议应用层), 结构模型如图 2 所示。

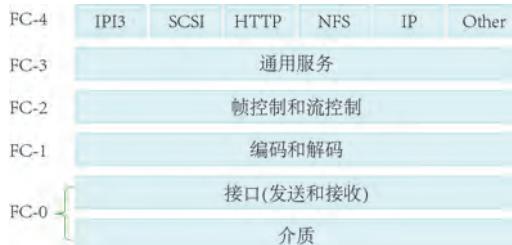


图 2 FC 协议分层模型

FC-0 层是物理链路层，也是 FC 协议层级中的最低一层，该层定义了光信号如何在光纤上传输及发送器与接收器如何在各种物理介质上工作，主要处理在不同工作频率下收发信号的物理特性，完成的绝大部分工作就是设计发射端和接收端组件时对组件的定义。主机系统发射端和接收端的合格性是通过插入主机合格性板的测试来定义的，发射端和接收端相关电参数特性的测试点如图 3 所示。

2.3 RapidIO 互连通信协议

RapidIO 互连通信协议模型为三层结构模型，分别为逻辑层、传输层和物理层。模型由上到下依次定义了数据传输路径，其中逻辑层定义了一系列端点到端点传输的服务；传输层定义了交换处理单元如何将传输的服务发送到目的端点；物理层定义了数据传输的物理结构和方式，并包含所有电气特性的详细规范。RapidIO 通信通过一个主控制节点进行控制和管理，由一系列基于请求和响应的操作

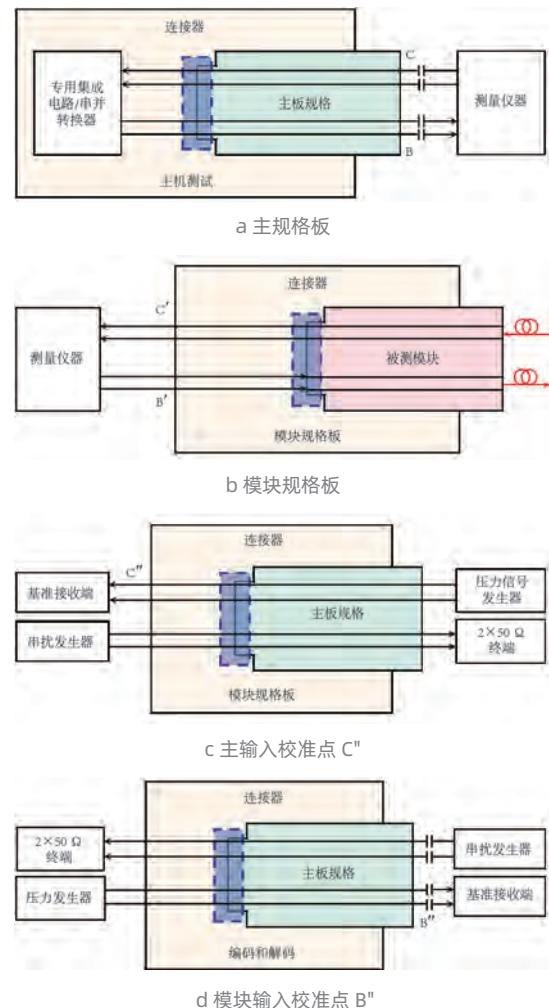


图 3 发射端和接收端相关电参数特性的测试点

作构成，有源节点先给目标节点发送一个请求，待目标节点执行完该请求后产生一个响应并返回至源节点，这样一个循环就完成了一次操作。

3 三种标准体系电参数对比

3.1 10 Gb/s 以太网电参数

表 1 列出了 XSBI(万兆以太网 16 比特接口) 所有输入和输出所需的直流参数属性。该信号技术参数的描述基于 ANSI/TIA-644 中的低压差分信号 (LVDS) 技术参数规范。

3.2 FC 电参数

FC 协议的一般电特性参数见表 2，发射端和接收端的电参数特性见表 3、表 4。

技术聚焦

表 1 10 Gb/s 以太网电参数特性

符号	参数	约束条件	最小值	最大值	单位	备注
$ V_{\text{op} }$	差分输出电压	差分负载 $R_{\text{load}} = (100 \pm 1\%) \Omega$	250	400	mV	—
V_{OS}	输出电压偏移		1 125	1 375	mV	
R_o	输出阻抗, 单端	—	40	140	Ω	修订 TIA/EIA-644 文件中未详细说明的
ΔR_o	输出阻抗失配		—	10	%	—
V_i	输入电压范围	$ V_{\text{gpd} } < 50 \text{ mV}$	900	1 600	mV	$ V_{\text{gpd} }$ 为 PMA 端到端的地面对地差分电压
V_{id}	差分输入电压		100	600	mV	—
R_{in}	接收端输入差分阻抗	—	70	130	Ω	

表 2 FC 协议的一般电特性参数

参数	单位	128GFC-C2M
每条线上的数据速率	MB/s	3 200
每条线上的符号速率	MBd	28 050
每个链路上的线路数	—	4
误差	ppm	± 100
差分阻抗	Ω	100

注：数据速率可以通过确定传输不少于 200 000 个传输比特(10 个最大长度的 FC 帧)的时间来验证。

表 3 FC 发射端电参数特性

参数	主输出		模块电输出		单位	备注
	最小值	最大值	最小值	最大值		
测试点	图 3a 的 B 点	—	图 3b 的 C' 点	—	—	—
差分电压峰峰值	—	900	—	900	mV	备注 ¹
差分终端电阻失配	—	10	—	10	%	备注 ²
源转换时间 20%~80%	10	—	9.5	—	ps	—
共模电压	-0.3	2.8	—	—	V	—
串扰参数						
信号校准点	图 3c 的 C'' 点	—	图 3d 的 B'' 点	—	备注 ¹	—
信号应用点	图 3a 的 C 点	—	图 3b 的 B' 点	—		
串扰幅度差分电压峰峰值	900	—	900	—	mV	—
串扰转换时间 20%~80%	9.5	—	10	—	ps	备注 ³

备注：1. 测试发射端要求时，在另外三个未被测试的发射通道和四个接收通道上都存在串扰；

2. 1 MHz；串扰转换时间在符合性测试板的输入处测量。

表 4 FC 接收端电参数规范

参数	主输出		模块电输出		单位	备注
	最小值	最大值	最小值	最大值		
回波损耗、模式变换和共模电压要求						
测试点	图 3a 的 C 点	—	图 3b 的 B' 点	—	—	—
共模电压	-0.3	2.8	—	—	V	—
串扰信号要求						
信号校准点	图 3c 的 C'' 点	—	图 3d 的 C'' 点	—	备注 ¹	—
信号应用点	图 3a 的 B 点	—	图 3b 的 C' 点	—		

续表 4

参数	主输出		模块电输出		单位	备注
	最小值	最大值	最小值	最大值		
串扰信号要求						
串扰幅度差分电压峰峰值	900		900		mV	—
串扰转换时间 20%~80%	10		9.5		ps	备注 ²

备注：1. 在模块电输入测试期间，该串扰信号由模块从传入的光信号生成。为了校准模块应力信号，电信号发生器需要产生最坏情况下的串扰信号；
2. 串扰转换时间在符合性测试板的输入处测量。

表 5 RapidIO 8/16 LP-LVDS 发射端性能参数

特性参数	符号	最小值	最大值	单位	备注
差分输出高电平	V_{OHD}	247	454	mV	桥接 100 Ω 负载
差分输出低电平	V_{OLD}	-454	-247		桥接 100 Ω 负载 $ V_{OHD} + V_{OLD} $
差分电压偏移	ΔV_{OD}	—	50		桥接 100 Ω 负载
共模输出高电压	V_{OSH}	1.125	1.375		桥接 100 Ω 负载
共模输出低电压	V_{OSL}	1.125	1.375		桥接 100 Ω 负载
共模电压偏移	ΔV_{OS}	—	50		桥接 100 Ω 负载 $ V_{OSH} - V_{OSL} $

表 6 RapidIO 8/16 LP-LVDS 接收端性能参数

特性参数	符号	最小值	最大值	单位	备注
任意输入端电压	V_I	0	2.4	V	在共模范围内
差分输入高电平	V_{IHD}	100	600	mV	
差分输入低电平	V_{ILD}	-600	-100	mV	
共模输入电压范围（参考接收端地）	V_{IS}	0.050	2.350	V	
差分输入阻抗	R_{IN}	80	120	Ω	在芯片内部终止

3.3 RapidIO 电参数

RapidIO 互连通信协议的体系结构由逻辑层、传输层和物理层构成。其中物理层规范定义了数据传输的物理结构和方式，包括所有电特性的详细规范，详见表 5、表 6。

3.4 对比分析

三种协议的数据信号类型均为差分信号，本文对三种协议的物理层发射端和接收端电参数进行对比分析，三种协议都需要关注的参数有差分输入 / 输出电压、输出阻抗、阻抗失配，对于发射端，以太网协议和 RapidIO 协议的输出电压相差不大，而对于接收端，以太网的输入电压为正向电压，RapidIO 协议的输入电压为负向电压，在 FC 协议中更关注输入 / 出电压参数的峰峰值。不同协议的匹配阻抗相差不大，均在 100 Ω 左右。这些典型参数是相关芯

片测试中重点关注的指标，为台式测试设备选型、ATE 程序开发中参数范围设置提供了强有力的依据。

4 结语

随着集成电路向着大规模、高集成的方向发展，不同网络的融合成为发展趋势，网络交换芯片的地位也逐渐提高，以太网、FC、RapidIO 成为应用较普遍的通信协议，不同的通信网络的通信方式有很大不同，对物理层电参数的要求也有区别，不利于网络交换通信，本文对这三种通信协议电参数进行了分析和对比，电参数的对比分析有利于物理层设计测试，不仅有利于相关芯片的研制，对芯片的测试验证也有一定的指导意义，同时为芯片测试方法的优化与改进提供参考。■

服务器应用场景性能测试方法分布式存储标准解读

陈颖 任翔 赵鑫 赵琳 包振忠

摘要:围绕绿色计算产业联盟《服务器应用场景性能测试方法 分布式存储》标准,详细阐释了服务器在对象存储、块存储、文件存储三个典型存储方向上的性能测试用例选择依据、测试组网、测试方法等内容。可帮助测试机构、服务器厂商及用户了解分布式存储场景服务器性能测试标准和立项目标,对促进该标准的宣贯及最终的落地实施均具有一定的指导意义。

关键词:服务器 性能测试 分布式存储

1 引言

随着 IoT、大数据、移动互联等应用数量的暴涨,产生的数据也越来越多,整个存储市场总量也逐年增长。根据 IDC 报告显示,分布式存储作为底层基础设施主要服务于政府、电信、教育、金融、媒体、制造、医疗、交通、能源等行业,且 2019 在中国销售量等比 2018 年增长 46.9%,已逐渐被市场所认可。分布式存储系统的接口类型具有多样化特征,分别针对于块、文件、对象三种存储接口,每个存储接口分别针对于不同的应用场景。块存储接口主要针对于结构化数据场景,如:数据库、云平台、虚拟化等响应延迟要求较高的业务场景。文件存储接口主要针对于非结构化数据场景,如:非编、视频监控、图片、音频等高带宽海量数据的业务应用场景。对象存储接口主要针对于如:归档、数据分析、互联网应用等海量数据、高并发的业务应用场景。预计到 2021 年底分布式存储会占到整个存储市场的 50% (公有云和私有云),预计到 2027 年,分布式存储会占到整个市场的 70%。

随着分布式存储越来越普及,现在一些对性能要求比较高的应用也开始使用分布式存储,例如金融系统的数据库。要实现高性能的存储系统,一般都需要配置 SSD 作为主要存储介质,要将 SSD (固态硬盘) 的性能完全发挥出来,对 CPU 的处理能力要求就越来越高。

为了展示不同架构服务器在分布式存储应用场景的性能表现,需要制定标准化的评估方法,对比评估不同架构产品与传统架构产品在该场景所关注指标、特性上的差异化优势。因此,中国电子技术标准化研究院组织相关单位共同制定了用于分布式存储场景的服务器性能测试方法,即《服务器应用场景性能测试方法 分布式存储》标准。

2 主要内容和适用范围

本标准规定了用于分布式存储场景的服务器的性能测试方法,包括测试对象、测试环境配置要求、测试数据、测试指标、测试用例、测试报告要求等。其中,测试用例部分包括分布式对象存储、分布式块存储和分布式文件存储三个大测试项的内容,每个大测试项里面又包含了不同文件大小的随机读、随机写、顺序读、顺序写以及混合读写等几个子测试项,真正从多个角度对分布式存储场景下服务器的性能表现进行了度量。

分布式存储整体测试过程是通过开源、通用、业内认可的测试工具,最大化的模拟各业务接口以及业务场景数据流,并针对不同接口、不同数据粒度的数据业务 I/O 进行模拟测试,系统化地考量在 CPU 存在差异化的情况下存储系统的总体性能展现。标准也考虑到针对不同接口、不同数据粒度的数据业务 I/O 进行模拟测试。

针对不同接口，此次测试分别采用 Cosbench 模拟对象业务数据 I/O 模型、Vdbench 模拟文件存储业务数据 I/O 模型、FIO 模拟块存储业务数据 I/O 模型，三种工具具体介绍如下。

(1) Cosbench 可通过对对象接口模拟对象数据访问时数据高并发以及大带宽写入数据时，海量小文件数据写入的 OPS 以及大容量数据写入时的带宽性能。

(2) Vdbench 可基于文件系统，模拟海量小文件以及大数据块写入时系统的 OPS 以及带宽读写性能，以此模拟海量小文件或者大数据量写入时，存储的 OPS 以及带宽展现。

(3) FIO 可基于块存储系统，模拟数据库、虚拟化业务应用在顺序读写或者随机读写数据时，存储系统的 IOPS 以及延迟展现。

业务类型数据的模拟上，主要通过测试工具模拟大文件、小文件、数据库几种数据模型，并针对各种数据模型的性能指标评定存储系统在不同 CPU 情况下的性能差异，其中小文件性能指标是 OPS（每秒可以读取或者写入的文件数量），大文件性能指标是读写带宽（每秒写入和读取的数据量），数据库类的应用类型考量的是每秒可以对数据库操作次数以及每次操作所产生的延迟，即存储系统总体性能展现基于 OPS、IOPS、

带宽、延迟这四项指标来进行评定。测试指标可模拟和反馈业务系统对存储系统的总体诉求，并可以根据自身对存储的要求来评定存储系统是否可以满足业务对存储系统整体性能需求。

测试指标选取分别针对不同的接口选定不同的数据测试粒度，以此与业务数据写入粒度相对应，评估不同数据 I/O 粒度情况下，存储系统整体性能指标以及变量。从接口类型来划分，文件、对象存储主要针对于非结构化数据，块存储主要针对于结构化数据。由于数据自身具有大小不固定的特性，所以存储测试数据 I/O 粒度采用区域型制定，即小数据块 I/O 粒度 (4 K)、一般数据块 I/O 粒度 (1 M)、大数据块 I/O 粒度 (16 M)。业务系统可以根据自身存储数据 I/O 模型和此次测试指标粒度进行比对，以此评估存储系统是否可以满足业务的性能需求。

3 标准要点解析

3.1 涵盖分布式存储所有接口以及协议的测试规范

标准测试范围涵盖了分布式存储的不同接口，包括分布式文件、分布式块、分布式对象三种接口类型，并

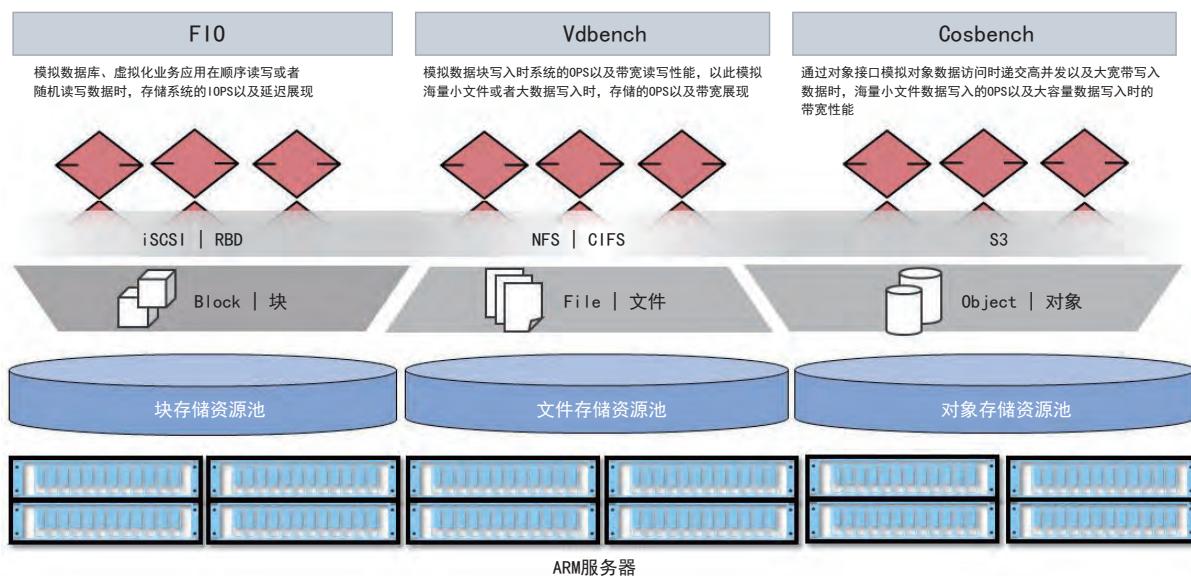


图 1 分布式存储架构示意图

技术聚焦

详见图 1，针对于不同接口进行数据传输时所使用的不同数据传输协议，如：NFS、CIFS、RBD、iSCSI、S3 等，进行性能测试规范，详细制定了具体测试方法。可保证不同数据读写粒度、不同接口、不同的数据传输协议下，业务系统所需或者存储系统所展现的带宽吞吐、IOPS、OPS 等性能可以满足业务诉求，最大化的降低了用户在采购前由于不了解业务所需而带来的存储系统采购风险。

基于规范可以对统一存储池下的不同业务同时展开测试，评定统一存储在支撑不同协议接口的情况下，存储系统是否能够满足业务层对存储的性能诉求，是否存在多协议多接口同时支撑服务器时会出现互相干扰的情况，导致前端业务受到不同程度的影响。以此来评定存储系统的整体稳定性以及适配性。

3.2 标准测试工具以及测试流程

测试工具通过不同并发程度以及数据 I/O 粒度的变化，去模拟各业务应用在进行数据读写时候的 I/O 模型，以此模仿在不同的业务对不同接口进行数据读写时存储系统的整体性能展现，通过此测试工具以及测试流程可以最大程度的去模拟在业务场景下数据读写对存储的压力，以及存储系统在不同接口的形式下的性能。在测试工具的选取中，选择不同测试工具，分别对应不同接口，包括：文件、块、对象三种接口类型，并在实际的操作中对不同的业务模型，如：数据库、云平台、非编、视频监控、图片、归档、数据分析、互联网等业务应用，进行独立的 I/O 模型分析，分析完成之后，基于测试工具的能力去模拟业务数据读写 I/O 流程，最大化的表现业务应用的 I/O 读写压力，让测试结果能够还原业务应用的真实压力情况，以此评估存储系统是否可以满足业务的性能需求。

对象存储主要特点是并发和海量，所以在不同的数据 I/O 粒度之上主要考量的是海量数据的情况下对系统的总体影响，所以评测标准中在文件数量上存在特殊测试要求，测试需要保证每个节点在达到一定文件数量的情况下进行性能取值。

块存储多数服务于结构化数据，且结构化数据大多以随机读写和混合读写为主，所以此次用例在 4 k、1 M 和 16 M 粒度之上，增加了随机读写和混合读写用例机制，以此最大化的模拟业务数据读写块存储模式，且读写比例按照通用的 7 读 3 写为基准定义。

文件存储多数应用为并行计算类业务应用，并行计

算类应用大多采用网各类计算模式，切分数据后进行读写运算和合并，所以测试文件粒度采用大数据块粒度为主，即 1 M 和 100 M 文件粒度，并且在数据读写模型中除了非结构化数据的文件数量规格之外，增加了混合读写测试参数，以此模拟业务应用在进行顺序读写和混合读写的整体性能值。

4 标准实施意义及未来展望

当前国内服务器行业并没有针对分布式存储领域的性能评测标准，业界均是使用一些存储领域通用的测试工具，没有明确规定测试用例、测试方法等内容，在实际操作中难以用来体现服务器在分布式存储场景的性能特点，难以指导行业客户的针对性设计及典型用户的选型等，这个现状也是该评测规范对于更好发挥服务器在分布式存储领域能力的意义所在。本次编制不仅可以用来评估不同架构产品的差异化优势，也时提出了首个深入到分布式存储领域的服务器评测规范。

本标准用于对应用与分布式存储场景的服务器的评测，可指导服务器的设计、实现、验证，能推动不同架构服务器的分布式存储解决方案的能力提升，极大地帮助用户对服务器产品及解决方案的选型，为客户提供优异的块存储、文件存储、对象存储服务的分布式存储解决方案。

后续将进一步梳理分布式存储在各行业应用的典型业务场景，细化典型业务场景下对于分布式存储系统性能、安全、可用性等方面的需求，并研究对应的基准测试方法。这项研究可以进一步推进分布式存储测试形成行业基准值，为完善分布式存储测试在各行业应用和升级提供参考。

5 结语

希望本标准能够牵引服务器在分布式存储场景的性能提升，通过标准机构引导服务器、分布式存储厂商共同参与协力打造出性能更强、更好用的分布式存储解决方案，更好地支撑起各行业的业务系统对存储系统性能要求，推动不同架构计算产业生态建设和产业蓬勃、健康发展。为新基建的建设提供多样化的算力平台选择，为推进产业基础高级化、产业链现代化提供算力保障。■

绿色计算服务器可信赖技术要求解读

齐筱 庞婷 任翔 赵鑫 李雪莲

摘要：根据绿色计算产业联盟标准《绿色计算服务器可信赖技术要求》，详细解读服务器可信赖框架、服务器可信赖等级以及服务器可信赖功能要求和过程要求等内容，阐述行业内依据该标准进行测试方法标准研究的情况并介绍后期工作展望。

关键词：标准 服务器 可信赖

1 引言

服务器是构建 ICT 基础设施的核心底座，承载着国家、企业和人民的核心资产。服务器的可信赖技术水平将直接影响到 ICT 基础设施的可信赖程度，为降低 ICT 基础设施遭受攻击的可能性，消减服务器存在的潜在不可信风险则变得至关重要。2020 年 3 月，绿色计算产业联盟成立了《绿色计算服务器可信赖技术要求》标准项目，该标准的编制整合了芯片厂商、固件厂商、OS 厂商、整机厂商等多家核心企业在安全可信领域的研究成果与实践，保证了标准编制质量及其应用范围。

为了指导整机厂商设计、开发、生产可信赖服务器产品，同时给行业客户在进行服务器产品选型时提供参考依据，编制组制定了标准化的测试评估方法，以此来对比不同服务器产品在可信赖技术功能上的差异，进而促进整机及相关厂商持续提升技术的先进性。

依据《绿色计算服务器可信赖技术要求》，编制组调研各行业对服务器可信赖技术功能的不同需求，制定配套的测试评估规范，量化绿色计算服务器的可信赖能力，树立绿色计算服务器可信赖标杆，为行业用户选择可信赖服务器产品提供有效参考。

本文通过解读《绿色计算服务器可信赖技术要求》，梳理服务器可信赖技术现状、框架、等级划分以及服务器可信赖功能要求和过程要求，展望《绿色计算服务器可信赖测试方法》标准的研制和应用。

2 主要内容和适用范围

本标准是国内首个服务器可信赖标准，规定了服务器可信赖技术的概念和技术要求，其中，可信赖技术概念包括可信赖框架和等级定义，可信赖技术要求包括功能要求和过程要求。可信赖功能要求包括安全性、韧性、可靠性、可用性、隐私性和无害性；可信赖过程要求包括可解释、一致性、可追溯、可重复构建、开发环境安全和漏洞管理。

服务器产品已经在产学研用领域应用多年，积累了大量优秀的产业实践。随着 5G 网络、人工智能、工业互联网、物联网、云计算等新基建的快速发展，强化服务器可信赖变得至关重要。本标准可用于绿色计算服务器可信赖评测，可指导服务器设备商设计、开发、生产、制造可信赖的绿色计算服务器，也可为行业用户选择部署可信赖服务器提供有效参考。本标准体现了服务器可信赖技术发展方向和研制过程中可信赖要求，能够推动服务器可信赖水平的提升。

3 标准要点解析

3.1 服务器可信赖概念解析

可信赖的相关概念当前主要集中在国际标准规范中，比如 ISO/IEC、ITU、NIST、BSI、NCSC 等。其中英国 BSI 10754-1:2018 Systems trustworthiness-Part

技术聚焦

1: Governance and management specification 里定义了 Safety、Reliability、Availability、Resilience、Security 五大可信赖维度，对本标准中的可信赖概念起到了很好的参考作用，如图 1 所示。

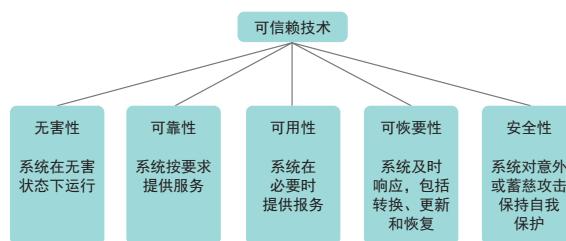


图 1 可信赖组成元素

编制组结合产业现状和国内外对用户隐私数据保护的日益重视，在 BSI 10754 Information technology-Systems trustworthiness 的基础上将可信赖的定义扩展为：系统在环境破坏、人为错误、发生故障和恶意攻击的情况下仍能按照预期特征运行的信任程度，这些特征包括安全性、韧性、隐私性、可靠性、可用性、无害性六个特性。

3.2 服务器可信赖技术框架解析

在充分借鉴和吸收国外标准、规范和技术文献和产业界的优秀实践的基础上，本标准规定了服务器可信赖的概念包括功能要求和过程要求两个方面，明确了服务器可信赖技术边界，帮助产业理解并使用可信赖概念。包括产品自身功能的安全性、韧性、可靠性、可用性、隐私性、无害性六个可信赖特性和产品研发过程中的可解释、一致性、可追溯、可重复构建、开发环境安全、漏洞管理六个可信赖原则，如图 2 所示。



图 2 服务器可信赖技术框架

3.3 服务器可信赖功能要求解析

本标准规定了服务器可信赖功能要求包括安全性、韧性、可靠性、可用性、隐私性和无害性等六个方面，其具体含义如下：

- (1) 安全性：产品对恶意威胁的防护能力，可能的威胁包括但不限于对系统的未经授权访问、使用、泄露、破坏、修改、毁灭，防护目标是保持信息的机密性、完整性和可用性；
- (2) 韧性：产品受到恶意攻击时保持在已定义的运行状态、快速恢复核心系统，受攻击后在业务需要的时间窗内恢复到有效运行态；
- (3) 可靠性：产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力；
- (4) 可用性：产品在任意时刻需要或开始执行任务时，处于可工作或可使用状态的能力，或在不停机的条件下进行扩展；
- (5) 隐私性：产品具备能力使客户能够就收集、使用、保有、披露和处置个人信息履行其权利和义务，包括隐私数据控制、隐私数据保密等；
- (6) 无害性：产品不影响人身安全、自然环境安全和其他设备正常运行。

在确定服务器可信赖功能时，编制组重点分析梳理了目前服务器在通用行业面临的主要可信赖风险，如图 3 所示。针对这些风险提出相应的可信赖功能要求，消减可信赖风险，才能实现标准对产业的价值和影响力。

3.4 服务器可信赖过程要求解析

本标准规定了服务器可信赖过程要求包括可解释、一致性、可追溯、可重复构建、开发环境安全和漏洞管理等六个方面，其具体含义如下：

- (1) 可解释：提供清晰易懂的陈述和解释，并有切实存在的事实、数据支持，可支撑客户、检测机构进行知情而独立的判断或审计；
- (2) 一致性：使用同样数据以相同方式开展过程并得到一致结果的能力，包括工具、活动、数据以及最终交付件的一致性；
- (3) 可追溯：跟踪产品需求、设计、开发、测试、部署和发布过程的能力，并通过记录的信息可以正反向追溯到上下层相关对象的来源和关系；
- (4) 可重复构建：在产品代码一致的情况下，达



图 3 服务器可信赖风险示意

到开发、测试环境可自动重复构建；

(5) 开发环境安全：保证开发环境、开发工具、开发代码的安全可信；

(6) 漏洞管理：及时发现产品漏洞，并快速响应和修复上报的漏洞，具备完善的漏洞管理机制。

自 2004 年起，微软将 SDL (Security Development Lifecycle, 安全开发生命周期) 作为全公司的计划和强制政策，SDL 的核心理念就是将安全考虑集成在软件开发的每一个阶段：需求分析、设计、编码、测试和维护。从需求、设计到发布产品的每一个阶段每都增加了相应的安全活动，以减少软件中漏洞的数量并将安全缺陷降低到最小程度。除了上述开发流程，还在软件开发前增加了安全培训这项活动，在软件发布后增加了安全应急响应的相关活动，如图 4 所示。思科基于开发生命周期，强调威胁建模分析、健壮的软件库，提供基于自研芯片构建可信根，持续保障和提升产品可信程度。编制组结合了微软和思科的优秀实践，调研了国内主流服务器厂商开发过程流程，最终形成本标准的过程可信要求。

3.5 服务器可信赖等级定义解析

在标准编制过程中，为了体现不同厂商技术实现的差异性，增强标准的普适性，以及对先进技术的牵引，采取分级的措施提出相应标准的要求。

服务器可信赖功能要求是产品最终所呈现的结果和能力，以可信赖目标为主，结合可信赖风险和产业现状，设置自低向高逐级增强的三个要求等级，并用基本级、增强级、卓越级

表示，如图 5 所示，其中基本级和增强级为主打等级，卓越级为产业牵引方向，级别定义如下：

- 基本级：**可以实现对服务器关键资产的基本保护，能够抵御来自个人的、拥有很少资源的威胁源发起的恶意攻击、一般的自然灾害、以及其他相当危害程度的威胁所造成的关键资产损害，在自身遭到损害后，能够恢复部分功能；

- 增强级：**可以实现对服务器关键资产的全面保护，能够免受来自有组织的团体、拥有较为丰富资源的威胁源发起的恶意攻击、较为严重的自然灾害、以及其他相当危害程度的威胁所造成的关键资产损害，在自身遭到损害后，能够较快恢复绝大部分功能；

- 卓越级：**可以实现对服务器关键资产的更强保护，能够免受来自国家级别的、敌对组织的、拥有丰富资源的威胁源发起的恶意攻击、严重的自然灾害、以及其他

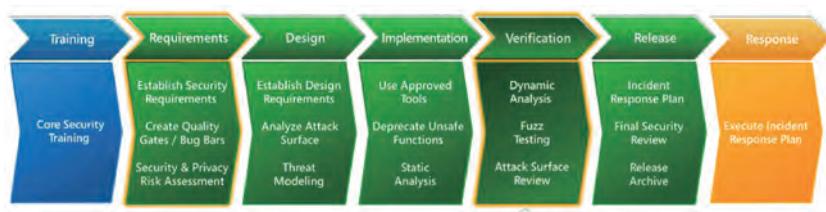


图 4 微软 SDL 活动流程示意

技术聚焦

相当危害程度的威胁所造成的关键资产损害，在自身遭到损害后，能够迅速恢复所有功能。

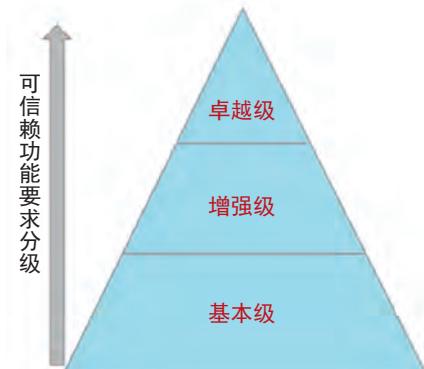


图 5 信赖功能要求等级划分

可信赖过程要求是服务器产品实现可信赖功能的基础保障，不分级，主要牵引产业加强对自身研发过程的可信赖管理。

4 标准实施意义及未来展望

目前国际上已经广泛开展可信赖标准的研制和推广，而国内仅聚焦广义上的安全，可信赖方面的标准研制和技术研究还处于空白阶段，且经常把可信赖狭义的理解为可信计算，对“可信赖”尚未有一个明确的定义。

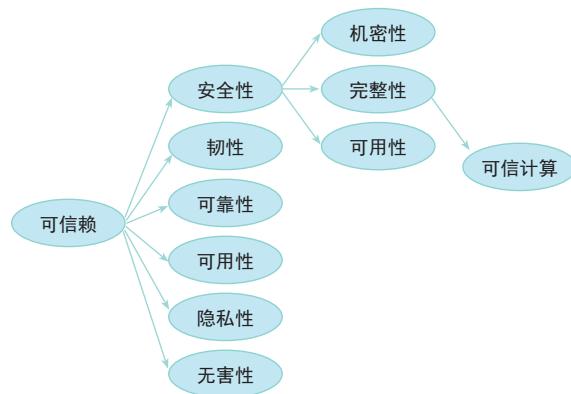


图 6 可信计算与可信赖的关系

编制组在标准编制过程中，通过研究学习国外优秀标准和企业的实践，对可信赖和可信计算的概念和关系进行了分析和说明：可信计算是一种由软硬配合完成的安全技术，解决的仅是可信赖特征中的安全性中的完整性问题，明晰了可信赖和可信计算的关系，如图 6 所示。

绿色计算产业联盟聚焦高性能、低功耗、可信赖的计算产品及服务，该标准作为绿色计算标准体系的一个分支，将绿色计算服务器的可信赖能力贡献到产业界，解决传统安全标准无法满足产业需求和趋势的问题，通过开展测评认证工作实现标准落地，推动绿色计算服务器可信赖技术成为业界共识，补齐产业界在服务器可信赖方面的标准空白，树立绿色计算服务器在产业界的可信赖标杆，助力绿色计算服务器在运营商、金融、电力等行业的应用和推广，如图 7 所示。



图 7 标准的应用和推广计划

5 结语

本标准是绿色计算产业联盟《绿色计算服务器可信赖技术要求》标准配套的测评规范，规定了绿色计算服务器的可信赖技术测试方法，包括服务器可信赖功能和可信赖过程的测试对象、测试用例、测试结果判定等要求。

希望本标准可以指导绿色计算服务器的设计、开发和验证，推动绿色计算服务器可信赖能力的提升，帮助用户对绿色计算服务器产品的选型。■

机密计算技术研究

许东阳 齐筱 任翔 赵鑫 李雪莲

摘要：面对应用机密计算技术的广泛需求，梳理了该技术的国内外研发现状，介绍了国内外主要厂商提供的机密接口和工具，提出了建立机密计算的平台架构，详细叙述了安全域隔离、完整性保护、虚拟化安全等相关安全技术核心与典型应用场景，并提出了未来工作展望。

关键词：机密计算 可信执行环境 数据安全 隐私计算

1 机密计算概述

随着网络技术在行政、财经、金融和社会生活等领域不断深入地应用，大数据逐渐成为国家间竞争和企业间竞争的核心资源，与此同时，针对大数据展开的网络攻击技术也在日益成熟。因此，保障数据安全事关国计民生，甚至对国家安全带来深远影响。

通常意义上，数据保护对象为静态存储或网络传输数据，但是使用中的数据安全问题仍然存在，成为数据生命周期中最具挑战的部分。伴随着市场对高安全、高效率、低能耗的使用中数据安全需求不断提升，安全领域中机密计算（Confidential Computing）技术应运而生。机密计算技术是一种创新的数据隔离和加密处理技术，其应用场景非常广泛，特别是云计算领域。该技术常见的应用有基于飞地（Enclave）的加密数据分析、版权保护、基因数据处理、密钥保护、密钥管理系统、隐私保护的机器学习以及保密数据库等。另外，区块链隐私计算、区块链、可信AI、隐私边缘计算等安全技术都可以构建在机密计算技术之上，以提供更好地服务应用场景。机密计算技术能够确保重要应用数据、代码的机密性和完整性，为关键业务提供易用、安全、集群化的计算环境，对计算安全产业的发展具有重要意义。

机密计算通过在基于硬件的可信执行环境中运算，来保障使用中数据的安全性和完整性。2019年8月，全球主要科技公司 Alibaba、Arm、Baidu、IBM、Intel、Google Cloud、Microsoft、Red Hat、华为等宣布成立机密计算联盟（Confidential Computing

Consortium，CCC），专注于保护使用中的数据安全，推广机密计算在行业中的应用。除了云计算领域的应用，机密计算可以适用于任何场合，包括本地服务器、网关、IoT设备、边缘部署、用户设备等。

本文梳理机密计算安全发展现状与需求，分析机密计算的关键技术及应用场景，展望推进机密计算相关工作的未来。

2 国内外发展现状

为了保护使用中数据的安全，有两类技术，一类是基于密码算法的，如隐私计算（Privacy-Preserving Computation）等，另一类是基于硬件的，即机密计算。隐私计算与机密计算不同，隐私计算主要以密码学计算为信任根，包括同态加密、多方计算等。隐私计算在整个数据处理过程中保持密态，更加侧重于保护用户的隐私，其运行效率较慢，目前商用还有待进一步提高性能。机密计算强调基于硬件实现的可信执行环境 TEE，采用加密或者隔离等方式，从而保护使用中数据的安全。目前，机密计算没有统一的参考架构，它可以与可信执行环境、联邦学习、多方安全计算等多技术路线融合。

可信执行环境（Trusted Execution Environment，TEE）是数据计算平台上软硬件结合构建的一个安全区域，可从机密性和完整性两方面保证安全区域内使用中代码和数据的安全。目前提供数据隐私保护的隐私计算技术包括多方安全计算、联邦学习、零知识证明、同态加密等多种方案或基础技术，

技术聚焦

在保证数据提供方不泄露原始数据的前提下，对数据进行分析计算。

目前，国内外主要机密计算服务提供商开发了一些实现该功能的接口或工具：

(1) Open Enclave SDK 是由 Microsoft 开源的应用程序。利用这个程序，开发者可以跨多个 TEE 体系结构构建机密计算框架。该应用目前支持的硬件平台是 Intel 的 SGX 和 Arm 的 TrustZone。

(2) SGX SDK for Linux 是由 Intel 开源的应用程序。该程序可以通过 CPU 构建安全执行环境对抗针对代码和数据展开的攻击，通过内存加密对抗内存物理攻击，同时具有独立的安全指令、远程证明与密钥管理功能。

(3) Enarx 是由 Red Hat 开源的应用程序。该程序使用 TEE 保护应用程序，提供独立硬件平台，为受信任的执行环境 (TEE) 提供了平台抽象，主要面向公有云服务。

(4) Asylo 是由 Google 开源的机密运算开发框架。该框架作为一个硬件 enclave 技术的抽象层，提供一个在可信执行环境中执行的应用的开发框架和 SDK。

(5) SOFAEnclave 是蚂蚁金服机密计算中间件，屏蔽业务 Enclave 开发挑战和机密计算集群复杂性，

使用 Occlum 工具链编译，为数据和代码打造一层可信中间件，为金融业务保驾护航。Occlum LibOS 已经开源并捐献给国际机密计算 CCC 联盟。

(6) MesaTEE 是由百度基于 SGX 建立的应用程序，该程序兼容包括 TPM、Intel SGX/MKTME、AMD SEV/SME、Arm TrustZone、Risc-V Keystone、FPGA 等广泛的 TEE 平台。百度安全 MesaTEE 成为 Apache 孵化器项目 Apache Teclave。

基于以上现状，需研究统一的机密计算平台架构，建设开发者生态，赋能合作伙伴，并逐步形成应对不同阶段安全挑战的新技术，提高系统的安全保障水平。

3 机密计算技术与应用场景

基于已有的机密计算架构，屏蔽 OS 差异与 TEE 环境，兼容统一 Intel SGX、Arm Trustzone、RISC-V Keystone 等多种框架，北向建立硬件透明的统一软件开发接口，南向适配多种硬件平台，建立面向开发者的安全生态，为用户提供多样化的服务。

3.1 机密计算平台架构

在机密计算平台架构（图 1）中，主要分为服务层、中间件层、基础层、可信固件层以及生命周期管理层。

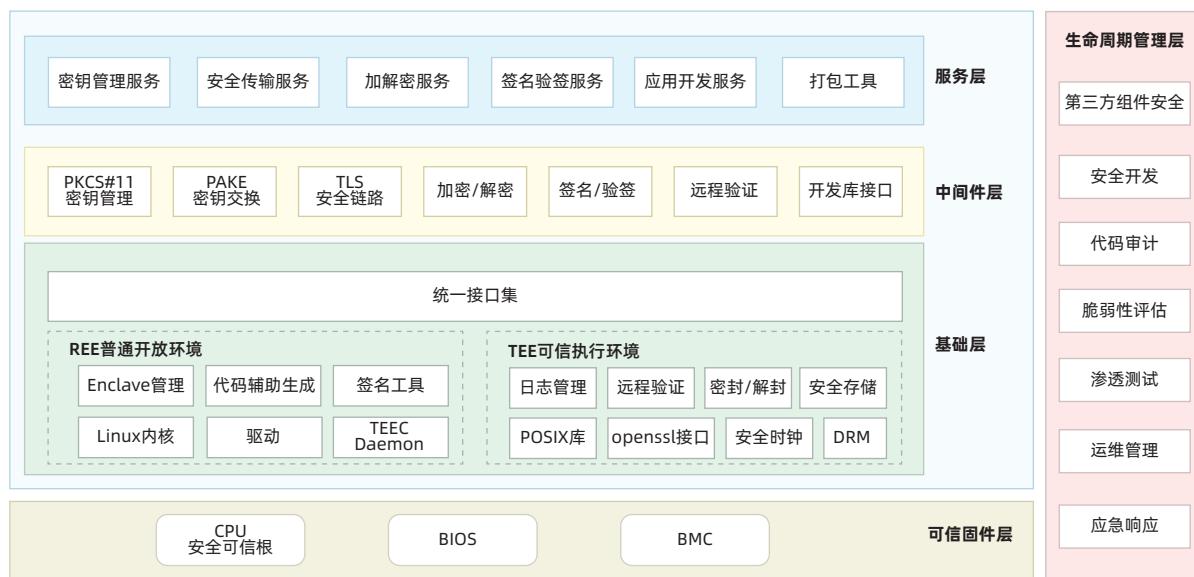


图 1 机密计算平台架构

服务层功能主要提供用户密钥管理服务、安全传输服务、加密解密服务、签名验签服务、应用开发服务以及打包工具等。中间件层功能主要包括 PKCS#11 密钥管理、PAKE 密钥交换、TLS 安全链路、加密解密、签名验签、远程验证、开发库接口等。基础层主要提供统一接口集，包括 REE 普通开发环境、TEE 可信执行环境相关的接口。REE 相关的功能接口主要有 Enclave 管理、代码辅助生成、签名工具、Linux 内核、驱动、TEEC Daemon 等；TEE 相关的功能接口包括日志管理、远程验证、密封解封、安全存储、POSIX 库、openssl 接口、安全时钟、DRM 接口等。

可信固件层包括底层的 CPU 安全可信根、BIOS、BMC 等。生命周期管理层主要提供第三方组件安全、安全开发、代码审计、脆弱性评估、渗透测试、运维管理、应急响应等功能。此外可以通过社区开源开发者 SDK 与 TA 开发工具与文档、安全应用的 demo, 如远程证明、TA 迁移等，以简化应用开发。

3.2 机密计算关键技术

在机密计算解决方案和参考实现过程中，涉及的关键技术如下。

(1) 安全域隔离

安全域隔离是指在服务器 CPU 的不同安全域之间虚拟隔离资源，控制安全资源调配，实现不同业务场景下的安全隔离。隔离技术需要通过对不同安全域之间通信的数据完整校验、数据的安全检查及建立安全连接的方式来实现不同业务通信单元之间有效的安全隔离。

(2) 完整性保护

完整性保护是指对机密计算数据进行完整性检查和验证，保障数据的完整性，进而保证服务器运行在预期的状态，因此需要 CPU 的安全验证以及轻量级的可信链传递及度量方法，保证度量结果验证的时效性和准确性，实现系统或应用的安全启动和可信启动。

(3) 安全性保护

数据安全保障数据在 CPU 存储以及在复杂异构的环境中传输的安全性，同时根据业务需求随时被用户或系统查看和使用。亟待新的数据安全治理理念，提供轻量级数据加密、数据安全存储、敏感数据处理和敏感数据监测等关键技术能力，保障数据的产生、采集、流转、

存储、处理、使用、分享、销毁等环节的全生命周期安全，涵盖对数据完整性、保密性和可用性的考量。

(4) 隐私性保护

针对机密计算数据脱敏防护薄弱、获取数据敏感程度高、应用场景具有强隐私性等特点，面向机密计算隐私数据泄露、篡改等安全风险，突破机密计算轻量级加密、隐私保护数据聚合、基于差分隐私的数据保护等技术难点，实现机密计算设备共享数据、采集数据、位置隐私数据等数据的隐私保护。

(5) 虚拟化安全实现

在机密计算环境下，虚拟化安全是指基于虚拟化技术，实现对服务器的虚拟化隔离和安全增强。相较传统云服务器，需要提供低底噪、轻量级的虚拟化框架；需要基于虚拟化框架构建低时延、确定性的 OS 间安全隔离机制和 OS 内安全增强机制；需要增强 hypervisor 本身的安全保护，消减虚拟化攻击窗口。

(6) 安全 OS 建立

在机密计算环境下，安全 OS 是指 TA 层依赖的安全操作系统，支持额外的硬件安全特性（如 TPM、SGX enclave、TrustZone 等）等。需要提供协同的 OS 恶意代码检测和防范机制、统一的开放端口和 API 安全、应用程序的强安全隔离、可信执行环境的支持等关键技术，在保证操作系统自身的完整性和可信性的基础之上，保证其上运行的各类应用程序和数据的机密性和完整性。

(7) 安全监测

安全监测是指持续监控服务器是否存在缓慢或故障组件，或者受到侧信道攻击等，并在故障、中断等情况下通知安全管理员。设备受到攻击后，也有可能会发起针对特定目标的分布式拒绝服务攻击 DDoS。因此，进行有效的安全监测是机密计算安全的重要组成部分。通过监测 CPU 性能，实时监测链接的传输内容，能够及时发现违规行为，防止设备受到网络攻击。

(8) 权限和访问控制

权限与访问控制定义和管理用户的访问权限，通过某种控制方式明确的准许或限制用户访问系统资源或获取操作权限的能力及范围，控制用户对系统的功能使用和数据访问权限。需要提供轻量级的最小授权安全模型（如白名单技术），去中心化、分布式的多域访问控制

技术聚焦

策略，支持快速认证和动态授权的机制等关键技术，从而保证合法用户安全可靠的访问系统资源并获取相应的操作权限，同时限制非法用户的访问。

(9) 渗透测试

渗透测试是从攻击者角度，对现有系统进行脆弱性发掘与利用，以达到系统风险评估的目的。渗透测试是脆弱性评估的一种方式。需要在渗透测试阶段制定具有保障可控性和完整性的测试方案，保证测试人员了解整个测试过程以及由此产生的结果，力求全面，同时面向服务器上可能运行的定制操作系统、调用不安全第三方软件或组件等安全风险，突破自动化操作系统安全策略配置、自动化的远程代码升级和更新、自动化的入侵检测等技术难点，形成代码完整性验证以及代码卸载、启动和运行时恶意代码检测与防范等能力，实现机密计算全生命周期的恶意代码检测与防范。

(10) 响应与恢复

响应与恢复是指服务器被入侵之后，做出反应和恢复的过程。恢复过程中，通常需要解决两个问题：一是被入侵所造成的影响评估和系统的重建，二是恰当的外部措施的采取。其中外部措施的采取，又直接与评估和重建过程中所形成的结论相关。需要产生快速的响应，满足行业在实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面的基本需求。因此，需要做好服务器应急响应准备工作，制定应急响应预案并演练，能够及时发现机密计算安全事件并做出处置，阻止或减小事件影响。

3.3 典型的机密计算应用场景

机密计算应用场景非常广泛，常见的应用有区块链隐私计算、基于 TEE 技术的 AI 模型保护等，其他如隐私边缘计算、多方计算等都可以构建在机密计算技术基础上，与机密计算技术结合解决数据提供方的互信问题。

区块链场景下的典型安全解决方案将利用机密计算、区块链等技术解决数据隐私问题，针对密钥以及当前物理加密机性能不足，希望基于硬件构建隐私保护的密钥管理系统，提高性能。该方案一般由区块链、安全、大数据等多种技术结合而成，能够提供一站式企业级可信数据协作解决方案，解决

目前在数据协作过程中遇到的难题。

AI 场景下的典型安全解决方案是使用方把 AI 模型和训练 / 预测数据加密存储，只有在使用时才将其输入 Enclave，在 Enclave 里面解密，由 Enclave 中运行的 AI 框架处理，结果根据具体场景需求以明文返回或加密返回并在使用方本地解密。这要求 Enclave 能支持常见的 AI 框架，例如 Tensorflow、PyTorch、Mindspore。AI 场景下的机密计算框架支撑上层业界通用的、以及自研的 AI 框架，AI 应用几乎零改动，机密计算的这种灵活性将让开发者完全发挥 TEE 的优点，可迅速移植应用，而不需要额外修改代码。上层 AI 应用灵活调用机密计算能力，可以较为轻松的高效运行常见的 AI 框架。

4 技术应用展望

区别于存储安全和传输安全，机密计算安全具备数据机密性、数据完整性、代码完整性、代码机密性、安全启动、可编程性、可验证性、可恢复性以及防侧信道攻击等特征。下一步机密计算需要深化技术研究，主要从以下两个方面开展工作：

(1) 加强机密计算应用工作。机密计算安全白皮书已经发布，下一步加强应用推广工作，通过使能第三方进行 enclave 开发，兼容统一 Intel SGX、Arm Trustzone、RISC-V keystone 框架，助力服务器机密计算服务加速进入电信、金融、电力等高安全需求应用，协助各行业提高数据安全保障能力和水平。

(2) 积极建设测评与认证能力。制定机密计算关键标准，开展机密计算功能与接口标准符合性测试、认证认可、安全评估等能力建设，积极搭建机密计算标准仿真验证环境，研制相关配套的标准测试工具等，支撑重点行业、政府主管部门的数据安全监管和数据安全治理工作，支持数据安全产业的可持续发展。

5 结语

本文描述了机密计算的平台架构、安全需求、安全技术核心以及典型应用场景。机密计算技术为绿色计算服务器上使用中代码和数据的安全运行提供有力保障，我们希望通过推动机密计算技术框架的确立可为产品测试、选型及验收提供技术支撑，促进绿色计算服务器安全能力的提升。■



一个50岁中国操作系统开发者的故事

——记操作系统老兵陈棋德

文/ InfoQ 小智

20年专注一件事：操作系统研发

1996年7月，陈棋德硕士毕业进入到中科院计算机网络信息中心工作，正式接触到了Linux系统。时隔多年，他仍清楚地记得当时使用的是Slackware的3.1版本。1999年7月，陈棋德加入了北京拓林思软件有限公司（Turbolinux）从事Linux发行版的研发工作，一干就是20年。

20世纪90年代，计算机在国内远未普及，投身操作系统开发的人数更是凤毛麟角。

国内我知道最早投身操作系统开发的人都在中科院和一些大学里，比如中科院软件所的孙玉芳老

师（孙老师已于2005年病逝）。

谈到与操作系统结缘的经历，陈棋德表示故事其实很简单。学生时代，陈棋德学的就是计算机专业，与现在不同的是，当年学计算机的人并不多。在中科院计算所读书期间，陈棋德接触到了开源软件，产生了兴趣。

“当时我很高兴能够看到操作系统等底层技术的代码，当有来自Linux领域公司的机会时，毫不犹豫地就选择了加入Turbolinux，与Turbolinux三剑客一起工作。这些年一直从事基础软件方面的工作主要是源自对技术的兴趣和对开源理念的认同。”陈棋德说。

陈棋德在采访中笑着提到，年纪大了以后，很多事情都记不住了，当年学源码基本上过目不忘，现在看旧代码却总是忘记当时为什么要这么写。这20多年发生过很多故事，记忆虽有模糊，有三件事却给他留下了深刻的印象：

早年间，公司曾邀请自由软件运动发起人Richard Stallman访问中国。爬长城时他提到一年只需工作6~7周就能满足生活需求，其他的时间专注做自己想做的事情。从那个时候我就认识到从事开源软件工作还是需要在一个富裕的社会背景下，这样大家才可以做自己喜欢的技术方向的工作。

二是在Linux的发展初期，公司的研发高手利启诚等人只用了一天时间就取得了重大突破，实现修改内核代码在字符终端上显示中文的特性。利启诚也是内核文件系统InterMezzo(2.4.15版本加入)的三个主要开发者之一，他是国内在早期就能参与Linux内核开发的程序员。身边的内核高手给我留下深刻印象。

三是Turbolinux在拓荒企业级服务市场时曾攻克的一个技术难题。当时的背景是在电信行业，某通讯公司百万行代码的应用在Linux 2.4上性能不佳，胡欣蔚(现openEuler社区技术委员会主席)等人去了现场和对方架构师交流，找出了其软件架构未能发挥OS性能的根本原因，最终提升了三倍的效能。这是我碰到的第一个让应用在OS层面充分发挥硬件性能的企业级实践经验。

陈棋德对操作系统一直有一个观点：国内要想有很好的发展，一定不要满足于只做Linux的衍生版，而是要去做一个开源的、生态良好的操作系统。在openEuler操作系统出现以后，他觉得时机到了。

与openEuler结缘的故事

openEuler是一个开源、免费的操作系统平台，自开源至今，短短一年时间已经有2000多位贡献者、70余个SIG组，社区迅速发展壮大。

2020年，陈棋德正式加入了openEuler社区。但其实，他与openEuler的缘分在很久以前就开始了。

前文提到的openEuler社区技术委员会主席胡欣蔚，多年前就曾与陈棋德一起共事。openEuler技术委员会的另一位委员熊伟，早年间也曾在Turbolinux工作，某种意义上，陈棋德算是他的入门师傅。

我一直比较关注国内的Linux行业，了解到openEuler的技术路线后也跟他们做过多次交流，最终选择了加入社区一起贡献。目前在社区我主要负责xfce和gnome两个SIG组，在提交包的过程中也参与测试了openEuler社区的基础设施。其他时间还会跟踪内核和编译器等底层方面的包，并和国外Linux版本做对比，以便更好地了解openEuler的优势。

陈棋德表示，要做好一个独立的Linux发行版需要庞大的开发者群体。以Fedora为例，其开发人员规模在3500人左右，而其中的大部分人员都是上游社区的开发人员，能统计到的Red Hat公司的开发者就有七百人之多。这意味着，能参与到上游社区开发的人员，最差的也是编程能力出众的高水平程序员。

我很高兴看到华为把世界一流水平的基础软件底层能力开放出来做openEuler，我也期待openEuler能够越做越好，成为国际主流的Linux发行版。开源操作系统成功的关键无外乎二者：完善的生态和广泛的产业链支持。构筑生态的前提是自己做得足够好，这就要求技术上我们尽可能地做到upstream first，希望在不久的将来openEuler社区开发人员的upstream人员数量能够超越Fedora。

CentOS 8将于2021年底停止维护的大新闻与这次采访不期而遇，此次事件不论是在openEuler社区还是操作系统行业内都引发了广泛的讨论。陈棋德表示，CentOS 8的用户其实可以继续用其他RHEL/CentOS的衍生版本，比如Oracle Linux就表示用户可以使用其替代CentOS。而在另一个层面上，他表示用户也可以尝试迁移到openEuler上，因为开源操作系统的优点就是去厂商绑定，多一个选择对迁移不是难事，对社区都是好事。

中国基础软件：要技术，更要市场

在很多圈外人看来，国内操作系统行业发展不尽如人意。而陈棋德却认为，在 Linux 内核层面上，中国的发展其实并不算差。

数据统计显示，Linux 内核来自中国程序员的贡献已经排在世界第二，仅次于美国。Coly Li 写过一篇名为《Linux 内核在中国大发展的黄金十年》的文章，系统介绍了最近十年国内内核发展的情况，我的观点与他相同。

以 Linux 为例，国内操作系统目前技术实力已经今非昔比，而且有能力参与 OS 市场的商业竞争。近几年华为连续出现在 Linux 内核贡献前列的名单中，2020 年更是已经到了世界第二。在开源操作系统方面，国内的各大科技巨头也有广泛投入。

真正与国际相比，不足之处仍在于我们大牛层面上的人数还不够多，在最高水平方面有所差距。

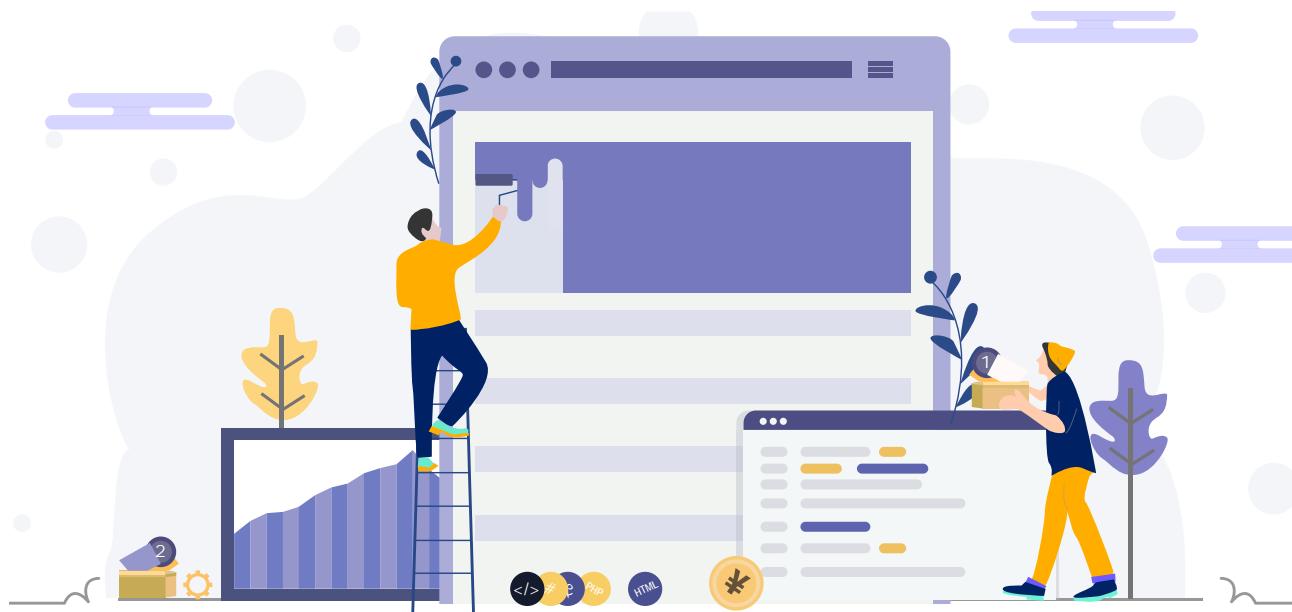
我认为国内操作系统可能的机会有几个方向。首先还是希望 openEuler 能做到成功，因为它本身处于 Linux 的成熟期内，又建立起了科学、规范化的社区治理模式。另外的新兴产业如物联网操作系统也存在很大机会，我本人也在持续关注 Linux 在物联网方面的应用，同时也关注了很多国内外物

联网操作系统的发展动向。

上层软件一直是聚光灯下的焦点，而基础软件如操作系统却稍显“硬核”，不够“性感”。很多人认为这或许也是操作系统行业人才青黄不接的原因所在。

但陈棋德却不这么看，他认为技术在这个里面只是很小的一个因素，最重要的仍旧是市场规模的问题。

个人认为人才断档的本质原因，是国内操作系统行业市场规模太小，不足以养活太多从业人员。我之前看过 IDC 的报告，2019 年国内 Linux 市场规模只占 9 亿元，国内 Linux 厂商分得 2 亿元。所以从市场规模的角度看，无法支撑起一个庞大的从业人群规模。Linux 内核在国内经过了十年的快速发展，人才是足够的，但是国内 Linux 操作系统市场规模太小，导致很多操作系统人才去做了别的开发工作比如存储等。和美国相比，国内基础软件市场占 GDP 的比重远小于美国。我觉得随着经济的发展，如果能够建设和发展一个良性的基础软件市场，具备足够的市场规模，到时候自然会有更多年轻人加入到这个行业中来。■



麒麟软件——打造中国操作系统核心力量

麒麟软件有限公司（简称“麒麟软件”），由中标软件有限公司和天津麒麟信息技术有限公司强强整合而来。

麒麟软件以安全可信操作系统技术为核心，旗下拥有“银河麒麟”、“中标麒麟”两大产品品牌，既面向通用领域打造安全创新操作系统和相应解决方案，又面向专用领域打造高安全高可靠操作系统和解决方案。麒麟软件注重核心技术创新，具有雄厚的科研能力和严格的管理规范。

经过30年打磨沉淀，麒麟软件现已形成服务器操作系统、桌面操作系统、嵌入式操作系统、麒麟云等产品，在重要行业得到广泛应用。

根据赛迪顾问统计，麒麟操作系统连续9年位列中国Linux操作系统市场占有率第一名。



内生安全



融入移动



性能优良



生态丰富



体验提升



云端赋能



天津总部

地址:天津市滨海高新区塘沽海洋科技园信安创业广场3号楼
电话:022-58955650
传真:022-58955651
邮编:300450

网址:www.kylinos.cn 服务热线:400-089-1870
销售服务邮箱:sales@kylinos.cn
市场部邮箱:market@kylinos.cn

统信操作系统 UOS

打 造 操 作 系 统 创 新 生 态



打造中国操作系统创新生态 ◆

统信软件是以“打造中国操作系统创新生态”为使命的中国基础软件公司，专注于操作系统等基础软件的研发与服务，致力于为不同行业的用户提供安全稳定、智能易用的操作系统产品与解决方案。客户覆盖金融、电力、电信、交通、医疗、教育等领域。

六大研发中心、三大适配中心 ◆

作为国内领先的操作系统研发团队，统信软件拥有操作系统研发、行业定制、国际化、迁移和适配、交互设计、咨询服务等多方面专业人才，能够满足不同用户和应用场景对操作系统产品的广泛需求。

统信软件技术有限公司总部设立在北京，同时在武汉、广州、南京、西安、成都等地设立了研发中心，在北京、武汉、广州三地设立了通用软硬件适配中心，与国内外主流芯片、整机外设厂商，以及数百家国内外软件厂商展开了全方位的兼容性适配工作。

作为一家技术创新型科技企业，统信软件将专注操作系统核心技术研发，与用户、合作伙伴携手建设以中国软硬件产品为核心的创新生态，立足中国、面向国际，争取在十年内成为全球主要的基础软件供应商。

- 📞 400-8588-488
- 🌐 www.uniontech.com
- ✉️ marketing@uniontech.com
- 📍 北京经济技术开发区科谷一街10号院12号楼



富强民主文明和谐自由平等公正法治敬业诚信友善



中国梦



牛精
神

河北邱县 陈与李作

天蓝
水碧



从我
做起

