



郭长国, 计算机科学与技术工学博士, 正高级工程师, 1973 年 10 月出生, 毕业于国防科技大学, 曾任国防科技大学计算机学院, 英国利兹大学高级访问学者, 某研究所指挥自动化专业博士后、软件中心室主任。现任中软信息系统工程有限公司副总经理兼总体院院长、中国电子科技委委员、某信息化创新中心专家委员会委员、中国计算机协会会员。长期从事软件体系结构和网络中间件研究、信息化工程和安全可靠研究, 荣获省部级科技进步一等奖 3 项, 二等奖 4 项。

特邀主编寄语

“生态”一词原指自然生物与地理环境之间通过相互作用、相互制约而形成的动态平衡体系, 生态的本质是依赖。计算机行业的发展离不开生态, 计算机产业的发展史就是生态的变迁史, 生态体系内的企业通过产品定义、标准制定、研发合作和产品协同等方式实现生态链条的价值最大化。PC 时代 Wintel (Windows-Intel) 体系无人撼动, 移动时代 ARMdroid (ARM-Android) 体系站上潮头, 而智能化时代的生态体系正在孕育中。

2016 年 4 月 19 日, 习近平总书记在网络安全和信息化工作座谈会上指出, “核心技术是国之重器, 最关键最核心的技术要立足自主创新、自立自强。我们同国际先进水平在核心技术上差距悬殊, 一个很突出的原因是我们的骨干企业没有像微软、英特尔、谷歌、苹果那样形成协同效应”。

国产基础软硬件生态发端于 2006 年, 在“十二五”期间突破高端通用芯片和基础软件关键技术, 初步形成自有核心电子器件产品保障体系。2019 年 12 月, 中国电子发布首个软硬件体系标准《PK 体系标准》及《PKS 安全体系》。“PK (飞腾-麒麟)”体系在关键核心领域实现突破。“PKS”体系在“PK”体系架构上加注了安全能力。PKS 体系是中国电子在推进本质安全、过程安全、产业安全三大进程中, 聚合国内产学研领域 400 多家核心企业形成的绿色、开放、共享的生态体系, 服务国家数字化转型和新基建建设, 为链接幸福世界赋能。

本期刊文内容涵盖基础软硬件生态、云平台技术、FPGA 数据采集技术、软硬件适配技术研究、GPU 图形处理技术、基础软硬件整体解决方案等。希望能为关注该领域的研究者提供借鉴, 并推动核心技术研发和产业发展研究进一步深化。

面向信息产业发展的基础软硬件生态研究

谢劲松, 符兴斌, 赵文辉

(中软信息系统工程有限公司, 北京 102209)

摘要: 生态学的理论与方法为国产基础软硬件技术和产业的发展研究提供了新视角、新思路和新方法。对基础软硬件生态及相关的几个概念的内涵、语义关系及应用等进行了深入研究。在此基础上, 对当前我国信息技术基础软硬件生态的现状进行了总结和评估, 指出了存在的若干问题。同时, 针对如何建设好面向信息产业发展的基础软硬件生态提出了若干建设性的意见建议。

关键词: 生态; 信息技术生态; 基础软硬件生态

中图分类号: TP311

文献标识码: A

DOI: 10.19358/j.issn.2096-5133.2020.09.001

引用格式: 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.

Research on the basic software and hardware ecology for development of information industry

Xie Jinsong, Fu Xingbin, Zhao Wenhui

(CS&S. Information System Engineering Co., Ltd., Beijing 102209, China)

Abstract: The theories and methods of ecology provide new perspectives, new ideas and new methods for the development of domestic information technology and industry. In this paper, the connotation, semantic relationship and practical application of basic software and hardware ecology and related concepts are studied in depth. On the basis, this paper studied and evaluated the current situation of basic software and hardware ecology in China, pointed out some existing problems, and put forward some constructive suggestions on how to construct a perfect basic software and hardware ecology oriented to innovation of information technology.

Key words: ecology; information technology ecology; basic software and hardware ecology

0 引言

信息技术发展历史证明,围绕关键技术形成的技术生态和产业生态往往是最终决胜的关键。信息技术的可持续发展和迭代升级,需要完善的基础软硬件生态体系作支撑,同时也会对生态体系的完善起到反哺作用。

本文面向信息技术发展要求,对基础软硬件生态体系建设问题进行了研究,阐述了国产基础软硬件生态体系建设发展现状,分析存在的不足,并提出了若干解决对策和建议。

1 基础软硬件生态相关概念

生态(Ecology)一词源于古希腊语,原意是指一切生物的状态,以及不同生物个体之间、生物与环境之间的关系。1866年,德国生物学家海克尔(HAECKEL E)首次提出生态学的概念,认为生态学是研究动物与植物之间、动植物与环境之间相互作用、相互影响的一门学科。1935年,英国生态学家坦斯利(Arthur Goerge Tansley)首次提出了生态系统(Ecological System)的概念,认为生态系统首先是一个由若干相互关联的要素构成的有机整体;其次,生态系统不仅包含系统内的有机复合体、组成单元,而且包含各种相关的环境因素,有机体不能与它们的环境分开,而是与它们的环境形成一个自然系统,即生态系统,这种自然生态系统是地球表面自然界的基本单位。

技术生态(Technical Ecology)是自然生态系统的隐喻,是指人类科技活动赖以正常进行并经适当配置的一切功能要素的综合体系,这些要素相互影响、相互制约、相互竞争、相互辅成、共同发展,构成了具有开放性质的区域有机体,形成了多要素共赢、可持续发展的环形模式。技术生态和自然生态具有相似的系统特性、要素构成、相互作用机理等。

计算机技术生态(Computer Technical Ecology)是指用于信息系统研制、运行、保障的系列计算机软硬件产品及解决方案,包括整机平台、开发工具、运行支撑库、应用周边配套产品、服务工具,以及相关的标准规范体系、验证评估体系、服务保障体系等。

产业生态(Industrial Ecology)是指在某个地域范围内业已形成(或按规划将要形成)的以某类主导产业为核心的、具有可持续发展潜力和较强市场竞争力的产业体系,体现了一种新的产业发展模式和一种新的产业布局形式。

基础软硬件生态(Basic Software and Hardware Ecology)是指基础软硬件产品和研发环境之间相互依存、相互影响的互动关系,可以像自然生态系统一样不断进化和嬗变,基础软硬件生态既是一种技术生态,也是一种产业生态。

本文中面向信息产业发展的基础软硬件生态,主要研究在以计算机技术为代表的信息技术领域,如何在软硬件设计开发、系统集成融合、一体化安

全、系统适配试验、应用等各个环节实现安全可靠,同时整合技术资源,利用产业链的优势实现从基础硬件到软件的研发、生产、升级、维护的全程可控,支撑和保障相关事业的健康可持续发展。基础软硬件生态概念逻辑如图1所示。

2 基础软硬件生态建设现状

我国信息技术相关工作从20世纪90年代末开始,经过多年的发展,底层硬件产品、操作系统、数据库、中间件、应用解决方案等技术领域取得从无到有、从能用到好用的重大进展,初步形成比较完善的基础软硬件生态体系。

“十五”以来,国家着力以科研项目推动信息产业发展和应用实施,通过国家持续投入,关键基础软硬件的单品研究与开发获得发展,并初步具备应用条件,产业发展初具规模,加速了相关工作的步伐。

“十三五”以来,应用示范工程逐渐推进,产品和系统的能力和水平得到应用的考验,达到了可用、好用的要求,标志着基础软硬件体系基本形成^[1],具备了规模化应用的能力和水平。

总的看来,我国基础软硬件生态建设大体经历了单品研制、集成适配、体系构建三个阶段,呈现出

“单品加速发展、整机探索前进、生态体系初步建立、试点应用逐步推广”的基本态势,目前已经实现了整机系统由“基本不能用”到“基本可用”再到“基本好用”的转变,逐步向“高效好用”努力。主要取得了以下几个方面的进展。

(1)基础软硬件产品性能不断提升。一是通用CPU取得新进展。经过重大项目的持续支持和产业化实践,飞腾2000/4、龙芯3B-4000、申威410等新一代产品相继面世,性能大幅提升。2020年上半年,飞腾对高性能服务器CPU、高效能桌面CPU、高端嵌入式CPU三大产品谱系进行了全面的品牌升级,其中腾云S2500是飞腾补齐高端芯片最后一块版图的服务器CPU产品。二是操作系统全面发展。以天津麒麟、中标麒麟、中标普华为主体的桌面、服务器操作系统在安全性、可用性、易用性等方面均明显提升。三是整机产业化能力开始全面复苏。以长城、浪潮、曙光等为主体,在国产化主板设计与研制、整机生产加工等方面取得长足发展,在运行功耗、稳定性、可靠性等方面有大幅提升,基本形成了服务器、桌面主机、一体机、笔记本等产品形态。四是数据库产品迅速发展。以武

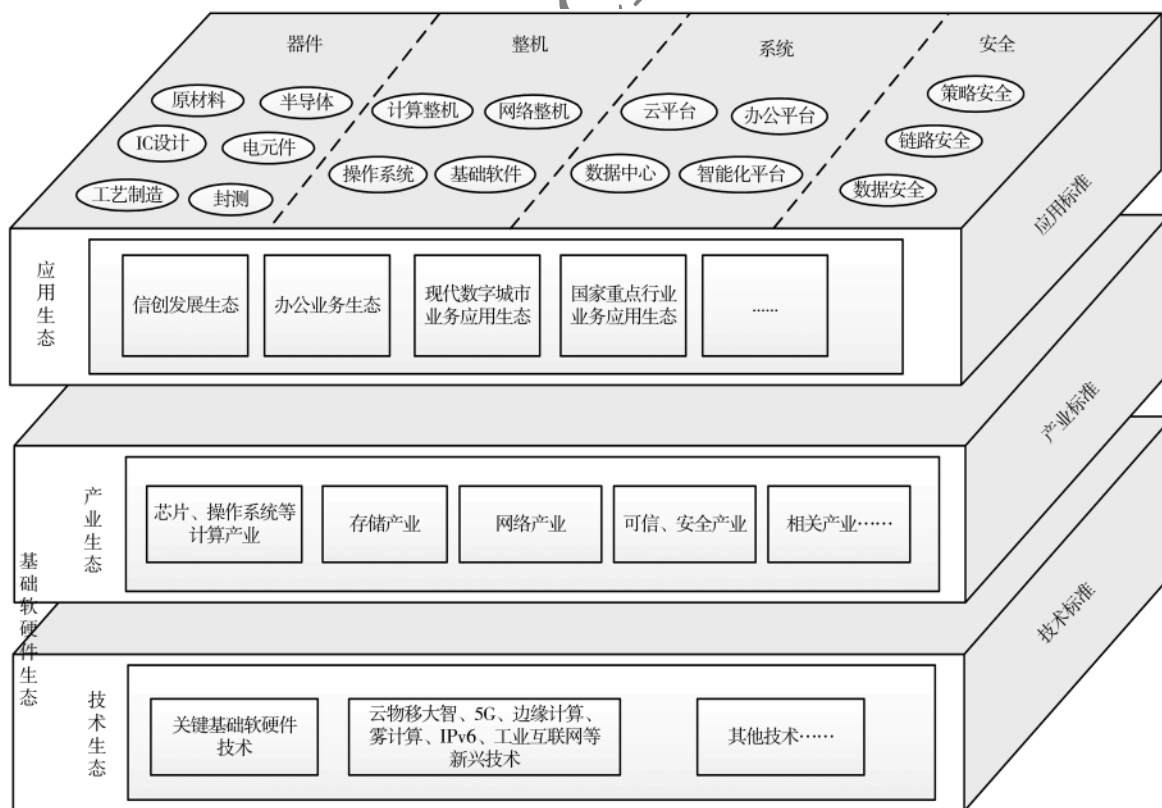


图1 基础软硬件生态概念逻辑图

汉达梦、人大金仓、神舟通用为主体的数据库管理系统,在支持多进程并发、多用户在线访问方面取得重大进展,其在办公领域初步的应用验证表明,数据库单机支撑规模和并发用户,较上一代明显提升,达到了中等规模商业化的水平。

(2)产业链布局逐渐完整,覆盖计算、网络和存储、安全等关键领域。龙芯、申威和飞腾都依托自身技术体系,各自采用不同形式的“联合”和“联盟”,努力促进产业力量聚拢,积极布局产业体系。龙芯整合各方资源,打造了覆盖“架构-芯片-软件-整机-系统-信息服务”的产业生态体系。申威实现了包含基础固件、虚拟机管理器、操作系统、数据库以及应用软件等在内的产业生态体系。飞腾依托中国电子产业体系,内部开展整合、外围开展协作,围绕计算、网络、存储、安全四条主线,建立了覆盖芯片、操作系统、数据库、整机、支撑服务平台、应用系统的产业链,并推出了安全体系解决方案,形成了比较完善的产品体系。

(3)面向办公的生态环境已基本形成,逐步支撑其他领域生态体系的构建。围绕处理器和操作系统核心体系架构,大力开展生态体系建设,已经取得扎实成效。一是基于处理器和操作系统计算平台,初步构建了涵盖数据库、中间件、办公软件、安全套件、浏览器以及常用工具软件、外设驱动、开发运行环境等核心办公生态系统,构建形成了包括5大类、24小类、134项产品的基础软硬件生态环境以及配套的产业供应链,面向办公领域的生态体系基本完备,已开始向支持事务处理的生态体系扩展。二是针对现阶段软硬件产品发展迅速导致的版本混乱现象,探索了一套有效的管控办法,并设计了软件分发及管理系统,用于支撑生态系统的管理,提高软件易用性。三是面向高新电子高端复杂应用需求,遥感影像处理、三维GIS展现、三维实景仿真等生态体系日趋成型,初步形成支撑典型高新电子的应用环境。

3 基础软硬件生态发展和应用中的若干问题

当前信息产业已成为国家主要产业之一,在国民经济中处于支柱地位,但核心和基础技术能力仍存在不足,生态有待完善,与国际商用主流体系相比还有较大差距,严重制约了信息产业的可持续健康发展。经分析研究,目前基础软硬件

生态在发展和应用过程中还存在以下几个方面的主要问题。

(1)生态体系不健全,还存在短板和缺项。目前,基础软硬件与国外同类软硬件产品相比,技术积累还不够深厚,基础软硬件产品之间的集成优化还存在一定的问题,生态体系不健全,产业链不完整,特别是在EDA软件领域、高端芯片制造工艺上还存在关键短板和严重缺项。同时,核心技术产品碎片化^[2-3]现象严重,基础软硬件产品完备性和可用性不够,不仅行业所需要的商用软件在相关平台上比较缺乏,存在已有软件稳定性和可靠性不高,大量开源软件存在移植难,性能和商用主流产品差距大的问题。而且,面向基础软硬件产品及系统的故障诊断分析、维修维护能力还未形成,支撑信息系统规模化应用的体系化服务保障能力还存在差距。

(2)验证评估能力薄弱,缺乏体系化的适配优化。目前,基础软硬件产品尚未实现货架供应,在使用前需要经过充分的试验和选优。同时存在集成验证与综合评估能力薄弱,对关键软硬件、整机、应用软件及系统的仿真测试、系统验证以及综合评估的方法和手段不足,产品的认证能力较低。前期的试点过程中,重点进行了单品的试验验证,但在规模应用全生命周期的体系化验证方面还有不足,包括方案的论证、技术指标的合理性、问题的分析定位等。因此,亟需建立适合规模应用需求的体系化验证平台,覆盖单品、产品组合、系统研制完成后技术指标、出厂前软件测评、安全检测等方面的验证。

(3)适配验证工作重复投入,成果难以复用。我国基础软硬件产品研发虽然已经取得长足进步,但厂商及其产品一直处于分块研究状态。同时,按照以项目推进的方法,顶层规划不够,各研制单位在基础软硬件选用、适配、调优过程中多头重复投入,标准化程度差,攻关成果难以复用。客观上造成了主体责任不清,遇到问题互相推诿,无法有效解决规模应用中的问题。

(4)缺乏向新领域生长的价值评估验证能力。当前,云计算、大数据和人工智能技术已经进入了爆发式应用增长阶段,开始与各行业业务深度融合,应用落地、平台构建、生态培养同步并举,厂商之间的竞争在多个维度同步开展。信息技术和产业生态链

的建设和运营已经开始全面竞争。我国对云、大数据、人工智能、边缘计算、物联网等新兴信息技术的试验验证还处于起步阶段。

4 基础软硬件生态建设发展的若干建议

面对应用领域和规模不断扩大的新要求和新形势,加快基础软硬件生态建设必须全方位着手,练内功、使长劲,逐渐构建完善的基础软硬件生态体系。

(1)营造基础软硬件生态成长的良好舆论环境。要充分把握“棱镜门”事件、中兴事件、华为事件、举国抗击“新冠”疫情等带来的契机,抓住前所未有的有利发展形势,进一步引导形成宽心、宽容、宽松的舆论环境、工作环境和网络环境,积极对待创新应用在前进步伐中出现的暂时性问题,让基础软硬件生态在不断试错中健康成长。

(2)基础软硬件生态建设是一个体系工程,包括半导体材料、芯片、元器件、基础软件、中间件、整机、应用系统、开发平台、标准协议、EDA 软件、芯片制造设备、服务保障技术等,要从整体、全面角度来实施构建,补短板、强弱项、填缺项,使得生态体系丰满健全。一是补齐补全事关信息技术长远发展的技术短板。比如,目前与商用机器相比,整机的可靠性方面还有一定差距,这个短板影响系统的推广应用,须下大力气限时解决;二是增强影响应用的能力弱项。比如,目前高端通用芯片的性能虽然提高很快,但和国外主流商用芯片相比仍有差距,限制了在某些领域的应用推广;三是迅速填满影响生态建设的急需项目。目前对新兴信息技术起支撑能力的存储芯片等领域,仍存在许多技术空白,针对这些短板要一如既往地攻坚克难,牢牢把技术掌握在自己手里。

(3)建立适应基础软硬件生态体系建设的新机制。基础软硬件生态体是一个复杂的系统,需要从体系建设、联合创新等方面着手,齐抓共管,建立一整套良性机制,保障生态建设有条不紊地向前推进,具体措施如下:

①联合创新。当前基础软硬件生态主要面临技术路线多、单个生态不够丰富强大、生态建设参与者少等问题。一是生态系统建设要聚焦,以 CPU+操作系统绑定的方式来构建生态系统;二是要聚力,不同 CPU+OS 之上的生态体系,统一实施,牵头建设,便于复用产业资源、借鉴生态进展、互补生态要

素;三是要创新,生态发展要兼顾国内、国际技术资源力量,最大限度汇集国际开源开放资源和大众创业万众创新等各种力量,促进生态快速发展。

②超前布局。生态环境建设是系统工程,顶层规划布局尤为重要。面向前期生态发展过程中出现的生态基础不完善、技术支持不充分、人才队伍不完备、应用服务支撑不到位等问题,提前布局生态建设,将一系列基础、关键技术、产品及配套环境建设好。一是要在生态建设之初科学布局规划芯片、芯片制造、EDA 工具、编译器、开发工具、运行支撑库、生态管理系统、标准规范等;二是围绕人工智能、大数据、SDN、物联网、5G、区块链等新一代信息技术领域开展研究,提前做好大规模应用准备;三是加大人才培养、教育培训等方面支持力度,确保后续技术人才队伍储备;四是在适配验证、优化迁移、服务保障体系等方面进行布局,以适应规模化应用支撑保障需求。

③应用牵引。发展对基础软硬件生态提出了迫切需求,同时生态建设必须依靠应用来带动,但是当前的试点示范应用规模不足以驱动生态的发展。建议一是加速推进在政务、金融、交通、能源、医疗、教育等重点领域的大规模应用,通过重大工程应用,提出建设需求,保障建设经费,促进产业建设发展;二是通过规模化应用,更准确地梳理生态需求,通过对标国外生态体系,找出生态差距并补齐和丰富生态环境要素;同时通过规模化应用,充分调动各类资源共建生态,通过价值链-供应链-产品链的有序传导,整合产品,丰富生态;三是充分利用当前国家大力支持线上办公、在线教育、互联网医疗、无人经济等新业态发展契机,实现跨越发展。

④共享共建。适应新时代产业建设和发展要求,借鉴“两弹一星”、“探月工程”等举国体制成功经验,发挥政府的引导作用^[4]和市场资源配置的决定性作用,发挥产业界、科技机构、客户等各类建设主体的作用,建设培育良好的基础软硬件生态。

5 结论

本文从生态、技术生态、产业生态、基础软硬件生态等概念着手,阐述了基础软硬件生态的内涵,

(下转第 11 页)

表 3 DAC 输出测试结果

数字 码值	理论值/V	测量值		DC 误差/%
		DC/V	Noise(RMS)/mV	
0	0.000	0.000	3.2	0.000
1 024	1.019	1.018	1.8	0.098
2 048	2.037	2.038	3.4	0.049
3 072	3.056	3.056	5.1	0.000
4 095	4.073	4.075	6.6	0.049

和上位机软件。经过长时间连续板上测试,得到 DDR2 写入速度为 3 100.8 Mb/s,读出速度为 3 043.4 Mb/s, ADC 的 ENOB 可达 9.08, SNR 为 60.0 dB, 典型 DNL 小于 0.3 LSB, INL 小于 1.3 LSB, DAC 输出直流误差小于 0.1%。整个系统运行稳定,可由用户灵活控制,证明了设计方案的可行性。

参考文献

- [1] 许旺,陈政,李福龙,等.基于 ARM7 的静电探针测量仪的设计[J].天津理工大学学报,2011(3):28-31.
- [2] 陈柱,程健,刘汉斐.基于单片机的静电探针自动测量系统[J].自动化仪表,2009,30(2):65-67.
- [3] 易志强,韩宾,江虹,等.基于 FPGA 的多通道同步实时高速数据采集系统设计[J].电子技术应用,

2019,45(6):70-74.

- [4] Intel.Cyclone III Device handbook volume 1[Z].Altera Corporation,2012:13-18.
- [5] AD9219,Quad,10-Bit,40/65 MSPS Serial LVDS 1.8 V ADC[Z].Analog Devices,2011:1-9.
- [6] Intel.Design guidelines for implementing DDR and DDR2 SDRAM interfaces in cyclone III devices[Z].Altera Corporation,2009:1-2.
- [7] 付宝仁,王超,高鸿儒.基于 FPGA 的高精度信号发生器[J].信息技术与网络安全,2020,39(1):87-91.
- [8] 李超,梁昊,薛俊东,等.基于 USB 的 LVDS 信号传输误码率测试系统[J].核电子学与探测技术,2004,24(6):772-774.
- [9] 郭晓宇.一种用于高速 ADC INL/DNL 测试的新方法[J].电子与封装,2015(12):12-15.

(收稿日期:2020-03-25)

作者简介:

简志景(1993-),男,硕士研究生,主要研究方向:物理电子学。
梁昊(1970-),通信作者,男,博士,副教授,主要研究方向:核电子学、数据获取与处理。E-mail:simonlh@ustc.edu.cn。

(上接第 5 页)

分析了基础软硬件生态体系建设发展的现状和存在的问题,提出了针对基础软硬件生态建设的若干建议和措施。希望本文的研究成果能够为基础软硬件生态体系建设提供一些有益的参考和借鉴。

参考文献

- [1] 王超.国内外信息技术产品生态体系现状对比分析[J].中国计算机报,2018年12月24日第012版.
- [2] 刘昌伟.自主可控生态建设需要解决的关键问题[J].信息安全研究,2018,4(8):748-754.
- [3] 徐顺杰.加快推动网信领域核心技术生态圈建设[J].

网络空间安全,2018(9):1-5.

- [4] 陈硕颖,杨扬.我国基础软硬件产业的“生态”瓶颈及突破.经济纵横,2018(11):103-110.

(收稿日期:2020-07-14)

作者简介:

谢劲松(1970-),男,博士,工程师,主要研究方向:计算机体系结构、基础软硬件生态建设等。

符兴斌(1978-),男,博士,高级工程师,主要研究方向:软件工程、软件体系结构、基础软硬件生态建设等。

赵文辉(1972-),男,博士,高级工程师,主要研究方向:软件工程、国产化软硬件生态建设等。

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《信息技术与网络安全》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）、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！

《信息技术与网络安全》编辑部
中国电子信息产业集团有限公司第六研究所