面向感知中国的新一代信息技术 —— 海云协同, 走向未来

田静^①, 王劲林^{②*}

① 中国科学院信息工程研究所, 北京 100093

② 中国科学院声学研究所, 北京 100190

* 通信作者. E-mail: wangjl@dsp.ac.cn

收稿日期: 2014-11-12; 接受日期: 2015-04-06; 网络出版日期: 2015-10-13

摘要 “面向感知中国的新一代信息技术研究”是中国科学院信息技术领域唯一的先导专项,其总体目标是:把握信息技术“人机物”三元融合的发展趋势和机遇,应对信息化发展面临的能耗、安全、传输、处理四大挑战,以“海云创新试验环境”为驱动,创建与发展海云协同计算的新一代信息技术体系,在海云安防、海云网络新媒体和大数据等典型领域开展示范应用与验证,支撑信息产业自主发展和“感知中国”目标的实现.围绕专项目标,本文深入分析了新一代信息技术的国家战略需求、面临的挑战与机遇、技术发展趋势,并对该专项的当前重要进展进行了总结.

关键词 人机物融合 四大挑战 先导专项 海云协同 创新环境

1 引言

21 世纪的信息化进程,正以“彻头彻尾彻里彻外”的形式,以前所未有的速度、深度和广度,走向人类社会(人)与计算机网络(机)、物理世界(物)彻底融合,信息流越来越多、越来越快地与能量流、物质流融汇交织,跨越了时空的限制,相互作用,造就了一个更加广义的网络空间^[1].人机物三元互动,社会资源、信息资源、物理资源的深度融合,势必对信息技术的发展提出更为严峻的挑战,并带来感知与人机交互终端(海)、新型网络(网)、云计算(云)之间海—网—云协同计算的创新机遇.

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远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.

2009 年 8 月 7 日,时任总理温家宝在考察中国科学院无锡高新微纳传感网工程技术研发中心时指出“在传感网发展中,要早一点谋划未来,早一点攻破核心技术”,“尽快建立中国的传感信息中心,或者叫‘感知中国’中心”.

在这样的国际国内大背景下,中国科学院信息技术基地在院党组的领导下,开展了物联网、海云计算、新媒体、未来网络、信息安全等一系列的战略研讨,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“NICT 先导专项”).

随着云计算、大数据、物联网、移动互联网以及智能终端等新兴信息技术的蓬勃发展,以及国内外网络信息安全形势的日益严峻,人机物三元融合的程度更高、领域更广、影响更深远^[2],信息技术

引用格式: 田静, 王劲林. 面向感知中国的新一代信息技术 —— 海云协同, 走向未来. 中国科学: 信息科学, 2015, 45: 1229–1236, doi: 10.1360/N112014-00364

在安全、能耗、传输、处理等方面面临的挑战进一步凸显. 应对挑战, 本专项提出了“海—网—云协同”(以下简称海云协同)的创新理念, 确定了以“海云安防”、“海云新媒体与大数据”等重大成果应用产出为引导的专项十大任务, 明确了专项总体目标是: 把握信息技术“人机物”三元融合的发展趋势和机遇, 应对信息化发展面临的安全、能耗、传输、处理 4 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, 开发试验验证系统, 开展国家安全、智能制造和网络新媒体等典型领域的应用示范, 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.

围绕专项目标, 本文将逐一阐述新一代信息技术的国家战略需求、技术发展趋势、面临的挑战与机遇, 并对专项当前重要进展作一总结.

2 国家战略需求分析

近年来, 我国电子信息产业规模位居全球领先地位, 技术创新水平和企业综合实力大幅度提升, 具备了向更高层次跃升的条件, 建设信息化强国要与“两个一百年”奋斗目标同步推进, 向着网络基础设施基本普及, 自主创新能力显著增强, 信息经济全面发展, 网络安全保障有力的目标不断前进. 国家可持续发展对新一代信息技术提出了 4 方面的跨越创新需求.

(1) 人机物三元融合发展趋势需要信息技术的变革性跨越创新. 互联网、移动互联网、云计算以及物联网的高速发展, 安全、能耗、传输、处理 4 大挑战更为严峻, 网络流量的超摩尔定律的增长以及基础器件工艺发展已接近物理极限的现状, 原有的信息技术体系已经不能持续支撑信息时代的发展, 迫切需要具有新型体系结构的核心器件及基础软件, 新一代网络与安全体系架构, 形成新一代信息技术体系, 以支撑社会生产和生活方式由大规模生产及服务向大规模定制和个性化服务的转变.

(2) 战略性新兴产业发展的迫切需求. 新一代信息技术的发展将培育出中国自己的芯片、基础软件、设备、系统、信息服务领域的国际领先企业, 大幅度降低中国信息技术产业的对外技术依存度. 开展海云创新试验环境驱动的未来信息技术研究, 促进人机物三元融合应用与业务模式创新, 推动芯片、软件、智慧终端、信息设备、信息服务的技术进步和产业发展, 具有很强的牵引和带动效应.

(3) 促进信息消费的需求. 2013 年 8 月国务院发布《关于促进信息消费扩大内需的若干意见》, 提出到 2015 年, 使我国信息消费规模超过 3.2 万亿元, 年均增长 20% 以上, 带动相关行业新增产出超过 1.2 万亿元; 基于互联网的新型信息消费规模达到 2.4 万亿元, 年均增长 30% 以上. 新一代信息技术需要惠及中国的十亿用户, 提供能够感知人类社会并感知物理世界、综合利用人机物三元世界资源的智能服务, 从而扩大内需, 尤其是显著增加高增值信息技术的消费需求.

(4) 和谐信息社会的需求. 人机物三元融合涉及信息世界和人类社会、物理世界的全面对接, 触及到国家的物理基础设施和公共安全. 新一代信息技术不仅需要保证安全可信、保障个人隐私与公共安全, 也需要对人类生产生活实现高效管理、合理利用资源、保护环境、节能减排、催生新型的生产和服务模式, 实现便捷、高效、个性化、精细化的惠民服务, 优化社会基础设施, 提升公共管理和社会服务水平.

3 信息技术发展趋势

美国政府 2012 年宣布投资 2 亿美元启动“大数据研究和发展计划”, 是继 1993 年美国宣布“信息高速公路”计划后的又一次重大科技发展部署. 而新出现的 Google 公司的 Flu Trends 流感预测工具,

通过搜索引擎采集互联网上关于流感信息搜索的频度对 2004~2008 年流感疫情进行分析, 其结果和美国国家疾控中心数据基本吻合, 并能提前两周进行流感预测. 2009 年 12 月美国国防部举行的“红气球挑战”, 是通过互联网利用人类社会资源进行的一类全新的大规模侦测实验. 这些创新性成果都凸显了对人机物融合的革命性信息技术的探索, 带动了信息融合 (information fusion) 或数据融合 (data fusion) 的快速发展, 在目前的信息系统中具有至关重要的作用.

经过二三十年的研究, 目前能被大多数研究者接受的信息融合的定义, 是由美国三军组织实验室理事联合会 JDL (Joint Director of Laboratories) 从军事应用的角度提出的. 认为信息融合是一种多层次、多方面的处理过程, 包括对多源数据进行检测、相关、组合和估计, 从而提高状态和身份估计的精度, 主要针对军事特定应用场景, 目的在于描述战场传感网对战场态势和威胁的重要程度进行适时完整的评价^[3]. 数据融合可分为从 0 到 4 五个不同级别, 分别是数据预处理级、目标评估级、态势评估级、影响评估级和过程评估级, 一般认为, 0 级和 1 级属于数据融合的低级层次, 以数值计算过程为主; 2~4 级别属于数据融合的高级层次, 对其研究主要采用基于知识及知识推理的方法.

以云计算为服务模式的信息技术已广泛应用于信息融合处理, 从互联网延伸到了物联网, 并将渗透到人机物三元融合的信息社会的各个方面, 支撑人类社会的生产和生活方式由大规模生产向大规模定制的转变, 这要求面向大规模异构系统的信息融合的处理技术要能够提供更大范围、更为准确的资源抽象、聚合和现场响应能力. 美国思科公司面向物联网发展需求, 提出了面向边缘服务的雾计算, 通过对网络边缘智能处理能力的汇聚和管理, 以提升信息系统实时处理效率和服务性能. 中国科学院在 NICT 先导专项研究中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概念, 以海云协同的模式构建新一代的信息服务体系. 这些研究工作都是围绕人机物三元融合的趋势, 力求通过对云端和海端的差异化处理和协同处理、对未来信息服务系统性创新的代表性工作.

三元融合的网络空间对信息安全技术提出更高的要求. 2009 年美国国土安全部发布了《网络安全研究路线图》, 针对融合的未来网络环境, 提出了 11 个困难问题领域并制定了详细研究与发展议程^[4]. 2011 年美国白宫又发布《可信网络空间: 联邦网络安全研发计划战略规划》指出, 缺乏安全机制是网络空间脆弱性的根本原因, 并将无线移动网络安全和动态目标机制 (moving target) 作为研究的焦点领域^[5]. 可见, 美国早已意识到保障目前的不断进化的网络空间安全, 需要变革性、体系化的安全技术. 而目前针对传统互联网环境已经研发的安全技术, 包括安全基础技术 (密码算法、安全协议)、网络安全保障技术 (网络信任、网络监控与预警、网络安全测评)、网络攻防技术 (大规模攻击与利用、恶意代码、软件漏洞)、网络舆情监控等技术基本都是应对性的, 没有完整的根本性的安全体系, 而且对计算、存储、网络等资源都有较高的要求, 难以满足新兴的物联网、智能制造等应用网络环境的需求. 所以今后安全技术的一个主要发展趋势除了应对现有威胁之外, 针对未来海量资源、受限终端网络环境, 需要面向大规模的实体, 融合人机物资源, 建立智能型、全方位的安全保障体系. 而这方面国内外目前还没有体系化的研究方案和成果, 需要在安全体系架构、轻量级密码算法与协议、安全测评、隐私保护、安全态势感知等多方面突破技术难点.

信息技术研究需要试验环境的支持, 技术创新将以试验环境为支撑, 在技术研发过程中, 在试验环境中不断进行尝试和试验, 在试验中形成创新和发展, 形成良性循环.

美国、欧盟、日本等发达国家对未来信息网络环境的研究给予了高度的重视, 部署了国家级的研究计划, ITU-T 和 ETSI 等国际标准化组织也开始进行相关的标准化研究工作. 如美国的 NGI¹⁾、

1) NGI. https://en.wikipedia.org/wiki/Next_Generation_Internet_Program, 2014.

Internet2²⁾ 和 100×100, 欧盟的 Ambient³⁾, GTRN 和 ICN^[6], 日本的 JGN 和 AKARI^[7] 等都力图从内容、移动、计算、可信和经济等方面开展和促进未来网络体系结构研究和设计。

面向信息技术发展的新趋势和挑战, 本专项将以突破新型体系结构的处理器核心技术提升信息系统的效能比, 以深度可编程的网络体系架构支持信息传输的多样性需求, 以智能型、全方位的安全防护体系提升信息系统的安全保障能力为着重点, 开展面向感知中国的新一代信息技术研究, 建立驱动和支撑新一代信息技术研究的试验环境, 为三元融合的信息时代提供前瞻性、先导性、体系化的核心技术和系统解决方案。

4 挑战与机遇

针对“感知中国”战略目标的需求与人机物三元融合的发展趋势, 信息技术面临着多样性异构终端接入的规模、海量数据的传输与处理性能、能耗和安全 4 个方面的根本性挑战, 增量型改良已经难以为继, 必须发展变革性创新技术。

(1) 万亿级多样性异构终端接入规模带来的挑战. 人机物融合网络的节点数正在呈现出数量级的规模增长. 美国联邦通信委员会前技术政策主任 Michael Nelson 的报告指出, 物联网终端在 5 年之内可能超过千亿级 (100 billion devices). 欧盟委员会在其 2009 年的报告^[8]中指出, 未来 ICT (information communication technology) 必须考虑互联万亿级终端设备 (trillions of devices), 爱立信公司 2011 年的白皮书也指出^[9], 到 2020 年, 将有数量超过 500 亿的设备在网上运行。

据此预计, 作为人机接口的计算机终端数将增长到十亿量级, 移动终端数将增长到百亿量级, 物—机接口的终端数在 2020 年很可能达到千亿量级, 2030 年前后达到万亿量级, 现有网络技术将难以支持这么大规模的终端接入、数据传输的多样性需求。

(2) ZB 级数据带来的性能挑战. 今后二十年, 人机物网络的数据量将从今天的数百 EB (10^{18} 字节) 增长到数百 ZB (10^{21} 字节)^[10]. 海量数据的存贮、传输与即时处理将面临前所未有的挑战。

据思科公司发布的全球云指数预测^[11], 2018 年年底全球年度数据中心 IP 流量将达到 8.6 ZB, 未来 5 年内, 全球数据中心 IP 流量将增加到接近现在的 3 倍, 总体而言, 从 2013 年到 2018 年, 数据中心 IP 流量将以 23% 的复合年增长率 (CAGR) 增长, 而约 78% 的工作量需要在云中处理. 海量终端和海量数据的云端处理, 不仅对信息系统产生巨大的处理压力, 还对信息网络产生巨量的传输需求, 仅靠现有技术的演进来处理和传输未来日益增长的数据是非常困难的。

(3) 能耗挑战. 世界信息通信技术已成为第 5 大耗能产业, 相当于全球航空运输业的能耗^[12]. ICT 能耗还在以每年 20%~30% 的速度持续增长. Acatel-Lucent 公司 2014 年的研究报告^[13]表明, 2013 年 ICT 产品消耗了 6% 的全球能源, 总耗电量达到 108.4 GW (Gigawatts, 1 GW 相当于一个核电站的发电能力), 其中全球通信网络耗电量达 69 GW, 相当于 12 个纽约市的耗电量。

随着移动互联网的发展, 移动流量从 2010 年到 2020 年将增长 89 倍, 随之的能耗也将呈指数性增长. ICT 对电力的巨大需求已经成为制约信息化发展的瓶颈, 也就是说降低能耗是 ICT 可持续发展面临的极为严峻地挑战。

(4) 安全挑战. 在人机物三元融合的过程中, 信息安全已经从网络空间延伸到人类社会和物理世界, “震网” (Stuxnet) 病毒的爆发, 标志着过去所谓的“计算机病毒”已经跨越信息网络的界限, 进入到物理世界并形成实质性破坏力, 对电力、交通、金融, 乃至国防安全等国家重要基础设施形成威胁。

2) Internet2. <http://www.internet2.edu>, 2014.

3) AMBIENT: Ambient Network Project. <http://www.ambient-networks.org>, 2013.

图1 (网络版彩图) “感知中国”信息技术的发展目标

Figure 1 (Color online) Development goals of information technology for “Sensing China”

信息借助互联网的快速多样性传播,在社会稳定和公共安全中表现得更加具有挑战性.首先从技术上说,感知节点的计算能力、资源能耗与通信带宽的限制,使得现有密码算法和协议无法满足未来网络应用的需要;其次人机物三元融合增加了身份管理与信任管理的复杂性和管理难度,对身份管理与信任体系提出了严峻的挑战;再次海云计算模式的动态特性、异构特性和海量特性,又对身份、行为、环境、数据的有效隐私保护提出了挑战;最后网络终端数量庞大、终端类型多样,其网络结构动态自适应,在环境数据的大规模和复杂性方面对现有的安全态势监测体系都是重大挑战.

现有信息领域广泛使用的基础型技术,大都是20世纪60年代到80年代发明的,没有预见到上述安全、能耗、传输、处理的发展及其带来的挑战.本专项的科学意义在于:通过变革性理论研究与技术创新,从设计之初直面这4大挑战,构建感知中国的全新信息技术体系,摆脱跟踪模仿的局面,实现原始创新和跨越创新,奠定信息资源与物理资源、人类社会资源深度融合与综合利用的技术基础.本专项将在信息获取、传输交换、存储处理、应用服务等信息化环节实现大幅度能力跨越(如图1所示).信息获取能力将从物理量参数感知提升为物理世界和人类社会的功能信息感知;传输交换能力将从尽力传送的单一IP包交换网络提升为面向传输质量多样化需求的可编程网络;存储处理能力将从处理PB级(10^{15} 字节)数据的云计算提升为处理ZB级(10^{21} 字节)数据的海云协同计算;应用服务将从支持亿级用户、十亿级终端的物联网、媒体网、服务网和企业网提升到支持百亿级用户、万亿级终端的人机物融合的普惠智能服务.

5 专项主要进展

专项面对信息技术人机物三元融合的发展趋势,为有效应对信息技术发展面临的“安全、能耗、传输、处理”4大挑战,提出了“海网云协同计算”的创新理念,强调终端与边缘设备的智能处理能力及其应用,充分利用近程相关的网络特性,实现海端局部自治服务与云端后台服务的统一调度,构建海云协同的新型信息技术体系,大幅减小海端时间延迟、满足实时响应速度、成数量级地减少上传数据量.

在海云协同系统架构的基础上,针对4大挑战,本专项在信息系统的基础性技术方面,也提出了

创新性的方法。在处理与传输方面, 分别通过专用指令集的设计和高效实现, 大幅提升核心计算器件的效能比, 增加了网络传输的灵活性, 在核心器件研制、面向未来网络的新型网络技术、基础软件、安全基础共性技术等研究方面取得了重要进展, 部分成果达到国际领先水平; 在国家信息产业和信息安全等重要领域得到规模应用示范, 一些典型海网云协同的阶段性进展如下所述。

云端软件防护技术方面, 首次提出秒级 (未知行为) 恶意代码检测技术, 面向 120 万安卓软件, 实现了 10 秒内发现 12 万恶意软件, 其中至少 5000 个软件被下载 10000 次以上。通过对代码结构进行特殊的三维映射以达到高效准确地匹配, 国际上首次解决了软件同源检测的准确性与高效性难以两全的问题, 15 万个应用软件 (26 亿指令、2 亿函数), 超过 225 亿次的一对一比较, 用时不到 1 小时。

可重塑处理器采用硬件对神经网络结构动态适配的创新方法, 提出了目前世界上速度最快的深度学习芯片架构, 版图的仿真表明计算能效比超过了 1000 GPOS/W, 开辟了提高处理器性能功耗比的新方向, 大幅度提升云端深度学习的能效, 2014 年两篇论文获国际顶级会议最佳论文奖, 得到国际学术界同行高度评价。

万亿次代数处理器芯片 (MaPU) 完成设计并实现流片, 仿真结果表明性能比传统 CPU 处理器提高两个数量级, 能效比比国际顶级 DSP 提高一个数量级, 40 纳米万亿次基本型 MaPU 芯片 (16 位峰值处理能力为 13824 亿次/秒) 已经正式流片, 可望在云端的超算和海端的智能终端方面得到应用。

深度可编程网络技术研究方面, 完成了控制器、软交换机、协议无关的高级语言编程环境的研制, 建立了国际上第一个支持协议无感知转发 (POF) 的广域网络试验床 (22 个节点), 成功实施开源项目 OpenPOF, 并与美国 P4 项目共同主导 ONF 标准化开源项目 PIF, 在下一代网络基础性技术标准的制定中抢占了先机。

工业无线 WIA-FA 技术是面向工业制造领域海端设备的无线组网技术, 已成为国际电工委员会 IEC (International Electrotechnical Commission) 标准, 突破了工业无线网络抗干扰、高并发、高实时等关键技术, 成为目前 IEC 唯一面向工厂自动化应用的无线通信技术标准, 获得国际同行的高度评价。

软件定义的生产系统在汽车及部件装配生产线的关键环节获得应用, “支持批量定制生产的数字化车间动态管控平台及装备研发与应用” 已通过 2015 年国家科技进步二等奖评审。海云协同的车联网服务系统已经在金龙、安凯、川汽等 6 家整车厂, 十余种新能源车型获得批量应用。

海云安防关键技术研究的等多项成果在国家重点领域和重要区域得到示范应用。在海云协同安全体系方面, 研制了海云协同安全通信系统, 实现了针对工作秘密和个人隐私的安全通信, 与广东省签署了应用示范协议, 进行万台规模海云安全手机的应用示范; 音频内容分析与理解技术的研究成果在国内外多个重大竞赛中取得第一名的成绩, 在国家重要部门和国内十六个省 (直辖市/自治区) 实现推广应用, 为多项国家重大工程的建设提供语音核心引擎; 社会态势感知与处理技术的应用改变了相关部门传统业务模式, 支撑了国家安全领域相关系统建设, 显著提升了业务效率和能力。

完成面向 WEB 生态的可信智能电视系统的研制, 以用户行为感知、网络性能测量, 终端资源预测的人机物三元信息融合为基础, 基于现场弹性自治的信息服务 (海服务) 创新技术架构, 建立首个行业级智能电视公共服务平台, 提供全面公共信息安全服务及应用程序服务, 实现了长虹、海信、创维、TCL、康佳、海尔多机型的量产验证, 完成了 300 万台上线装机, 形成了 112 亿整机产值, 部分成果已直接应用于广电总局的智能电视操作系统。

“海云协同、人机物三元融合” 的理念已经得到国内外学术界的广泛认同, 已纳入国家 “十三五” 规划重点发展方向, 其中海云计算已被国际权威机构列入 2014 年高性能计算领域十大发展趋势之一。

坚持企业是技术创新主体的理念, 以支撑国家经济建设和社会发展为已任, 专项启动了与中国移动、中央人民广播电台、华为、中兴、百度以及长虹、海信等 6 家电视机骨干企业的战略合作, 促成了

发改委与工信部“智能电视产业链建设”等国家重大项目的立项和启动, 部署实施了面向行业和产业重大需求的关键技术研发, 力争为我国经济发展模式的转型和产业结构的调整起到不可替代的作用。

6 结论

中国科学院在《中国至 2050 年信息科技发展路线图》中指出, 2050 年我国发展信息科学技术的总任务就是要构建“惠及全民、以用户为中心、无所不在的信息网络体系”^[14], 为构建这一网络体系, NICT 先导专项提出了具有变革性的处理器体系结构、深度可编程的网络架构, 以及智能型、全方位的网络安全体系, 创立了人机物三元融合的新一代信息技术体系, 以期在信息获取、传输交换、存储处理、应用服务等信息化环节上实现大幅度科技能力跨越, 为我国迈向信息社会奠定了信息资源与物理资源、社会资源深度融合与综合利用的体系化基础。同时, NICT 先导专项立足于发展自主可控的芯片、基础软件、设备、系统、服务技术, 大幅度降低对外技术依存度, 满足国家在网络信息安全方面的战略需求, 为实现中华民族伟大复兴的中国梦, 做出科技工作者应尽的贡献。

致谢 在专项论证的过程中, 江绵恒准确把握信息技术的发展方向, 提出了“海计算”的全新概念, 成为专项的一大特色; 阴和俊一直跟踪指导专项的发展, 提出了明确的考核要求; 王越超、戴博伟、孟丹、徐志伟、封松林、叶甜春、李明树、王东琳、王东进以及专项总体组、中国科学院重大科技任务局信息海洋处的同志们均作出了多方面的贡献。郑为民、邓浩江与专项办公室的同志在专项实施及本文撰写过程中提供了帮助, 在此一并致谢。

参考文献

- 1 Tian J. Collection preface of the construction and key technology of Sea-cloud Innovation Environment—developing the sea-cloud coordinative computing, coping with the challenge of three-element convergence. J Netw New Media, 2012, 1: 1–2 [田静. 海云创新试验环境构建与关键技术专辑序言——发展海云协同计算, 应对三元融合挑战. 网络新媒体技术, 2012, 1: 1–2]
- 2 Tian J. Sea-cloud coordinative and look ahead (Preface). J Netw New Media, 2014, 1: I0001 [田静. 海云协同, 走向未来 (序言). 网络新媒体技术, 2014, 1: I0001]
- 3 Federico C. A review of data fusion techniques. Sci World J, 2013, 2013: 704504
- 4 Maughan D. A Roadmap for Cybersecurity Research. US Department of Homeland Security, 2009
- 5 House W. Trustworthy Cyberspace: Strategic Plan for the Federal Cybersecurity Research and Development Program. Report of the National Science and Technology Council, 2011
- 6 Correia L M, Abramowicz H, Johnsson M, et al. Architecture and Design for the Future Internet: 4WARD Project. Berlin: Springer, 2011. 322
- 7 NICT. New Generation Network Architecture AKARI Conceptual Design (ver2.0). 2009
- 8 Commission of the European Communities. Strategy for ICT R&D and Innovation in Europe: Raising the Game. Office for Official Publication of the European Communities, 2009
- 9 ERICSSON. More Than 50 Billion connected Devices. http://www.akos-rs.si/files/Telekomunikacije/Internetni_protokol_Ipv6/more-than-50-billion-connectrf-devices.pdf, 2014
- 10 Divyakant A, Philip B, Elisa B, et al. Challenges and Opportunities with Big Data. CyberCenter Technical Reports, 2012
- 11 CISCO. Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology 2013–2018 White Paper. <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/Cloud.Index.White.Paper.html>, 2013
- 12 Zhao X. Information and communication technology has become the fifth major energy consuming industries. Sci Technol Daily, 2010-08-23 [赵雪. 信息通信技术已成为第五大耗能产业. 科技日报, 2010-08-23]

- 13 Guillaume M. The innovation imperative for the ICT sector. ITU Green Standard Week, 2014
- 14 Strategic Research Group of Chinese Academy of Sciences for Information Technology. Science and Technology Roadmap of Information to 2050. Beijing: Science Press, 2009 [中国科学院信息领域战略研究组. 中国至 2050 年信息科技发展路线图. 北京: 科学出版社, 2009]

Next Generation of Information Technology for Sensing China: cooperation of cloud and sea

TIAN Jing¹ & WANG JinLin^{2*}

1 *Institute of Information Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;*

2 *Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China*

*E-mail: wangjl@dsp.ac.cn

Abstract The research of the "Next Generation of Information Technology for Sensing China" is the only Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences in the information techniques realm. The aim of the project is to grasp opportunities in the trend towards information fusion of humans, computers, and things, and face challenges in security, energy consumption, transmission, and processing based on this trend. In this project, we will establish new information technology system architecture based on the cooperation of cloud and sea computing, which is an on-site, elastic and autonomous computing mode. Additionally, a sea-cloud innovation environment will be constructed for researchers conducting experiments. The resulting findings will be implemented and used in many domains, including network security, network new media, and big data, and will support the self-development of domestic information technologies. With this focus, we carefully analyze strategic national requirements and current challenges, discuss the trend and opportunities in technology development, and summarize significant achievements.

Keywords fusion of humans, computers and things, cooperation of cloud and sea, strategic priority research program

TIAN Jing is currently Professor and Director-General of the Institute of Information Engineering (IIE) and the Director of the Priority Research Center for New-Generation Information Technology at the Chinese Academy of Sciences (CAS). He obtained his B.S. in Physics in 1982 and M.S. in Acoustics in 1984, both from Nanjing University. In 1991, he received his Ph.D. from the Institute of Acoustics, CAS. He has been Director-General of the IIE since July

2011. His research work has focused mainly on acoustics and IT, including noise and vibration control, acoustic MEMS and sensor networks, and new generation IT.