

面向感知中国的 新一代信息技术研究

1 立项背景及意义

2009年，国际金融危机的影响凸显，世界各主要经济体都开始把经济复苏的长期期望转向依靠科技创新，创造新的经济增长点，我国也着手部署培育了战略性新兴产业。在这样的国际国内大背景下，中科院院党组组织相关领域专家开展了物联网、海云计算、未来网络、信息安全等一系列的战略研讨与论证，并于2012年启动了“面向‘感知中国’的新一代信息技术研究”战略性先导科技专项（以下简称信息技术先导专项），深入开展新一代信息技术的研究。

随着云计算、大数据、物联网、移动互联网及智能终端等新兴IT技术的蓬勃发展，人机物三元融合的程度更高、领域更广、影响更深远。信息技术先导专项提出的“海-网-云协同”（以下简称海云协同）的创新理念，旨在解决三元数据对象在安全、能耗、传输和处理所面临的挑战，实现跨越创新，奠定信息资源与物理资源、人类社会深度融合与综合利用的技术基础，为战略性新兴产业和普惠智能服务的形成与发展提供技术储备与支撑。

2 专项进展

“人机物三元融合、海网云协同”理念已获得业界广泛认同，并已被纳入国家重大科技项目相关规划中，有望成为国际IT领域代表中国的一面旗帜，同时专项提出的“海云计算”技术也被互联网数据中心（IDC）明确

列入2014年全球高性能计算领域10大发展趋势之一。在代数计算、神经计算、未来网络、网络安全等基础关键技术方面，专项也取得了一批国际领先和具有重大应用前景的技术突破。2016年11月16日，第三届世界互联网大会发布世界互联网15大领先科技成果，其中“‘寒武纪1A’深度神经网络处理器”和“SAP工业4.0互联网制造解决方案”两项成果来自于信息技术先导专项。

专项在海云协同理念的指引下，构建了以专用计算为核心，弹性汇聚边缘与终端资源的海计算框架，创新性地提出数据驱动的海云资源协同调度模式，突破了专用计算芯片、深度可编程网络、网络安全等一批关键技术，研制了基于专用计算的创新架构芯片和海云服务器，并在海云创新环境上部署了海云协同信息系统原型，较传统云计算模式效能比提升近1个数量级，将局部威胁全局响应功效提升1—2个数量级，并在国家重点区域、重要领域、典型场景进行应用示范，取得了显著的社会效益。

2.1 高效能芯片技术获得突破

神经计算方面，提出了世界上速度最快的可重塑处理器深度学习芯片架构，较主流CPU人工神经网络算法性能功耗比提升1000倍，在国际上开辟了可编程定制电路的新方向。《MIT技术评论》认为可重塑处理器是“人工智能领域所期待的芯片”。国际首个深度学习可重塑处理器“寒武纪1号”获2014年编程语言和操作系统的体系结构支持国际会议（ASPLOS'14）最佳论文，

是亚洲首获计算机硬件 A 类会议最佳论文,《国际计算机学会通讯》将其选为 2014 年计算机领域的 20 个研究焦点之一,基于该技术的相关成果入选 2016 年第三届世界互联网大会 15 项世界互联网领先科技成果;国际首个多核深度学习处理器“寒武纪 2 号”,获微体系结构国际研讨会最佳论文;国际首个神经网络通用指令集“电脑语”,获 2016 年计算机体系国际研讨会评审分数第一,会议 1/6 的论文均引用可重塑处理器相关成果。

代数计算方面,提出了自主知识产权的 AppA ISArc™ 指令集体系结构并进行了 140 余项有关微处理器体系结构方面的创新与发明,解决了 512 位超宽总线内核的高主频设计难题,采用 40 纳米制造工艺的 MaPU 1.0 成功流片,主频达到 1.2 GHz,峰值计算能力达到 192GFLOPS@64,峰值处理能力达到 500 GFLOPS@64/1TFLOPS@32,执行典型算法时内核性能功耗比达到 36GFOPS@32bit/W,达到国际领先水平。基于 MaPU 1.0 的超算系统“黑洞 1.0”完成调试,将进入工程物理研究院、国网、国家天文台“天籁”试验系统进行试用。MaPU HPP1.0 设计验证基本完成,将采用 16 纳米制造工艺,主频达到 1.4 GHz,峰值计算能力达到 3.225TFLOPS@64/6.5TFLOPS@32;峰值处理能力达到 4.65TFLOPS@64/9.32TFLOPS@32;执行典型算法时内核性能功耗比接近 100GFOPS@64/W,比国际主流微处理器高 1 个数量级以上,达到国际绝对领先水平。基于 MaPU HPP1.0 的超算系统“黑洞 2.0”总体性能功耗比将达到 30 GFLOPS/W,比国际/国内主流超算系统高将近一个数量级。

2.2 深度可编程网络技术引领网络系统 IT 化

高级网络编程模型和协议无感知转发(POF)扩展指令集,实现了 C 语言对控制平面和数据平面的一体化网络编程;突破了网内存储、同步传输等新型网络转发技术,为应用提供高效转发层支撑;研制了 POF 高级编程环境、控制器、软/硬件交换机、无线交换机等关键设备和系统,与华为公司建立战略合作,构建了 POF 技术生态并实施了开源项目 OpenPOF,与美国 P4 项目共同主

导国际开放网络基金会(ONF)标准化开源项目 PIF,为下一代网络基础性技术标准的制定抢占了先机。

构建开放共享的海网云创新试验环境,建立了国际上首个支持 POF 技术的广域网络试验床 FuNET,覆盖中、美、俄、澳 4 个国家 15 个城市共近 30 个节点,与美国 GENI 实现了互通,成为中美工业互联网合作的中方试验网络,支持 128 个并发流量加载和不低于 1 024 个虚拟组件并发测量,支持集成系统相对独立的迭代升级,支持创新资源聚集整合和跨地域跨学科在网上协同研发测试;提出了以信息为中心、基于深度可编程网络的 5G 新型网络架构,开发了国际上首个 5G 与信息中心网络融合的验证系统,实现了信息请求者、提供者分别及同时移动的视频应用场景。

2.3 海网云协同防护监管一体化安全技术体系已见雏形

面向海云协同信息系统,构建了海网云协同的防护监管一体化安全技术体系,在海端、网络和云端体系化部署安全管控与防护,在海端进行高速安全处理,云端进行深度智能分析,通过系统的海网云协同机制,大幅度降低海云间的数据传输量,将局部威胁全局响应功效提升 1—2 个数量级。

海端威胁响应速度提高 1—2 个数量级。专用验签设备的签名速度 >150 万次/秒,验签速率 >67 万次/秒,相比已有设备速度提高 50 倍;突破同源性软件应用分析技术,实现十亿函数级和万亿指令级代码片段秒级检测能力,检测速度提高 2 个数量级;国际上首次发现 Hanging Attribute Reference 等软件漏洞类型,发现未知漏洞千余个。成果被《连线》等几十家国外媒体报道,现已被全球范围内超过 90 家机构使用;将基于规则的内容识别规模从 10 万提升至 1 000 万,正则匹配引擎的匹配速度相比业界标准 PCRE、微软 GRETA、Google 的 RE2、C++ Boost 的 regex 等代表性引擎提升 1—2 个数量级,在全国正则表达式匹配技术评比大赛中性能领先第 2 名 4 倍多。

网络传输量降低 2 个数量级。轻量级计算前移到海端,可将回传到云端的数据量从 25 亿条降至约 2 000 万

条,降低2个数量级;研制的网络传输轻量级加密算法RECTANGLE,综合性能较现有国际标准提升4倍,国际高级加密标准的设计者Vincent Rijmen认为:“设计简洁、安全性分析深入、硬件和软件实现均表现优良”。

云端情报获取精度提升10%。云端针对实时网络流处理要求的高通量计算、盲识别等问题,实现音频对话种、说话人关键词识别准确率提升10%,国际领先;对图像、视频、音频、文档、网络包隐写的平均盲检测准确率 $\geq 83\%$,平均提高幅度 $\geq 10\%$,文本理解中推理的精度提高20%;音视频内容分析与理解相比传统视频为主的系统架构速度快4倍,错误率低一半,分类准确率达80%。

2.4 为国家重点区域、重要领域提供系统化解决方案

专用通信领域,提出了海云协同的安全移动通信架构,研制出海云协同安全移动通信系统,从终端、通信网络、应用及云端整体提升移动通信防护能力,具备针对敏感信息和个人隐私的安全通信功能,目前广东省政府自筹经费开展万台规模的应用示范。

海云协同大数据分析领域,基于海云协同的媒体深度理解技术将海端与云端计算动态迁移,将云端的计算负载降低至少30%,降低不同数据落地点间的数据传输3个数量级以上;基于海云协同的音视频融合解决方案对已知关注音视频片段发现能力精度超过99%,速度为3000倍实时,对未知关注音视频片段发现能力精度超过90%,召回率不低于80%,速度高于100倍实时,比现有解决方法精度高1倍,速度快4倍,有望成为下一代国家信息内容安全的音视频技术方案。

边防封控领域,研制出具有高带宽、低功耗、低时延等特点的感知系统,实现了视频、语音、数据的交互和高速传输,目前在边境恶劣的自然环境下运行稳定。改变了边防部队传统执勤方式,实现从“人防”到“技防”的转变,有力支撑了国家边海防主权和边境安全。

2.5 支撑重点行业融合发展,引领业态创新

面向工业领域信息技术与物理世界融合与交互的国家现实需求,提出了自主可重构工业控制系统架构,

在等量信息下可降低数据量1—2个数量级,其总体技术方案已转化为国家“智能制造重大工程”立项建议和“工业物联网产业联盟”的工业物联网体系架构的核心技术内容。专项制定的WIA-FA协议成为国际首个面向工厂高速自动控制应用的无线技术标准,IEC TC65秘书长Rudy对其评价为:“WIA-FA是工厂自动化技术升级中的先驱,将发挥重要作用”。主导并推动了边缘计算产业联盟成立。目前专项在该领域已获得国家技术发明奖二等奖和国家技术进步奖二等奖各1项,同时相关成果入选2016年第三届世界互联网大会15项世界互联网领先科技成果。

3 独创性

针对信息技术面临的安全、能耗、传输和处理四大挑战,首次提出了利用分布在客户端的计算能力来提供具有个性化、现场化特点的海服务的概念,以海云协同的模式构建新一代的信息服务体系。“海网云协同”即通过汇聚端和边缘资源,构建新的计算结构,与云计算形成两段三体结构的分布式计算系统,有效地降低网络传输的负载,提升“三元”融合信息处理的效能及安全功效。经理论测算,构建的海云协同信息系统可将“三元”融合信息处理的整体效能较传统的“端管云”计算模式提升1个数量级。

4 专项对产业的意义

随着各行业信息化程度的不断深入,关键技术与产品受制于人的情况更加严峻,这也是我国信息化建设无法回避的问题与挑战。没有自主可控就不可能有安全的网络。信息技术先导专项立足国家需求,在核心芯片、网络设备、系统应用等层面进行了大胆的创新与探索,相关成果应用广泛,效果显著,部分成果已经进入了商业化运作,对相关产业的发展与我国信息化建设的自主可控安全发展起到了积极的支撑与推动作用。

代数处理器芯片、可重塑芯片的研发成功将有利于

我国在微处理器方面摆脱 Intel、AMD 等芯片厂商的制约；以信息为中心、基于深度可编程网络的 5G 新型网络架构可为网络运营商提供 5G 与互联网共同演进、无缝连接的业务承载，推动自主可控网络产业的发展；基于无线和 web 技术的自主可重构工业控制系统架构，有望成为下一代的工业控制标准体系和技术平台，使我国摆脱工业控制领域缺乏自主核心技术体系引领的难题；三元融合安全技术的突破将改变我国信息化建设核心安全技术与设备受制于人的局面，为我国网信事业的发展与自主可控安全目标的实现提供有力支撑。

5 对我国学科、产业推进、人才培养等未来部署的建议

信息技术先导专项一期的部署与实施，凝聚了中科院信息领域的优势队伍，充分发挥了中科院建制化优势，形成合力、统一部署，突破了一批核心关键技术，服务国家重大战略需求，奠定了中科院在新一代信息技术领域的战略地位，推动了我国信息化建设的发展。建议在二期实施的良好基础上，加快推动专项二期的论证立项工作。

在产业推进上，加大对自主可控整机集成或产业生态的支持力度，通过政府向市场释放积极信号，党政军市场全面保障自主技术设备，增强软硬件企业对市场的信心，培养用户对自主技术设备的信任和使用习惯，充分发挥中国的市场优势，形成企业和市场相互促进的良性发展机制。

在信息科技人才培养上，应针对领域与行业的特点和需求，打破传统的人才聘用模式和条条框框，创新人才评价机制，以实际学术与科研能力为衡量准则，聚天下英才而用之。

6 小结

信息技术先导专项在芯片、未来网络、智能制造、网络安全等领域进行了广泛的创新与应用，相关成果在国家重点行业、重点区域和重要领域进行了示范应用，取得了显著的效果。展望未来，专项将坚持创新，面向国家战略需求，在二期科研成果与协同攻关队伍的基础上，深入研究、攻坚克难，为我国网络强国战略提供科技支撑。

（依托单位：中科院信息工程所）

专家点评

围绕信息技术人机物三元融合的发展趋势，有效应对信息技术发展面临的“安全、能耗、传输、处理”四大挑战，以海云协同创新理念为基础，从核心器件、基础软件、计算系统、未来网络、安全体系等方面实现原始创新和跨越创新，创建与发展面向“感知中国”的新一代信息技术体系，取得了一批国际领先的原创性技术成果，并在国家重点区域和重要领域开展应用示范，为信息产业自主可控安全发展和“两化”深度融合提供有力支撑。

点评专家

尹浩 中科院院士。长期从事通信网络与信息系统理论、方法和技术研究，承担了多项国家重大科研和工程项目，获国家科技进步奖一等奖 1 项、二等奖 2 项，军队科技进步奖一等奖 6 项、二等奖 5 项。国家新世纪“百千万人才”工程国家级人选，享受政府特殊津贴，

获全军杰出科技人才奖。2011 年 10 月，时任中华人民共和国中央军事委员会主席胡锦涛签署通令，给包括尹浩在内的在科学研究中作出突出贡献的 4 名个人记一等功。