

# 服务型自主创新生态的价值及产业趋势研究\*

张晓梨<sup>1</sup>,冯丹<sup>1</sup>,王卓耀<sup>1</sup>,郭长国<sup>1,2</sup>

(1.鹏城实验室 新型网络研究部 产业互联网研究所,广东 深圳 518000;

2.北京大数据先进技术研究院,北京 100083)

**摘要:**近年来中国自主软硬件生态发展迅速,然而自主技术体系依旧存在资源稀缺、技术服务获取难度大、成本高等痛点。为此,鹏城实验室提出了基于开源开放的模式发展服务型自主生态,搭建了鹏城生态开发者云平台,无偿为开发者提供一体化的自主软硬件技术栈和服务。介绍了鹏城生态开发者云平台过去三年的建设成果和服务情况。基于开发者云用户对计算资源的使用数据,计算了开发者云产生的综合经济效益。通过对开发者云用户行为数据的分析,找出了自主产业的三个发展趋势,为自主软硬件生态的发展研究提供了新视角、新思路和新方法。

**关键词:** 自主生态;开源软件;产业趋势;软硬件环境

中图分类号: TP311

文献标识码: A

DOI:10.16157/j.issn.0258-7998.222832

中文引用格式: 张晓梨,冯丹,王卓耀,等. 服务型自主创新生态的价值及产业趋势研究[J].电子技术应用,2022,48(12):40-46.

英文引用格式: Zhang Xiaoli, Feng Dan, Wang Zhuoyao, et al. Research on the value and industrial trend of service-oriented independent hardware and software ecology[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(12): 40-46.

## Research on the value and industrial trend of service-oriented independent hardware and software ecology

Zhang Xiaoli<sup>1</sup>, Feng Dan<sup>1</sup>, Wang Zhuoyao<sup>1</sup>, Guo Changguo<sup>1,2</sup>

(1.Department of New Networks, Pengcheng Laboratory, Shenzhen 518000, China;

2.Advanced Institute of Big Data, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In recent years, China's independent software and hardware ecosystem has developed rapidly. However, the independent technology system still has the pain points of resource scarcity, difficulty in obtaining technical services and high cost. To this end, Pengcheng Laboratory built a service-oriented independent hardware and software ecology based on the concept of open source and openness, built a developer cloud platform to provide developers with integrated independent software and hardware technology stacks and services for free. This paper introduces the construction achievements and services of Pengcheng-ecology in the past three years. Based on the usage data of the developer cloud platform, we calculated the comprehensive economic benefits of the platform. By analyzing the behavioral data of the platform users, we find three development trends of independent industry, which provides a new perspective, new ideas and new methods for the development of independent software and hardware ecology.

**Key words:** independent ecosystem; open source software; industry trend; software and hardware environment

### 0 引言

近年来由于可能的国外断供和信息安全威胁等原因自主创新产业方兴未艾,国产自主核心软硬件在技术指标和制造工艺上也取得了一定程度的进步和突破。目前较为成熟的商用自主创新生态包括了华为的鲲鹏生态、中国电子集团的PKS生态、中科院的龙芯和申威生态等。由于这些生态起步晚,发展不完善,导致自主计算平台的资源依旧稀缺,技术服务获取难度大,成本高。这

些问题给自主产业用户和从业者带来的不便之处,一定程度上制约了自主创新生态的发展。

有鉴于此,建设面向开发者的免费的服务型自主创新生态,解决开发者在适配过程中遇到的基础设施缺乏等问题是很有必要的。2021年由工信部和北京市共同建设的信创领域通用软硬件适配认证中心(简称国家适配认证中心)投入使用,为产业链软硬件厂商的产品提供兼容性适配、测试及认证服务;而早在2018年,鹏城实验室作为政府事业单位启动了鹏城生态项目并建设了开发者云平台,以解决自主可控生态开发者遇到的因

\* 基金项目:广东省重点领域研发计划项目(2020B010166001)

软硬件基础设施缺乏难以开展应用验证和技术栈迁移成本高等问题。

本文以鹏城生态为例,阐述了服务型自主创新生态在基础设施建设和开发者服务方面的具体情况。在对鹏城生态开发者云平台的服务数据做进一步分析后,计算了平台的综合效益并分析了近几年我国自主产业的发展趋势。

## 1 鹏城生态开发者云整体情况

鹏城生态以主力推广自主创新生态为目的,形成了以“ARM 架构服务器”+“开源或国产商用 Linux 操作系统”为核心的基础设施,将这种技术体系称为 AL 技术体系。鹏城实验室通过搭建开发者云平台,无偿为开发者提供一体化的自主软硬件技术栈和服务,以虚拟机的形式提供可在线使用的 IaaS 服务、以容器形式提供 PaaS 服务,这些服务大大降低了个人开发者及中小应用厂商在进入自主生态的门槛。为了解决自主生态开发者在技术迁移时遇到的基础计算资源缺乏、迁移成本高等问题,鹏城生态面向开发者构建了基于 AL 技术体系的开发者云平台。该平台为开发者提供免费的国产 AL 技术体系计算基础设施,在此基础上针对不同应用场景,为用户开发所需的软件栈、软件仓库、应用软件商店等。不同类型的开发者可以根据需求在开发者云上构建自己的应用开发、部署、测试验证环境。开发者云平台是以华为鲲鹏系列、天津飞腾系列等国产 ARM 服务器和银河麒麟、openEuler、CentOS、Ubuntu 等国产商用或开源 Linux 操作系统为基础的平台,其整体架构如图 1 所示。该平台集 C/C++、Java、Python 等 5 种以上软件栈,是国内 AL 技术架构下资源种类最丰富、多样化程度高、软件生态产品一站式的用户开发平台。在 2020 年 11 月 21 日公布的 Spec Cloud IaaS 2018 测试排名中<sup>[1]</sup>,由 1 个控制节点、9 个计算节点组成的开发者云测试环境以评分 28.8 分、可扩展性 92.8% 的成绩位居榜首。这标志着基于国

产 ARM 架构 CPU 和 Linux 系统的云计算基础设施在性能和可扩展性上已完全具备替代 X86 系统的能力。

截至 2021 年 11 月,鹏城生态开发者云平台的注册账户数量已超过 1 800 个。注册信息显示,这些账户已遍布全国 117 个城市以及海外 4 个国家。目前 41.5% 的注册账户集中在深圳、北京、广州、上海等信息产业发达城市。随着时间的推移,注册账户所在地区从最开始的深圳、长沙、广州等重点合作地区逐步延伸到北京、上海、武汉、西安、天津、南京等地。从适配自主应用项目的领域方面来看,开始以政府办公类及科研类应用居多,随后逐步扩散到金融和电信等行业应用。从应用项目的业务类型分布来看,大多数项目是应用软件类的,占比大约为 35.47%。

在所有注册账户中,有 1 019 个用户在开发者云平台上实际申请了资源,提交了需求订单共计 5 145 个。这些需求订单包括了物理机申请、虚拟机申请、延长使用申请等。这其中有 61% 的用户(622 个)申请了一次资源,18.8% 的用户(192 个)申请了两次以上的资源,20.2% 的用户(205 个)申请了 3 次以上资源。

随着时间的推移,注册账户所在地区从最开始的深圳、长沙、广州等重点合作地区逐步延伸到北京、上海、武汉、西安、天津、南京等地。从适配自主应用项目的领域方面来看,开始以政府办公类及科研类应用居多,随后逐步扩散到金融和电信等行业应用。从应用项目的业务类型分布来看,大多数项目是应用软件类的,占比大约为 35.47%。

## 2 鹏城生态综合价值分析

开发者云平台自上线以来一直以免费的形式向自主技术体系开发者提供基础设施资源和技术支持服务。如果没有开发者云平台,开发者云的用户则需要花费资金购买其进行产品适配和研发所需的基础设施资源。因此,鹏城生态开发者云的建设为开发者节约了基础设施

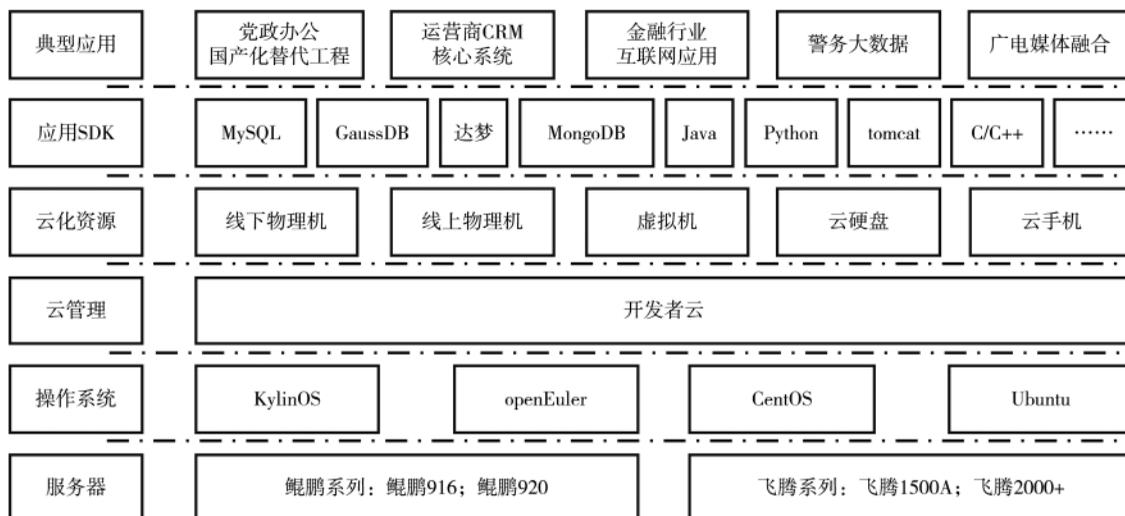


图 1 鹏城生态开发者云平台整体架构

的购买开支,产生了综合经济效益。

在开发者云平台上线初期(即 2019 年),商业市场上还没有出现以云服务形式为自主技术体系开发者提供的开发环境。如果开发者需要进行相关的研发工作,就必须购买相应的物理服务器(简称服务器)以满足其业务需求。随着自主产业的发展,直到 2020 年市场上才出现商用的自主技术体系服务。例如,2020 年 3 月华为云鲲鹏裸金属服务上线<sup>[2]</sup>,用户可以去华为云官网申请远程租用鲲鹏服务器;2020 年 9 月中国电子发布的中国电子云<sup>[3]</sup>为用户提供飞腾芯片搭配麒麟操作系统的 PK(飞腾+麒麟)体系云服务,用户可以在中国电子云平台上申请租用 PK 体系虚拟机资源。本节基于上述情形计算开发者云平台为开发者节约的总体开支。

开发者云平台为用户提供了鲲鹏 920、鲲鹏 916、飞腾 1500A 和飞腾 2000+四种 CPU 架构以及两种类型(即物理机和虚拟机)的资源。用户可以根据其业务需求,申请以上四种 CPU 的物理机或虚拟机资源。为了更清楚地说明鹏城生态综合效益的计算过程,这里将开发者云用户分为四类,即鲲鹏虚拟机用户、鲲鹏物理机用户、飞腾虚拟机用户和飞腾物理机用户。以下分别说明截止到 2021 年 11 月,在没有开发者云提供服务的情况下这四类用户的基础设施开支的估算方法和结果。

(1) 鲲鹏虚拟机用户

从 2019 年 7 月至 2021 年 11 月,市场上一直不存在租赁鲲鹏虚拟机资源的渠道,此类用户需要购买相应的鲲鹏服务器以完成业务需求。根据开发者云资源申请订单提供的信息,可以分别获取到鲲鹏 920 和鲲鹏 916 虚拟机订单申请的 vCPU 核数。按 CPU 架构将所有订单的 vCPU 核数进行累加,分别得到此类用户申请的鲲鹏 920 和鲲鹏 916 虚拟机 CPU 总核数(sum\_vcpu)。用 CPU 总核数除以相应 CPU 架构服务器的 CPU 核数(cpu),可以分别估算得到此类用户总共需要购买鲲鹏 920 和鲲鹏 916 服务器的数量(bmc\_num)。最后参考鲲鹏 920 和鲲鹏 916 服务器的价格计算出此类用户的基础设施开支。以鲲鹏 920 架构的鲲鹏虚拟机服务为例,开发者云用户通过 1 499 个订单总共申请了 30 676 个 vCPU 的鲲鹏 920 虚拟机资源,鲲鹏 920 服务器拥有 96 个 CPU 核心,那么此类用户需要购买  $30\ 676/96=320$  台鲲鹏 920 服务器(本节所有计算均已做向上取整处理)。根据开发者云平台服务器采购合同上的单价,每台鲲鹏 920 服务器的价格约为 14 万元,因此此类用户购买鲲鹏 920 服务器的花费约为  $320 \times 14=4\ 480$  万元。依据同样的方法可以计算得到此类用户购买鲲鹏 916 服务器的花费约为 192 万元。综上所述,鲲鹏虚拟机用户的基础设施总开支约为  $4\ 480+192=4\ 672$  万元,其中开发者云鲲鹏 920 和鲲鹏 916 虚拟机资源申请数据和开支计算细节在表 1 中列出。

(2) 鲲鹏物理机用户

表 1 鲲鹏虚拟机资源申请数据和开支计算细节

虚拟机类型	鲲鹏 920	鲲鹏 916	总数
订单总数	1 499	135	1 634
服务器 CPU 核数(cpu)	96	64	-
vCPU 总核数(sum_vcpu)	30 676	1 998	-
服务器数(bmc_num)	320	32	-
服务器单价/万元	14	6	-
总价/万元	4 480	192	4 672

2020 年 3 月之前,市场上不存在租赁鲲鹏物理机资源服务,此类用户需要根据其业务需求直接购买相应的鲲鹏服务器。根据用户申请鲲鹏物理机的订单信息,开发者云为此类用户提供了 67 台鲲鹏 920 物理机和 26 台鲲鹏 916 物理机。根据鲲鹏 920 服务器和鲲鹏 916 服务器的报价,计算得出在 2020 年 3 月之前此类用户需要花费的基础设施开支约为  $67 \times 14 + 26 \times 6 = 1\ 094$  万元,具体细节在表 2 中列出。

表 2 2020 年 3 月之前鲲鹏物理机资源申请数据和开支计算细节

物理机类型	鲲鹏 920	鲲鹏 916	总数
订单总数	27	12	39
物理机总数	67	26	-
服务器单价/万元	14	6	-
总价/万元	938	156	1 094

另一方面,华为云在 2020 年 3 月上线了商用的裸金属服务以远程为开发者提供鲲鹏 920 物理机,收费标准为 9 000 元/月。根据开发者云的订单信息,2020 年 3 月之后用户总共申请了 93 台鲲鹏 920 物理机,每台物理机的使用时长为 1~3 个月不等。将每台鲲鹏 920 物理机的使用时长乘以月租(即 9 000 元/月)计算出每台物理机给此类用户 2020 年 3 月后带来的花费,最后将所有 93 台物理机的花费进行累加,得到在 2020 年 3 月之后此类用户需要花费的基础设施开支约为 198 万元,具体细节在表 3 中列出。

表 3 2020 年 3 月之后鲲鹏物理机资源申请数据和开支计算细节

物理机类型	订单总数	物理机总数	使用时长/月	月租/(元/月)	总价/万元
鲲鹏 920	42	93	1~3	9 000	198

综合 2020 年 3 月前后两个时间段的开支,可知鲲鹏物理机用户的基础设施总开支约为  $1\ 094+198=1\ 292$  万元。

(3) 飞腾虚拟机用户

2020 年 9 月之前,用户无法从市场上获取到飞腾虚拟机服务,此类用户需要的基础设施开支参考(1)中鲲鹏虚拟机用户开支的计算方法,得到其基础设施总开支

为461万元,具体细节在表4中列出。

表4 2020年9月之前飞腾虚拟机资源申请数据和开支计算细节

虚拟机类型	飞腾 2000+	飞腾 1500A	总数
订单总数	128	55	183
服务器 CPU 核数(cpu)	64	16	-
vCpu 总核数(sum_vcpu)	2 792	557	-
服务器数(bmc_num)	44	35	-
服务器单价/万元	6.5	5	-
总价/万元	286	175	461

另一方面,中国电子云在2020年9月上线的商用的PK体系云服务向开发者提供飞腾2000+虚拟机资源,收费标准<sup>[4]</sup>为374.00元/月/2 vCPU。根据开发者云的订单信息,2020年3月之后用户总共通过233个订单总共申请了338台飞腾2000+虚拟机资源,每台虚拟机申请的核数为2~128 vCPU不等,使用时长为1~3个月不等。将每台飞腾2000+虚拟机的使用时长乘以月租(374元/月/2 vCPU),即可计算出每台飞腾虚拟机给此类用户在2020年9月后带来的花费,最后将所有338台虚拟机的花费进行累加,得到在2020年9月之后此类用户需要花费的基础设施开支约为263万元,具体细节在表5中列出。

表5 2020年9月之后飞腾虚拟机资源申请数据和开支计算细节

虚拟机类型	订单总数	虚拟机总数	单台核数	使用时长/月	月租/(元/月/2 vCPU)	总价/万元
飞腾 2000+	233	338	2~128	1~3	374	263

综合2020年3月前两个时间段的开支,可知鲲鹏物理机用户的基础设施总开支约为461+263=724万元。

#### (4) 飞腾物理机用户

截止到2021年11月,市场没有租赁或申请飞腾物理机服务的渠道,此类用户需要根据其业务需求直接购买相应的飞腾服务器。根据用户申请飞腾物理机的订单信息,开发者云为此类用户提供了34台飞腾2000+物理机和3台飞腾1500A物理机。根据飞腾2000+服务器和飞腾1500A服务器的报价,计算得出此类用户需要花费的基础设施开支约为 $34 \times 6.5 + 3 \times 5 = 236$ 万元,具体细节在表6中列出。

开发者云平台自2019年7月上线至2021年11月,累积有1019个用户提交了2147次(包括2050次虚拟机及97次物理机)资源申请需求订单,总共涉及服务器总数3669台次(包括虚拟机3446台次及物理机223台次),总体情况在表7中列出。

表6 飞腾物理机资源申请数据和开支计算细节

物理机类型	飞腾 2000+	飞腾 1500A	总数
订单总数	13	3	16
物理机总数	34	3	-
服务器单价/万元	6.5	5	-
总价/万元	221	15	236

表7 开发者云用户基础设施开支总览

资源类型	订单总数	提供服务器总数	基础设施开支/万元
鲲鹏虚拟机	1 634	2 790	4 672
鲲鹏物理机	81	186	1 292
飞腾虚拟机	416	656	724
飞腾物理机	16	37	236
总数	2 147	3 669	6 924

综合以上四类用户的基础设施开支计算结果可以得出,鹏城生态开发者云建设至今已为自主生态开发者节约了 $4\,672 + 1\,292 + 724 + 236 = 6\,924$ 万元的基础设施购置费用,即产生了近7000万元的综合经济效益。需要强调的是,该分析仅估算了基础设施的购置费用,并未计算用户需要的网络服务、存储服务、技术支持服务等附加服务的费用。开发者云平台实际上通过提供一体化的自主软硬件技术栈和服务为开发者节约了更多的实际开支及基础服务搭建的人员开支。

服务型自主创新生态最大的特点就是免费灵活,对开发者非常友好。作为服务型自主创新生态的典型代表,鹏城生态通过向自主创新用户免费提供基础设施环境、技术支持服务,降低了用户进入自主创新生态的门槛,扩大了自主创新生态的发展和影响力。

### 3 自主产业发展趋势分析

本节利用鹏城生态开发者云平台的用户行为数据进行分析,从自主产业发展阶段、开发者偏好的技术栈和应用行业丰富程度等三个角度探讨近几年自主产业的发展趋势。

图2展示了开发者云从2019年7月上线以来每个季度新增的注册账户数量、订单数量和虚拟机(包括裸金属服务器)申请数量。整体来看,三个指标基本上均呈现出稳定增长的走势。值得注意的两点是:(1)2019年下

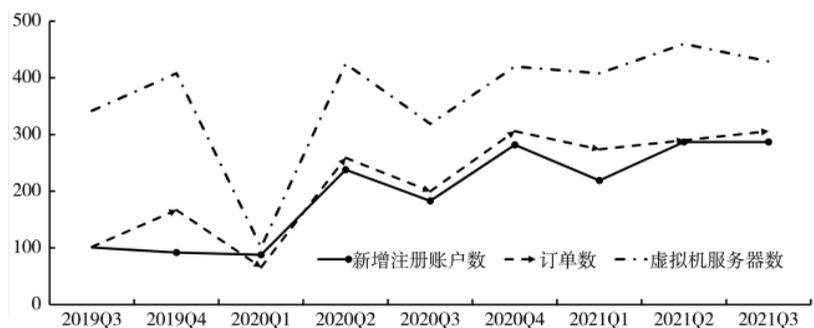


图2 新增注册账户数量、订单数量、虚拟机申请数量随时间变化情况

半年(即开发者云刚上线的半年时间内),开发者云平台虽然新增注册账户很少,但有大量的虚拟机资源需求,其主要原因是,华为、麒麟等核心固件厂商(包括芯片、操作系统和整机厂商)的客户代表注册账号并申请大量的虚拟机供其合作的应用厂商使用;(2)2020年第一季度三个指标均有不同程度的下降,这主要是受新冠疫情的影响,社会活动有所停滞。

如果进一步将开发者云用户分为核心部件厂商、应用厂商、高校用户、科研单位用户、个人用户五大类,可以得到不同类别用户每个季度在开发者云上申请资源的占比情况(如图3所示)。图3表明,核心部件厂商和应用厂商用户一直是申请资源最多的两类用户,但是核心部件厂商的用户数量一直都在减少,而应用厂商用户也在2020年第三季度开始减少。另一方面,高校师生申请资源的次数从2020年第三季度开始明显增多,并在此之后一直呈现加速增长的趋势。其中一部分原因是openEuler社区面向在校大学生开展了一系列的开源比赛活动,开发者云平台免费为参与活动的用户提供在线资源,因此吸引了许多高校用户,提高了高校用户的参与度。

图2和图3的结果表明了我国自主产业的第一个趋势,即自主产业仍处在稳步发展阶段,还未到快速爆发阶段。生态在建立初期主要依靠核心部件厂商带动应用厂商进行推动,核心部件厂商的通过优化其产品的兼容性、稳定性、可靠性等,吸引越来越多的应用厂商一起加入到生态建设中来。随着时间的推移,更多的高校和个人用户开始接触自主生态,参与程度逐渐提高。

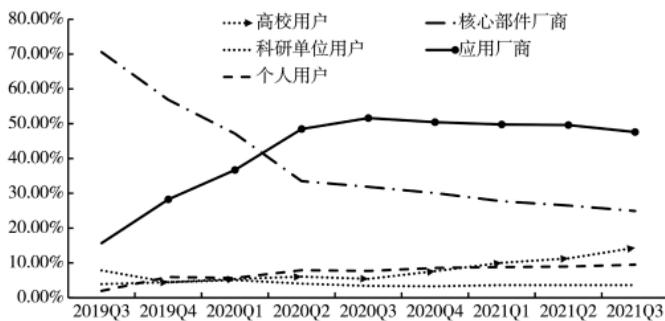
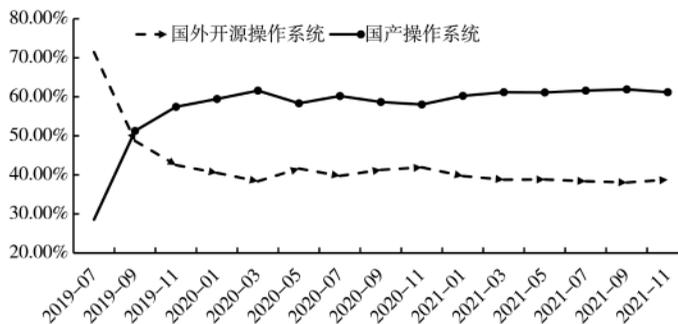
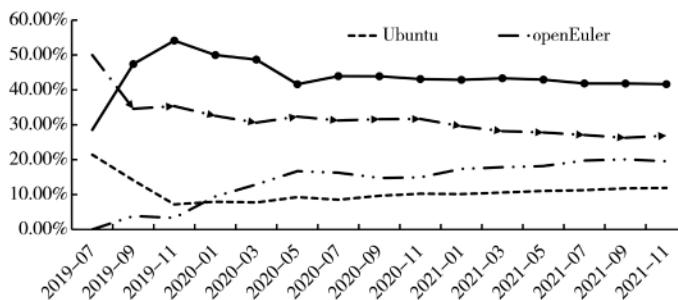


图3 不同类型用户提交资源申请总数随时间变化

随着自主产业在近几年的发展和进步,自主生态的开发者在技术栈的偏好方面也在变化。开发者云平台为用户提供了几种常见的国产商用和国外开源的操作系统,包括Ubuntu、CentOS、openEuler、Kylin等。图4展示了开发者云用户在申请资源时选择国产商用操作系统和国外开源操作系统的对比情况和具体操作系统占比随时间的变化情况。从图4(a)可以看出,在2019年10月之后用户开始更倾向于选择使用国产商用操作系统。2020年11月以后,对这两大类操作系统的选择比例趋



(a) 国外开源 vs 国产商用



(b) 系统占比变化情况

图4 用户操作系统选择偏好

于稳定,约60%的用户会选择国产操作系统。图4(b)的数据表明,在开发者云上线初期用户选择CentOS占比比较大,随着openEuler操作的出现,申请使用openEuler操作系统和麒麟操作系统的用户越来越多。

图4的结果显示出自主产业的第二个趋势,即国产商用操作系统经过多年在技术和商业上的积累已逐渐成熟,目前大多数自主技术体系开发者会选择国产商用操作系统。随着华为公司在2019年9月底正式开源openEuler操作系统,市场上的国产商用操作系统厂商大都开始围绕openEuler操作系统内核进行二次研发以提供不同的商业版本,自主生态开发者对国产商业操作系统越来越信赖。openEuler操作系统的开源为其他商用操作系统提供了支撑,对自主产业的发展起到了积极的作用,为产业资源的整合做出了贡献。

随着时间推移,开发者云用户在平台上进行开发适配的项目领域也有所变化。具体来说,开发者云将项目领域划分为交通、科教、政务、医疗、金融、制造、能源、电信、传媒等领域。用户在申请资源填写项目信息时,可以根据项目的具体情况,从以上分类中选择其项目所属领域。图5展示了用户在开发者云上适配的项目领域随时间的变化情况。结果显示,在开发者云上适配的项目主要集中在政务、科教、电信、金融领域,其他领域的占比均在8%以下,并且政务领域项目的占比随时间持续下降,而科教领域及电信领域的占比随时间持续增长。

图5的结果说明了自主产业的第三个趋势,即自主产业的应用领域逐渐从政府驱动的政务领域向科教、电

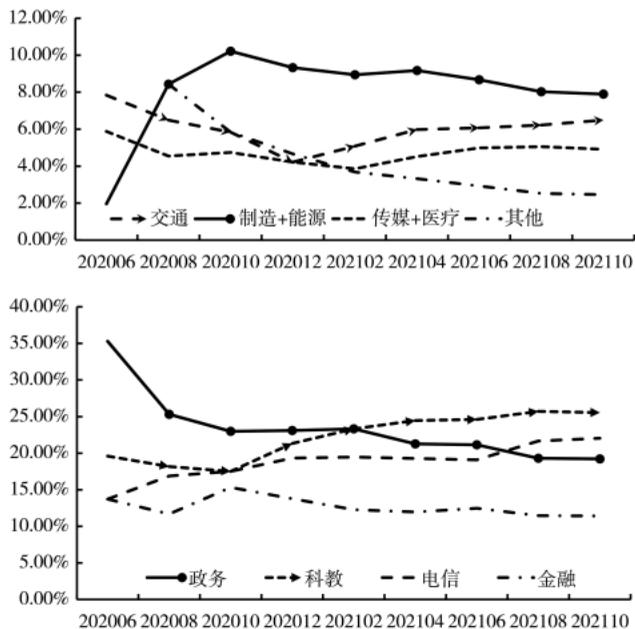


图5 项目领域占比随时间变化情况

信等国家关键行业领域倾斜,行业丰富程度持续提高。产业的发展遵循以政府驱动为导向,典型行业推动,产学研一体化的发展模式,以政务办公领域为示范,以点带线,带动科教、电信、金融等国有企业及经济要害部门的参与,再逐步发展到其他各行各业,目前已经形成良性生态链。

#### 4 相关工作

在软硬件生态研究领域,大部分研究工作是基于特定的硬件或软件生态展开的,也有部分文献<sup>[5]</sup>探索了软硬件结合的生态系统。针对硬件生态的研究,主要是围绕英特尔或ARM等具有广泛影响力的硬件平台领导者形成的生态系统进行的。这些研究把硬件产品作为生态的核心,重点关注围绕硬件产品为中心的生态系统的现状和发展趋势。Gawer等人研究了英特尔在微处理器互补市场中的竞争战略,揭示了英特尔是如何通过其组织结构和管理流程来维持强势地位以控制互补市场的演变<sup>[6]</sup>。在之后的工作中,他们以英特尔为例,研究了平台领导者应该如何围绕自己的平台建立充满活力的联盟并管理有利于参与者的生态系统<sup>[7]</sup>。Wang等人通过分析从Linux内核获得的开源信息,比较了x86、ARM64和MIPS三个服务器生态系统的开发过程和开发水平<sup>[8]</sup>,预测了它们在未来服务器市场的发展趋势<sup>[9]</sup>。一些工作基于Linux内核社区,研究了开源软件生态系统中贡献者和维护者的现有工作流程和机制,揭示了这些机制对开源软件生态系统的发展的意义<sup>[10-12]</sup>。

关于我国自主软硬件生态的研究较少,主要是在宏观上对软硬件生态建设和发展问题进行探讨。谢劲松等人研究了国产基础软件和硬件的生态体系建设现状,发现我国在软硬件生态系统建设中取得了产品性能持续

提升、产业链布局日益完整等进展<sup>[13]</sup>。同时他们还指出了当前我国软硬件生态系统存在体系不健全、验证评估能力偏弱等问题。陈硕颖等人在<sup>[14]</sup>介绍了基础软硬件生态的生产组织模式,提出了在网络生态效应制约下,我国突破产业发展瓶颈的路径是依靠政府提供启动市场、整合开源体系的研发力量和把握传统工业价值链升级的机遇。

目前学术界和产业界都缺乏对于我国自主软硬件生态在各行业的应用现状和开发者群体特征的深度认识。因此,本文通过分析鹏城生态开发者云平台的运营数据和用户行为数据,发掘出自主生态当前的发展趋势,为我国软硬件生态的发展提供参考和建议,帮助软硬件行业及相关从业者突破“卡脖子”的国际现状。

#### 5 结论

作为商业生态的补充,服务型自主创新生态有效地帮助了开发者在国产自主技术栈上进行开发适配工作,对自主创新生态的健康发展起到了重要作用。作为服务型自主创新生态的典型代表,鹏城生态经过三年时间的建设,已服务超过一千个商业和个人用户,适配的自主应用超过1500个,并且已产生了近7000万元的经济效益。通过分析鹏城生态开发者云的用户行为数据发现我国自主创新产业目前存在三个发展趋势:第一是自主创新产业目前仍处于稳步发展的阶段,生态的建设离不开核心部件厂商的支撑、应用厂商的参与以及人才的培养,开发者从以商业厂商为主逐渐向高校学生转变;第二是国产自主技术栈已经超越国外开源技术栈成为大多数开发者的选择;第三是自主创新产业的应用领域在持续丰富,应用在科教和电信等领域的项目在数量上已逐渐超过政务领域。

#### 参考文献

- [1] SPEC. SPEC Cloud IaaS 2018 Benchmark[EB/OL].[2022-04-08].[https://www.spec.org/cloud\\_iaas2018/results/res-2020q4/cloudiaas2018-20201020-00010.html](https://www.spec.org/cloud_iaas2018/results/res-2020q4/cloudiaas2018-20201020-00010.html).
- [2] Huawei Cloud. 华为裸金属服务器最新动态[EB/OL].[2022-04-08].<https://support.huaweicloud.com/wtsnew-bms/index.html>, 2021
- [3] 中国系统. 中国电子云正式发布[EB/OL].[2022-04-08].<https://www.cestc.cn/webfile/marketingActivities/280.html>.
- [4] 中国电子云. 中国电子云云服务器ECS参考价格[EB/OL].[2022-04-08].<https://cecloud.com/support/ecs/5998.html?product=ecs#2>.
- [5] LEE K, PARK Y, LEE D. Measuring efficiency and ICT ecosystem impact: hardware vs software industry[J]. Telecommunications Policy, 2018, 42(2): 107-15.
- [6] GAWER A, HENDERSON R. Platform owner entry and innovation in complementary markets: evidence from Intel[J]. Journal of Economics & Management Strategy, 2007, 16(1): 1-34.

- [7] GAWER A, CUSUMANO M A. Industry platforms and ecosystem innovation[J]. Journal of Product Innovation Management, 2014, 31(3): 417-33.
- [8] WANG Z, GUO C, GAO J, et al. Towards tracking the development process of the server ecosystems using open-source data[C]//27th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC). IEEE, 2020: 509-510.
- [9] WANG Z, GUO C, FU Z, et al. Identifying the development trend of ARM-based server ecosystem using linux kernels[C]//2020 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC). IEEE, 2020: 284-288.
- [10] ZHOU M, CHEN Q, MOCKUS A, et al. On the scalability of Linux kernel maintainers' work[C]//Proceedings of the 2017 11th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering, 2017: 27-37.
- [11] ZHANG Y, ZHOU M, STOL K J, et al. How do companies collaborate in open source ecosystems? An empirical study of OpenStack[C]//2020 IEEE/ACM 42nd International Conference on Software Engineering (ICSE). IEEE, 2020: 1196-1208.
- [12] TAN X, ZHOU M, FITZGERALD B. Scaling open source communities: an empirical study of the Linux kernel[C]//2020 IEEE/ACM 42nd International Conference on Software Engineering (ICSE). IEEE, 2020: 1222-1234.
- [13] 谢劲松, 符兴斌, 赵文辉. 面向信息产业发展的基础软硬件生态研究[J]. 信息技术与网络安全, 2020, 39(9): 1-5, 11.
- [14] 陈硕颖, 杨扬. 我国基础软硬件产业的“生态”瓶颈及突破[J]. 经济纵横, 2018(11): 103-110.

(收稿日期: 2022-04-08)

## 作者简介:

张晓梨(1991-), 女, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向: 云计算、工业互联网、计算生态。

冯丹(1991-), 女, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向: 云计算、计算生态。

王卓耀(1987-), 通信作者, 男, 博士研究生, 助理研究员, 主要研究方向: 云计算、计算生态, E-mail: wangzhy01@pcl.ac.cn。



扫码下载电子文档

(上接第 39 页)

- 安全态势感知[J]. 电力自动化设备, 2016, 36(6): 13-18.
- [5] 田世明, 栾文鹏, 张东霞, 等. 能源互联网技术形态与关键技术[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(14): 3482-3494.
- [6] 刘增明, 崔雪璐, 马靖, 等. 基于零信任框架的能源互联网安全防护架构设计[J]. 电力信息与通信技术, 2020, 18(3): 15-20.
- [7] 别朝红, 王旭, 胡源. 能源互联网规划研究综述及展望[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(22): 6445-6462, 6757.
- [8] 严太山, 程浩忠, 曾平良, 等. 能源互联网体系架构及关键技术[J]. 电网技术, 2016, 40(1): 105-113.
- [9] 王继业, 孟坤, 曹军威, 等. 能源互联网信息技术研究综述[J]. 计算机研究与发展, 2015, 52(5): 1109-1126.
- [10] 王继业, 郭经红, 曹军威, 等. 能源互联网信息通信关键技术综述[J]. 智能电网, 2015, 3(6): 473-485.
- [11] 丁一, 江艺宝, 宋永华, 等. 能源互联网风险评估研究综述(一): 物理层面[J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(14): 3806-3817.
- [12] 江艺宝, 宋永华, 丁一, 等. 能源互联网风险评估研究综述(二)——信息及市场层面[J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(15): 4023-4034.
- [13] 刘增明, 崔雪璐, 马靖, 等. 基于零信任框架的能源互联网安全防护架构设计[J]. 电力信息与通信技术, 2020, 18(3): 6.
- [14] 魏峰, 张驯. 能源互联网信息安全技术管控新模式探究[J]. 华电技术, 2021, 43(2): 53-59.
- [15] 王继业, 刘道伟, 马世英, 等. 信息驱动的全球能源互联网全景安全防护系统[J]. 电力信息与通信技术, 2016, 14(3): 13-19.
- [16] 张向宏, 苏禹. 能源互联网及其安全防护体系建设研究[J]. 微型机与应用, 2015, 34(9): 8.
- [17] 郑善奇, 王鸥, 张靖欣, 等. 能源互联网及其安全防护体系建设研究[C]//2016 智能城市与信息化建设国际学术交流研讨会论文集 I, 2016: 106.

(收稿日期: 2022-07-11)

## 作者简介:

徐琳(1977-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 工业互联网、计算机科学、信息安全。

张宏雷(1984-), 男, 本科, 主要研究方向: 信息安全。



扫码下载电子文档

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所