

信息科技领域发展态势及趋势分析

房俊民 唐川* 张娟

(中国科学院成都文献情报中心,成都 610041)

摘要:本文分析了全球信息科技领域近两年的发展态势,综合比较了重要的科技战略、规划与政策,回顾了重大科技前沿及突破性进展,梳理了信息科技中长期发展主要趋势和发展规律。分析表明,世界主要科技强国在近两年均加强了在人工智能、量子信息、网信安全、高性能计算、5G和大数据等方面的战略规划与部署。同时,人工智能在越来越多的专业方向已接近甚至超越人类水平;量子保密通信开始走向大规模应用,量子计算机研发已接近实现“量子霸权”;高性能计算新型体系结构不断突破、能效显著提升,且呈现出与大数据、人工智能协同发展的态势;集成电路沿着继续缩小尺寸、集成多种功能、探索后摩尔时代新型器件与技术等三条路径往前发展;区块链技术日益获得金融、税收和政府管理事务部门的重视;边缘计算成为新兴技术理念,其业界影响力正快速提升;网络与信息安全问题爆发趋于规模化。未来,信息科技将沿着多项趋势快速发展并重塑相关产业和人类社会,同时也需要克服能耗、安全、物理极限等若干挑战。

关键词:信息科技;发展态势;战略;进展;趋势

中图分类号:G35 文献标识码:A doi:10.16507/j.issn.1006-6055.2018.02.006

Study on the Development Situations and Trends of Information Technology

FANG Junming TANG Chuan* ZHANG Juan

(Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract: The development of information technology in the last two years is reviewed. Strategies, planning and policies are analyzed comparatively. Developing trends and patterns are summarized. As the study indicates, all advanced countries in science and technology have strengthened their strategic planning and deployments in artificial intelligence, quantum information, cyber security, high performance computing, 5th generation communication as well as big data. The performance of artificial intelligence could match or surpass human beings in increasing and more specific fields; while the quantum secure communication is heading towards large-scale application, the quantum computer is approaching “quantum supremacy”; breakthroughs of novel architectures were accomplished in high performance computing (HPC), HPC energy-efficiency was improved remarkably, and the synergy among HPC, big data and artificial intelligence emerges; the integrated circuit technology is advancing in three directions: more moore, more than moore, and beyond CMOS; in fields like finance, taxation, and government administration, blockchain

2018-01-03 收稿,2018-01-27 接受,2018-02-25 网络发表

* 通讯作者, E-mail: tange@clas.ac.cn

is gaining momentum; large scale cyber security issues is bursting. In the future, information technology will evolve rapidly following various trends, and transform industries and human society. Meanwhile, challenges like energy consumption, security and physical limitation must be solved.

Key words: information technology; development; strategy; advancement; trend

1 引言

全球新旧经济交替的进程逐步深入,传统经济持续低迷,数字经济异军突起。随着信息技术领域不断克服自身发展瓶颈以及在需求的不断牵引下,信息科技进入全面渗透、跨界融合、加速创新、引领发展的新阶段。为把握近两年信息科技领域的新态势和特点,本文针对各国发布的相关科技战略规划与政策、取得的重大突破与进展、多方对未来发展趋势的判断等三方面内容进行了剖析。

2 信息科技领域近两年发展态势

2.1 重要科技战略、规划与政策

2.1.1 人工智能研发备受各国政府重视

美、日、法、英等各国政府近年均发布了人工智能相关研发战略或计划,彰显了各国政府部门对人工智能研发的重视。其中,美国联邦政府2016年10月发布《国家人工智能研发战略规划》,确定了美国人工智能研发的整体框架以及七项优先战略;同月,发布《为未来人工智能做好准备》报告,阐述了人工智能的发展现状、未来机遇、潜在问题,并针对美国联邦政府、公共机构和公众提出了23项具体建议措施。次月,美国国家科学基金会(NSF)在“国家机器人计划2.0”项目指南中提出要重点推动协作式机器人的研发与广泛应用,关键研发方向包括人机协作技术、人机交互技术、可扩展性、协作式机器人的物理实现、降低准入门槛、协作式机器人的社会影响。日本政府在其“第5期科学技术基本计划”(2016年1

月)中提出要实现“超智能社会”(Society 5.0),在必要的时间向必要的人提供必要的事物与服务,满足社会的多样化需求,克服年龄、性别、地域、语言等各种差异,使所有人都能享受高质量服务,过上舒适愉快的生活。法国政府于2017年3月发布《法国人工智能战略》,强调将围绕智能感知、人机互动、语言理解、机器学习、集体智能、强人工智能等问题开展前沿研究,同时促进人工智能技术向其他经济领域转化,并结合经济、社会与国家安全问题考虑人工智能的发展。英国政府在2017年10月发布《发展英国的人工智能产业》报告,提出将提升数据的可获性,建设国家级人工智能和数据科学研究所,建立英国人工智能委员会,鼓励发展基于人工智能的大规模网络开放课程(MOOC),通过产业基金和小企业研究计划解决人工智能领域面临的各种挑战。

我国工信部、发改委、财政部于2016年4月共同发布《机器人产业发展规划(2016—2020年)》,提出要突破弧焊机器人、全自主编程智能工业机器人等十大标志性产品,并全面突破高精密减速器、高性能伺服电机和驱动器、高性能控制器等五大关键零部件;我国国务院2017年7月又发布《新一代人工智能发展规划》。

2.1.2 美、欧、日、中紧锣密鼓布局量子信息技术研发

各个国家和组织在量子信息技术领域的重点布局各有不同。美国国家科学技术委员会2016年7月发布《推进量子信息科学:国家挑战与机遇》,呼吁美国将量子信息科学作为联邦政府投

资的优先事项,全面推进量子传感与计量、量子通信、量子模拟和量子计算等领域等方向的研发,并通过政产学研通力合作来确保美国在该领域的领导地位,增强国家安全与经济竞争力。欧盟委员会2016年3月发布《量子宣言》投资10亿欧元开展量子技术旗舰计划,通过量子通信、计算、模拟、传感四方面的短中长期发展,用于实现原子量子时钟、量子传感器、城际量子通信、量子模拟器、量子互联网和泛在量子计算机等重大应用。日本文部科学省2017年2月发布《关于量子科学技术的最新推动方向》,提出日本未来应重点发展的方向包括:超导量子比特、自旋量子比特的集成,与量子芯片设计、格式化、过程化相关的半导体技术和光技术,运用冷却原子、分子的量子模拟器,量子中继所必须的装置集成技术,固体量子传感器,量子雷达成像,量子生物影像,极短脉冲激光器。

中国在“973计划”、“十三五国家基础研究专项规划”中均提出了发展量子通信和量子计算的相关资助方向,包括量子保密通信、星地量子通信系统、量子芯片、量子计算机整体构架以及操作和应用系统、量子精密测量、量子探测等。

2.1.3 各国网络与信息安全投入加速增长

若干国家政策规划均显示出对网络与信息安全的投入正在加速增长。美国联邦政府2016年2月在《网络安全国家行动计划》中提出,要从提升网络基础设施水平、加强专业队伍建设、增进与企业的合作等五个方面入手,全面提高美国在数字空间的安全;并在在2017财年投入190亿美元加强网络安全,首次设立联邦首席信息安全官(CISO),下令成立国家网络安全促进委员会、联邦政府隐私委员会;美国总统特朗普2017年5月发布行政令:“增强联邦政府网络与关键性基础设施网络安全”,要求从联邦政府、关键基础设施和国家网络安全三个方面采取一系列措施来增

强联邦政府及关键基础设施的网络安全。英国政府2016年11月在“国家网络安全战略2016—2021”中提出在未来五年投资19亿英镑加强互联网安全建设,并启动成立国家网络安全中心(NC-SC),使其成为英国网络安全环境的权威机构。

我国互联网信息办公室2016年12月在《国家网络空间安全战略》中提出,要重视软件安全、发展网络基础设施、丰富网络空间信息内容,建立大数据安全管理制度,建立完善的国家网络安全技术支撑体系,实施网络安全人才工程。我国工信部2017年1月在《信息通信网络与信息安全规划(2016—2020年)》中也提出要全面提升网络与信息安全技术保障水平,优化信息安全技术保障、加快推进网络与信息安全核心技术的攻关与突破等。

2.1.4 高性能计算领域仍然是科技大国必争之地

高性能计算(HPC)领域仍然是全球科技大国的必争之地。美国国家战略计算计划执行委员会2016年7月在《国家战略计算计划战略规划》中指出要加快交付可实际使用的百亿亿次计算系统;加强建模与仿真技术及数据分析计算技术的融合;在15年内为HPC系统甚至后摩尔时代的计算系统研发开辟一条可行的途径;实施整体方案,综合考虑联网技术、 workflow、向下扩展、基础算法与软件、可访问性、劳动力发展等诸多因素的影响,提升国家HPC生态系统的可持续发展能力。2017年3月,欧盟高性能计算机开发计划“Euro-HPC”公布,目标是到2020年开发出至少两台近百亿亿次的高性能计算机,并在2023年前实现百亿亿次速度的稳定运行。

我国科技部在2016年6月立项的国家“十三五”高性能计算专项课题同时资助国防科技大学、中科曙光和江南计算技术研究所开展百亿亿

次超级计算原型系统的研制工作。根据该计划,我国新一代百亿亿次超算系统预计将在2020年研制成功,除了提升计算能力,还要在芯片、操作系统、运行计算环境等方面实现技术自主。

2.1.5 5G 正从无线技术演进趋势发展成为产业布局热点

5G 技术正在从实验室走向产业化。美国联邦政府2016年7月发布的“先进无线研究计划”总投资额度超过4亿美元,重点用于未来十年的先进无线研究,以及部署和应用四个城市规模的测试平台。该计划中,美国国家科学基金会和20多家科技企业与产业协会将共同投资8500万美元建设先进无线测试平台,由企业和协会为平台建设提供设计、开发、部署和运营支持。欧盟电信设备厂商和运营商2016年7月发布“5G宣言”,阐述了业界在整个欧洲开发和部署5G网络的技术路线图,相关机构将于2018年开展大规模试验,并于2020年前分别在欧盟28个成员国开始部署5G网络。英国政府在2017年3月的《下一代移动技术:英国5G战略》中提出英国应采取的5G发展举措:构建5G实用案例,实施适当的监管方案,建设地区管理和部署能力,明确5G网络的覆盖范围与容量,确保5G的安全部署,实现频谱的监管与利用,进行技术与标准的开发。

2017年11月,我国发改委发布《关于组织实施2018年新一代信息基础设施建设工程的通知》,其中三大重点支持工程之一的“5G规模组网建设及应用示范工程”计划2018年要在不少于5个城市开展5G网络建设,并开展4K高清、增强现实、虚拟现实、无人机典型5G业务及应用。

2.1.6 大数据技术助推新兴数字经济浪潮

大数据受到各国重视,并由此助推各国数字经济的发展。美国联邦政府2016年5月发布“联邦大数据研发战略计划”,目标是实现突破性科

学发现和更好的决策,创建并改善科研网络基础设施,实现大数据创新等。2017年4月,在德国举行的首次G20数字化部长会议发布了《G20数字经济部长宣言》主报告以及《数字化路线图》、《职业教育和培训中的数字技能》、《G20数字贸易优先事项》三个分报告,认可并重视数字化在创造经济繁荣、推进包容性经济增长和全球化发展方面的潜力;2017年7月,二十国集团汉堡峰会发布公报,认为数字化转型是实现全球化、创新、包容和可持续增长的驱动力。

我国国务院2016年3月在“十三五规划纲要”中提出实施国家大数据战略,把大数据作为基础性战略资源,全面实施促进大数据发展行动,加快推动数据资源共享开放和开发应用。我国工信部2016年12月也在《大数据产业发展规划(2016—2020年)》中,提出要“强化大数据产业创新发展能力”一个核心、“推动数据开放与共享、加强技术产品研发、深化应用创新”三大重点。

2.2 重大科技前沿及突破性进展

2.2.1 人工智能前沿研究多点开花

近两年,人工智能连续在智力竞赛中战胜人类顶级选手,引发了人们对人工智能超越人类智慧的关注与热议。人工智能在越来越多的专业方向已接近甚至超越人类水平,表现在:自然语言理解(从文档中找到既定问题答案的准确率从2015年的60%提升至2017年的近80%,已经越来越接近人类)、语音识别(准确率在2017年已经提升至95%,达到人类水平)和物体识别(识别物体图像标签的错误率从2010年的28.5%下降到了2017年的2.5%,已超越人类水平)^[1]。

2.2.2 量子信息技术竞争渐露峥嵘

近两年,量子信息领域最显著的两项发展态势为:量子保密通信走向大规模应用,美国量子计算机研发接近实现“量子霸权”的目标。我国量

子保密通信已经从实验室演示走向小范围专用,达到了实用化和产业化水平,正在向高速率、远距离、网络化的方向快速发展。中科院在2016年8月发射量子科学实验卫星“墨子号”,以及在2017年9月正式开通量子保密通信“京沪干线”,标志着量子保密通信开始进入大规模实用阶段。

在量子计算方面,谷歌在2017年10月宣布首次成功证明了实现“量子霸权”的机器原型。次月,IBM宣布已成功搭建20量子位量子计算机,同时还研制出了50量子位量子计算机原型机^[2]。Intel在2017年10月宣布生产出17个超导量子位的全新芯片后,又在2018年1月发布了一款具有49个量子比特的超导量子测试芯片。

2.2.3 高性能计算继续向绿色高效协同方向发展

高性能计算领域的竞争格局相对稳定,美、日、欧、中等保持领先。近年取得的突破有:

1)新型体系结构不断突破。日本理化所为升级高性能计算机“京”而开发了基于ARM处理器架构的新型操作系统McKernel;面向百亿亿次计算,美国橡树岭国家实验室正在探索深度内存层次结构、非易失性存储器(NVM)和近内存处理等新兴前沿内存技术。

2)能效显著提升。Shoubu system B系统在2017年11月发布的“Green 500”排行榜中排名第一,其能效比高达17.009 GF/w;Top500性能排行第三的Gyoukou和第四的Piz Daint系统能效也分别达到了10.398 GF/w和14.173 GF/w,较之半年前有显著提升。

3)与大数据、人工智能协同发展。随着大数据、人工智能等技术的快速崛起,高性能计算与这些前沿技术的协同发展成为发展趋势。Amazon、Google以及微软等企业都开始重视高性能计算,有些企业还开始打造专用高性能计算机,一项重

要原因就是高性能计算的现有体系架构特别适合人工智能核心算法的加速,两者可以完美结合。

2.2.4 集成电路技术在继承与开拓中前进

当前,集成电路领域主要呈现三大发展趋势,包括:1)研发新材料、新结构和新工艺,继续缩小集成电路的尺寸,以持续提高集成电路性能;2)通过在电路中集成多种功能来满足各种实际需求;3)探索后摩尔时代的发展路径,包括碳纳米管、分子电子等可大规模集成的新型基础器件。

相关重大突破包括:2017年6月,IBM宣布取得5纳米制造工艺突破;同月,IBM使用碳纳米管打造出世界上最小的晶体管^[3];2017年7月,美国麻省理工学院与斯坦福大学研究人员联合打造出集成了处理器和内存、并采用碳纳米管管线来连接的三维计算芯片^[4]。

2.3 其他重要态势和趋势

区块链技术日益获得金融、税收和政府管理事务部门的重视。越来越多的科研机构、企业、联盟组织开展了区块链的研究与实践。2016年1月,英国政府发布报告《分布式账本技术:超越区块链》,分析了区块链在政府、商业和多个社会生活领域可能带来的技术革新。不少专家认为,20年后区块链技术可能像今天的互联网一样成为新的主流技术。2017年10月,Gartner在其《2018年十大战略科技发展趋势》^[5]中表示,区块链前景可观且无疑会带来颠覆性影响,但目前对区块链的展望胜过其现实,而且许多相关技术在未来两三年内难以成熟。《自然》杂志在2017年12月发文^[6],称区块链有助于对数据共享、同行评议等科学研究的关键要素进行改革,一些项目正在试探性地将区块链技术用于科学研究;不过,虽然区块链技术可以为科研带来更多的安全保障,但是其本身也包含着风险,因而需要小心谨慎。

边缘计算成为新兴技术理念。它将通信、计

算、控制和存储资源放在互联网的边缘端,并使之密切靠近移动设备、传感器、制动器、连接的物体和终端用户。2016年10月,在美国国家科学基金会的资助下,美国计算机社区联盟携手学术界、政府、产业界专家展开研讨,明确边缘计算的发展愿景、最新趋势、最先进的研究成果、未来挑战、政产学研合作机制,以促进边缘计算技术和产业的发展。次月,华为、中科院沈阳自动化所、英特尔、ARM等机构联合成立边缘计算产业联盟^[7]。截止2017年7月,该联盟成员单位已达100家。2017年10月,“从云到边缘”入选Gartner发布的《2018年十大战略科技发展趋势》。Gartner称,由于物联网和新人机界面的出现,计算和存储的重心将从中央数据中心转移到边缘;到2021年将会有40%的大型企业将把边缘计算原理纳入其项目,而2017年,该比例尚不到1%。

网络与信息安全问题爆发趋于规模化。在网络与信息领域,重大安全问题频现。2017年5月,WannaCry“蠕虫式”勒索病毒爆发,在数天之内横扫150多个国家,感染50多万台电脑,造成许多系统瘫痪,全球范围内的经济损失高达数十亿美元。2018年1月,谷歌安全小组正式公布了两个CPU硬件安全漏洞——熔断(meltdown)和幽灵(spectre)。这两个漏洞影响面极广,涉及几乎所有硬件设备及相关软件服务,并且存在漏洞的Intel CPU出货量极大,使得忧患阴霾几乎笼罩所有IT设备和整个IT业界。僵尸物联网技术取得突破,可以感染并控制摄像头、监视器以及其他消费电子产品的恶意软件,进而造成大规模的网络瘫痪,2016年10月爆发的Mirai病毒导致几乎半个美国的互联网瘫痪。

3 信息科技中长期发展主要趋势和发展规律

近年,美国陆军、欧盟委员会、咨询企业Gart-

ner公司和美国计算社区联盟等对未来信息科技的发展提出了相关研判,具体内容梳理如下。

3.1 至2045年的若干发展趋势与预测

美国陆军在《2016—2045年新兴科技趋势》^[8](2016)报告中明确了11项值得关注的信息科技发展趋势:

1)物联网:2045年,将会有超过1千亿台设备连接在互联网上,它们所创造并分享的数据将会给人类的工作和生活带来一场新的信息革命。但是,物联网也会加重对于网络安全和个人隐私的担忧,恐怖分子、犯罪集团以及敌对势力会将物联网作为新的攻击手段。

2)机器人与自动化系统:2045年,机器人和自动化系统将无处不在,用于生活和工作的各个方面。同时,机器将取代大量劳动力,给社会造成极大冲击,导致经济与社会的不稳。

3)智能手机与云端计算:在未来30年,基于云的移动计算将改变各行各业。2030年,全球75%的人口将会拥有移动网络连接,60%的人口将会拥有高速有线网络连接。

4)智能城市:2045年,全世界65%~70%的人口将会居住在城市,未来的智能城市将利用信息和通讯技术,通过大数据以及自动化来提高城市的效率和可持续性。但是,缺乏资金或者政治信念,盲目投资这些科技的城市将会变得极其拥挤和肮脏,成为暴动和冲突的爆发点。

5)量子计算:未来5~15年,很有可能制造出一款有实用意义的量子计算机,并给其他研究方向带来巨大进步。

6)混合现实:未来30年,虚拟现实和增强现实技术将成为主流科技。

7)大数据分析:未来30年,人们处理巨量动态数据的能力将会逐渐提高,数据分析能力将会从商业应用扩散到普通人手里。人们将会开始在

生活中使用大数据,并由此迫使政府以及各种机构对其政策负责,而这很有可能引起关于数据限制的冲突。

8) 人类增强:未来30年,物联网、虚拟现实、增强现实、可穿戴设备、脑机接口等科技将带领人类突破生理极限。

9) 网络安全:未来30年,网络安全将会成为网络行业首要的话题。随着汽车、家电、电厂等各类事物相互连接,网络攻击的后果会越来越严重,甚至有可能导致互联网及其所包含的经济、社会功能全面崩溃。

10) 社交网络:未来30年,社交网络将会引导人们创造出各自的微型文化圈。人们将会利用科技形成社会契约和基于网络社区的社交结构,从而颠覆许多传统的权力结构。

11) 先进数码设备:计算机和各种数码设备在过去60年里给人们生活带来了天翻地覆的改变,在未来30年,这个趋势也将会继续下去。

3.2 未来5~7年软件开发的主要发展趋势

据欧盟委员会《软件技术的研究优先领域》(2017)报告^[9],未来5~7年软件开发的主要技术趋势包括:

1) 软件定义一切/基础设施即代码(SDx/IaC):SDx趋势提供了操作简单但功能强大、价格实惠的硬件,能通过可配置软件实现高级功能。从软件工程的角度看,该现象有时被称为IaC。相关的研究挑战包括:创建软件工程进程以应对IaC;定义可评估与控制IaC工件质量的技术;开发静态和动态分析器、调试器、测试框架、包管理器等工具。

2) 云计算:云计算领域可能发生的大量创新和增长,将促进云经济的创建,服务、数据、计算能力、带宽及其他输入都将根据供需实现实时贸易。相关研究挑战包括:能实现有效、可扩展、强大、安

全云资源使用的有效抽象和容器机制;能大规模部署、控制和监控云服务的工具;能扩展部署在云上的服务的抽象、库和中间件。此外,软件工程还需解决高性能计算迁移至云的部分需求。

3) 大数据与分析学:大数据处理软件需要满足数据规模日益增长、处理速度不断加快和成本效益逐渐提高的需求。相关研究挑战包括:开发能有效表达和实现大数据处理操作的架构和形式,以及在大数据工程中引入软件工程方法和实践。

4) 通用内存计算:动态随机存取存储器(DRAM)技术已经达到极限,固态硬盘也开始取代磁盘,这导致结合了DRAM快速随机存取特性和硬盘存储非易失性的通用内存的出现,并对完全以主内存计算为主的各种编程模型提出需求。相关挑战包括:创建合适的抽象与系统以支持编程模型,使现有应用软件能在新环境中使用。

5) 多核架构:目前,多核架构使用的主要障碍是编程人员既有技能和有效编程多核架构所需技能间存在的差距。这引发了对利用多核软件和系统架构的能力的需求,包括能有效利用异构多核架构的编译器技术、并行化方法、分析工具和软件组件。

6) 量子计算:实用量子计算将深刻影响软件开发,需要对如何表达和架构软件、使用何种工具开发软件、提供怎样的软件组件和抽象等问题进行全盘重新思考。此外,经典计算与量子计算的集成也是一个重要领域。

7) 自然用户界面:采用自然用户界面的软件面临的挑战是如何变得更加智能和响应度更高,这种能力应从系统层面提供。具体而言,相关软件应综合来自多个传感器的输入,预测用户输入,并根据输入情境进行调整,推测用户意图,然后通

过对话解决歧义,增强用户对现实的感知。相关的软件工程挑战主要是开发能将这种愿景变为现实的可再用组件和框架。

8)机器学习:需要解决的两项软件挑战包括:实现机器学习系统的可扩展性,以解决当前算法的处理器与内存需求;将机器学习系统从大规模垂直领域扩展至更广泛的应用领域,进而令机器学习系统配置更匹配非专业人士的能力。

报告认为,自动汽车、开放知识产权、大规模开放网络课程、物联网、3D打印、生命科学、金融科技、工业4.0等8个软件驱动的垂直应用领域正在重塑整个产业和社会。此外,计算发展的技术趋势与垂直应用领域发生的变化,带来了几个关键的跨领域工程挑战,这些挑战涉及规模与复杂性、工具与抽象、安全、隐私与可靠性、软件分析学、极限合作、软件流程、开发与操作集成、环境可持续性。

3.3 未来10年若干新兴信息技术发展预期

据信息科技咨询公司Gartner《2017年新兴技术成熟度曲线图》^[10](2017)(图1、图2),未来5~10年内,区块链、认知计算、深度学习/增强学习、数字孪生、纳米管电子、虚拟助理、智能工作空间、对话式用户界面等信息技术将产生变革性影响,5G、增强现实、物联家庭、神经形态硬件、智能机器人将产生较大影响;而强人工智能、自动驾驶汽车、脑机接口、人类增强等技术需要10年以上的时间才能产生变革性影响,量子计算也需要10年以上才能产生较大影响。

3.4 未来15年计算机架构的主要发展趋势

在《Arch2030:展望未来15年的计算机架构研究》报告(2016)中^[11],美国计算社区联盟(Computing Community Consortium)认为,至2030年,计算机架构的主要发展趋势有:

- 1)实现硬件设计的大众化,填补专业化硬件

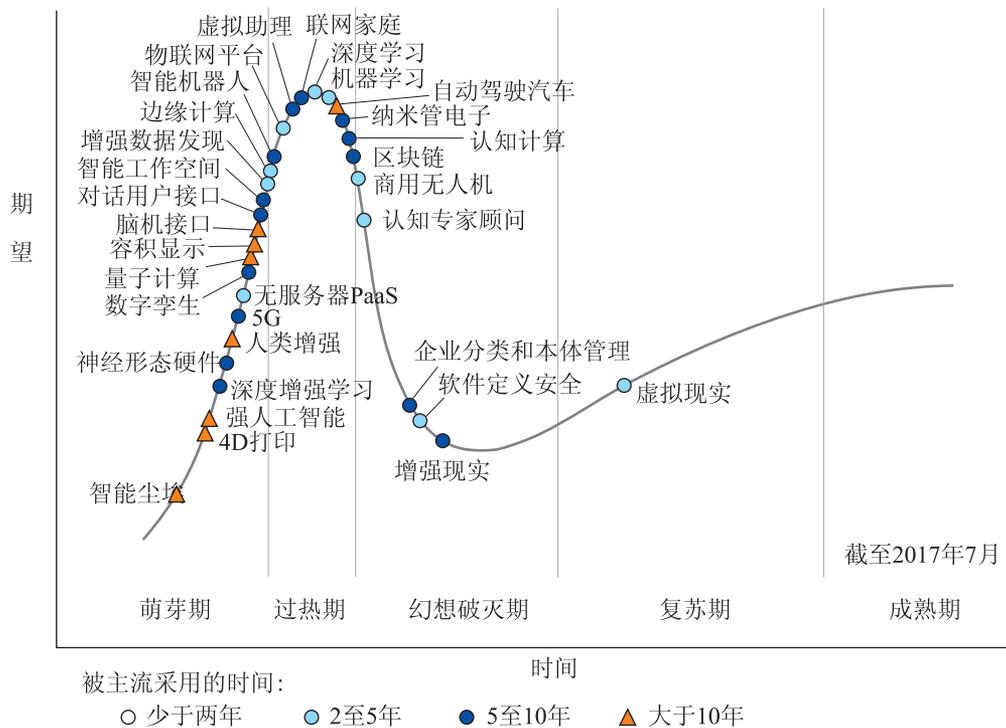


图1 2017年新兴技术成熟度曲线图^[10]

Fig.1 Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017^[10]

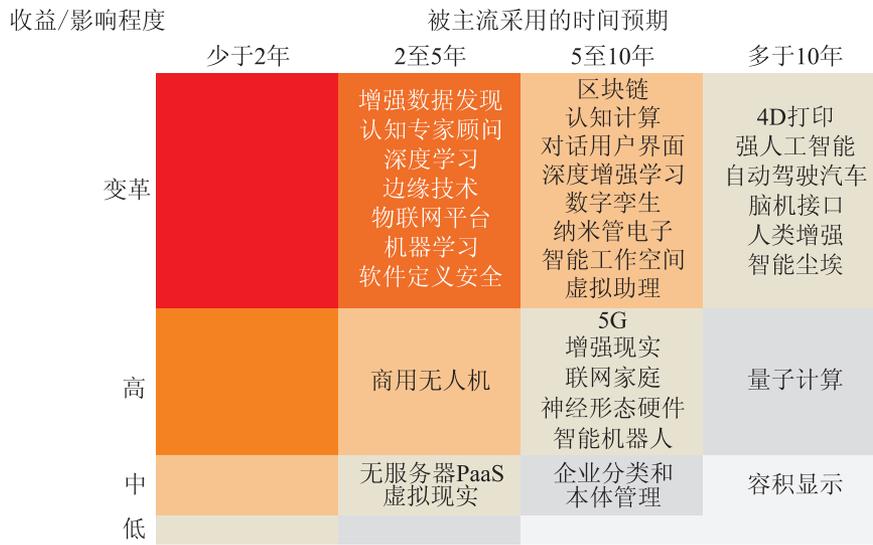


图2 成熟度与收益/影响预期^[10]

Fig. 2 Priority Matrix for Emerging Technologies, 2017^[10]

与应用需求间存在的差距。需要大量计算资源的新兴应用不断出现,摩尔定律即将失效,像之前那样仅靠改进少数通用计算平台来满足新兴应用性能需求的方法不再可行。因此,部分计算密集型应用领域开始采用“专业化硬件设计”的新策略。相比运行在通用芯片上的软件,专业化硬件对能效的提升最高可达一万倍,为在物联网上运行丰富的应用提供了可能。

然而,由于设计和制造专业化硬件的成本过高,专业化设计目前仅在极少数应用领域获得了成功。要维持计算机产业的良性创新循环,关键是要减少应用专业化系统设计的障碍,使基于专业化的能效提升能惠及所有应用。该报告提出要实现硬件设计的“大众化”,使硬件设计变得像软件设计一样灵活、廉价和开放。架构研究应填补通用和专业化系统间的差距,并提供工具与框架来实现“大众化”硬件设计。

2) 让云成为架构创新的抽象 (abstraction)。云计算模式为跨层的架构创新提供了强大的抽象,而这在此前只有极少数垂直整合的 IT 部门能实现。云计算有两大重要优势:规模化和虚拟

化。规模化实现了成本的大幅节约。云可以让专业化计算机架构展现出强大的性能,例如,部署大量高度专业化处理器可以极大加速关键应用,而云的规模化让这一切变得可行。虚拟化使云供应商能以更快、更廉价的技术替换处理、存储、网络组件,而无需与客户进行协调。它还实现了资源的超额认购,即满足客户对特定资源的不定时、碎片化需求,实现透明共享。这极大地降低了云供应商提供 IT 资源的成本。

3) 垂直化设计。3D 集成为芯片设计的可扩展性开辟了一条新的途径,使单一系统上能集成更多的晶体管,通过三维布线缩短互连,并促进异构制造技术的紧密集成。因此,3D 集成提高了能效和带宽,并降低了延迟。然而,3D 集成也带来了可靠性、功率与热管理方面的新挑战。

4) 物理的重要性与日俱增。摩尔定律的终结要求计算架构发生根本性的变革。新的器件技术与电路设计技术推动着新架构研发。主要分为两条途径,一是借助更有效的信息编码更好地使用现有材料和器件,更接近于模拟。模拟计算更适用于对精确性要求高的应用,功耗也更

低,但其易受噪声影响,需开发新的容错方案。另一条途径是使用新材料,实现更有效的切换、更紧凑的排列和独特的计算模式。当前比较值得期待的新架构研究方向包括:新的内存器件、碳纳米管、量子计算、超导器件、生物计算等。

5)机器学习成为关键工作。机器学习改变了应用执行的方式,而硬件进展使基于大数据的机器学习成为可能。当前的关注点是云中的机器学习,尤其是低功耗器件(如智能手机、超低功耗传感器节点)中的机器学习应用蕴含了巨大机遇。幸运的是,许多机器学习内核有着相对规律的结构,可适应硬件专业化、重配置和近似技术,为架构创新创造了重要机遇。

4 结语

信息科技的发展日益加快,对人类社会的影响也日益增长,及时掌握其最新发展态势与未来发展趋势有助于实现最佳决策。本文经过分析,认为各国近期在人工智能、量子信息、网络与信息安全、高性能计算、无线通信、大数据、集成电路等方面的战略部署与重要进展将持续推动相关技术快速发展,并产生更大影响;同时,区块链和边缘计算等新兴技术具有巨大潜力,应当得到足够的重视;未来,若干不同方向的信息科技将重塑相关产业和人类社会,同时也面临若干挑战有待克服,需要密切跟踪其技术成熟度与价值释放时机。

参考文献

- [1] SHOHAM Y, PERRAULT R, BRYNJOLFSSON E, et al. Artificial Intelligence Index 2017 Annual Report [EB/OL]. 2017-11. <http://cdn.aiindex.org/2017-report.pdf>
- [2] KNIGHT W. IBM Raises the Bar with a 50-Qubit Quantum Computer [EB/OL]. 2017-11-10. <https://www.technologyreview.com/s/609451/ibm-raises-the-bar-with-a-50-qubit-quantum-computer/>
- [3] CAO Q, TERSOFF J, FARMER D B, et al. Carbon nanotube transistors scaled to a 40-nanometer footprint [J]. *Science*, 2017, 356(6345): 1369.
- [4] SHULAKER M M, HILLS G, PARK R S, et al. Three-dimensional integration of nanotechnologies for computing and data storage on a single chip [J]. *Nature*, 2017, 547(7661): 74.
- [5] CEARLEY D W, BURKE B, SEARLE S, et al. Top 10 Strategic Technology Trends for 2018 [EB/OL]. 2017-10-03. <https://www.gartner.com/document/3811368?srcId=1-6595640781>.
- [6] EXTANCE A. Could Bitcoin technology help science? [J]. *Nature*, 2017, 552(7685): 301.
- [7] National Science Foundation. NSF Workshop Report on Grand Challenges in Edge Computing [EB/OL]. 2016-10-26. <http://iot.eng.wayne.edu/edge/NSF%20Edge%20Workshop%20Report.pdf>.
- [8] FutureScout. Emerging Science and Technology Trends: 2016-2045 [EB/OL]. 2016-04. http://www.futurescoutllc.com/wp-content/uploads/2016/09/2016_SciTechReport_16June2016.pdf.
- [9] SPINELLIS D. Research Priorities in the area of Software Technologies [EB/OL]. 2017-03-22. http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=43808.
- [10] WALKER M J. Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017. [EB/OL]. 2017-07-21. <https://www.gartner.com/document/3768572?ref=unauthreader>.
- [11] CEZE L, HILL M D, WENISCH T F. Arch2030: A Vision of Computer Architecture Research over the Next 15 Years [EB/OL]. 2016-12-12. <http://cra.org/cra/wp-content/uploads/sites/2/2016/12/15447-CCC-ARCH-2030-report-v3-1-1.pdf>.